Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus
Vol.37 No.3 September - December 2026, pp. 135-153

Research Article

Development of Grade 11 Students' Mental Models and Scientific Argumentation Skills Concerning Genetic Material and Mutation through Model-Based Inquiry Integrated with Case-Based Learning

Partorn Phongpaijit[1]
M.Ed. (Science Education), Lecturer
Krissana Pokpun[2]*
M.Ed. (Science Education), Lecturer
Suradet Sritha[3]
M.Ed. (Science Education), Assistant Professor
[1,2,3]Kasetsart University Laboratory School Center for Educational Research and Development
* Corresponding author: krisanapook@gmail.com

Received: January 6, 2026/ **Revised:** August 21, 2026/ **Accepted:** September 4, 2026

Abstract

This quasi-experimental study employed a one-group pretest–posttest design to examine the development of mental models and scientific argumentation skills concerning genetic material and mutation through model-based inquiry integrated with case-based learning. The participants were 42 purposively selected Grade 11 students in the second semester of the 2024 academic year who completed four lesson plans over nine class periods. Pre-post intervention data were collected using a five-item open-ended assessment covering mental models and four argumentation components: claims and warrants, evidence, counterarguments, and supportive arguments. Data were analyzed using frequencies, percentages, means, and standard deviations. The findings showed that students generally progressed from no-response and initial-model categories to accurate-but-incomplete and scientific-model categories, particularly regarding DNA structure and replication. Mean scores increased from 1.25 to 2.81 for claims and reasoning and from 1.05 to 2.60 for evidence, reaching the good level. Counterargument and rebuttal scores increased from 1.01 to 2.10 and from 1.00 to 1.95, respectively, reaching the satisfactory level. The findings suggest that this integrated approach enables students to understand abstract concepts through model construction, revision, and evidence-based discussion, thereby showing potential to promote their understanding of genetics and critical thinking skills.

Keywords: Mental models, Scientific argumentation skills, Genetic material and mutation, Model-based inquiry integrated with case-based learning

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ปีที่ 37 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน - ธันวาคม 2569, หน้า 135-153

บทความวิจัย

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกรณีศึกษา

ภาธร พงศ์ไพจิตร[1]
ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา), อาจารย์
กฤษณา โภคพันธ์[2]*
ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา), อาจารย์
สุรเดช ศรีทา[3]
ศษ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา), ผู้ช่วยศาสตราจารย์
[1,2,3]โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
*ผู้ประสานงาน: krisanapook@gmail.com

วันรับบทความ: 6 มกราคม 2569/ **วันแก้ไขบทความ:** 21 สิงหาคม 2569/ **วันตอบรับบทความ:** 4 กันยายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน ผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกรณีศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ซึ่งเลือกแบบเจาะจง นักเรียนเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน รวม 9 คาบ เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนด้วยแบบวัดอัตนัย 5 ข้อ ซึ่งประเมินแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หลักฐาน ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และข้อโต้แย้งกลับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียน นักเรียนมีแนวโน้มเปลี่ยนจากกลุ่มไม่มีคำตอบและแบบจำลองขั้นต้นไปสู่กลุ่มแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และแบบจำลองวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องโครงสร้างและการจำลอง ดีเอ็นเอ คะแนนเฉลี่ยด้านข้อกล่าวอ้างและเหตุผลเพิ่มจาก 1.25 เป็น 2.81 และด้านหลักฐานเพิ่มจาก 1.05 เป็น 2.60 ซึ่งอยู่ในระดับดี ส่วนข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปเพิ่มจาก 1.01 เป็น 2.10 และข้อโต้แย้งกลับเพิ่มจาก 1.00 เป็น 1.95 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ ผลการวิจัยสะท้อนว่าแนวทางบูรณาการนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดเชิงนามธรรมผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองควบคู่กับการอภิปรายโดยใช้หลักฐาน จึงมีศักยภาพในการส่งเสริมความเข้าใจด้านพันธุศาสตร์และการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียน

คำสำคัญ: แบบจำลองทางความคิด ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สารพันธุกรรมและมิวเทชัน การเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกรณีศึกษาเป็นฐาน

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้ ความคิด และสมรรถนะของประชากร เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้อย่างมีคุณภาพ (Ministry of Education, 2017) วิทยาศาสตร์ไม่เพียงเป็นแหล่งองค์ความรู้ หากแต่ยังเป็นกระบวนการคิดและวัฒนธรรมของสังคมโลกยุคใหม่ที่ยึดโยงกับการใช้เหตุผลและการเรียนรู้ตลอดชีวิต การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้รู้วิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างสร้างสรรค์ มีคุณธรรม และรับผิดชอบต่อสังคม สำหรับเนื้อหาด้านชีววิทยา เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน ถือเป็นหัวข้อที่มีความซับซ้อนและนามธรรมสูง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับโครงสร้างระดับโมเลกุลของ DNA กระบวนการจำลองตัว และการแปลรหัสพันธุกรรม ซึ่งผู้เรียนไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง การทำความเข้าใจจึงต้องอาศัยการสร้างจินตนาการและการเชื่อมโยงเชิงระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Dikmenli (2010), Duncan et al. (2009), Gili & Stavy (2000) ที่รายงานว่าผู้เรียนมักไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างยีน โครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ที่สะสมและส่งผลต่อการเรียนรู้ในหัวข้ออื่น ๆ

แนวคิดเรื่อง การสร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) ซึ่งเริ่มต้นจากงานของ Norman (1983) และ Johnson-Laird (1983) ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องในศตวรรษที่ 21 ผ่านกรอบแนวคิด การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Constantinou et al., 2019) และงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองเป็นกระบวนการสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงลึก (Valeeva et al., 2023; Sirnoorkar et al., 2022; National Research Council, 2012) ดังนั้นหากผู้เรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่คลาดเคลื่อน ย่อมส่งผลต่อการตีความข้อมูลและการสร้างความรู้ใหม่ การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดให้สอดคล้องกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์จึงเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างผู้รู้วิทยาศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018)

นอกจากนี้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ยังควรส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของการคิดเชิงหลักฐานและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลในประเด็นที่ซับซ้อน (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007) การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานสนับสนุน ตลอดจนโต้แย้งและหักล้างความคิดเห็นที่แตกต่างอย่างมีตรรกะ ซึ่งส่งเสริมทั้งการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการสื่อสารเชิงเหตุผล (Hasmaningsih et al., 2022; Clevenger et al., 2023) ทักษะนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนชีววิทยา เพราะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์เชิงกลไกของระบบชีวภาพได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทั้งแบบจำลองทางความคิดและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ Chen et al. (2016) ได้นำเสนอการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างคำถามนำทาง 2) การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น 3) การสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น 4) การนำเสนอและอภิปรายแบบจำลองกับเพื่อน 5) การปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ 6) การสะท้อนคิดรายบุคคล อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในช่วงหลังพบว่าการบูรณาการกรณีศึกษา โดยเฉพาะในขั้นสร้างคำถามนำทางและขั้นสะท้อนคิด จะช่วยเชื่อมโยงความรู้เชิงนามธรรมกับบริบทชีวิตจริงของผู้เรียน ทำให้การเรียนรู้มีความหมายและคงทนมากยิ่งขึ้น (Herreid, 2007; Gniezdilova & Mykytyn, 2023; Goudsouzian & Lo, 2023; Posner et al., 2023)

ถึงแม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะชี้ให้เห็นว่าทั้งการใช้แบบจำลองและการใช้กรณีศึกษามีประสิทธิผลต่อการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แต่ยังมีข้อจำกัดตรงที่ ยังไม่มีงานใดที่ศึกษาผลของการผสานการเรียนรู้

แบบสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกรณีศึกษา ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของนักเรียนไทยระดับมัธยมศึกษา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งออกแบบและศึกษาผลของการเรียนรู้ลักษณะดังกล่าว เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหัวข้อสารพันธุกรรมและมิวเทชันให้มีความเข้าใจลึกซึ้งและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาได้อย่างมีเหตุผล

วัตถุประสงค์การวิจัย

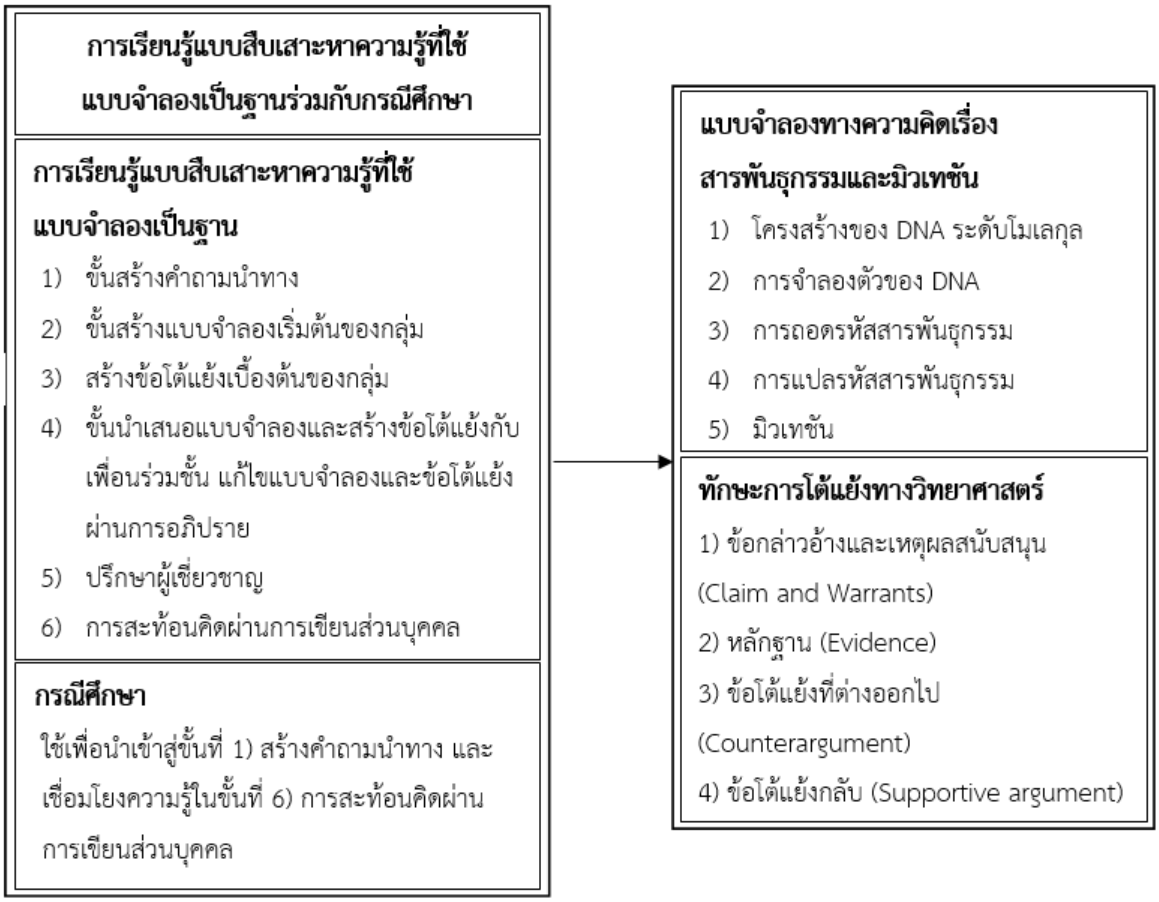
1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา
2. เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา

กรอบแนวคิดการวิจัย

คณะผู้วิจัยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Chen et al. (2016) ร่วมกับกรณีศึกษา ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชัน โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังนี้

ภาพประกอบ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (The One Group Pretest - Posttest Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาค เรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 อายุระหว่าง 15 -16 ปี จำนวน 42 คน เป็นชาย 20 คน เป็นหญิง 22 คน มีผลการเรียนวิชาชีววิทยาแบบคละความสามารถทั้งระดับเก่ง กลาง อ่อน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากผลการประเมินเบื้องต้นพบว่า นักเรียนยังเชื่อมโยงโครงสร้างและกระบวนการระดับโมเลกุลของสารพันธุกรรมได้ไม่สมบูรณ์ และยังมีข้อจำกัดในการสร้างข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน การพิจารณาข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และการโต้แย้งกลับ จึงเป็นกลุ่มที่มีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ นักเรียนและผู้ปกครองให้ความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ประเภท COE เลขที่ 68/021

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา

ตัวแปรตาม ได้แก่ แบบจำลองทางความคิดเรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชันและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ธันวาคม 2567 – กุมภาพันธ์ 2568

3. เครื่องมือในการวิจัย

3.1 แบบวัดแบบจำลองทางความคิดและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน เป็นแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ครอบคลุมโครงสร้างและการจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัส การแปลรหัส และมิวเทชัน แต่ละข้อประกอบด้วยคำถามย่อย 5 ข้อ โดยข้อย่อยที่ 1–4 รวม 20 ข้อย่อย ใช้ประเมินข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนหลักฐาน ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และข้อโต้แย้งสนับสนุนตามกรอบของ Lin & Mintzes (2010) ส่วนข้อย่อยที่ 5 รวม 5 ข้อ ให้วาดและอธิบายแบบจำลองทางความคิด โดยประยุกต์เกณฑ์ของ Kurnaz & Emen (2014) ผลการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่าข้อคำถามมีค่า IOC ระหว่าง 0.67–1.00 และมีคะแนนความเหมาะสมเฉลี่ย 4.67–5.00 จากนั้นนำแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 10 คน และเคยเรียนเรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชันเมื่อปีการศึกษาที่ผ่านมา เพื่อศึกษาความชัดเจนของคำสั่งและคำถาม ความเหมาะสมของเวลา ความสมบูรณ์ของคำตอบ และความเป็นไปได้ในการใช้เกณฑ์การให้คะแนน ผลการทดลองใช้พบว่า นักเรียนใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 40 นาที ปัญหาที่พบ ได้แก่ การเว้นพื้นที่ให้วาดภาพน้อยเกินไป ผู้วิจัยจึงปรับปรุงเครื่องมือโดยเพิ่มพื้นที่ให้นักเรียนวาดภาพให้มากขึ้น ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานกรณีศึกษาเรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชัน จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 9 คาบคาบละ 50 นาที ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาความถูกต้องความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ในด้านรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และ

การวัดและประเมินผล โดยทุกด้านได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 – 5.00 ซึ่งแสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอแสดงรายละเอียดของแผนการจัดกาเรียนรู้ดังตาราง 1

ตาราง 1

เนื้อหาเรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และแนวการจัดกิจกรรมด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนที่	เนื้อหา	กรณีศึกษา	กิจกรรมการเรียนรู้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน	เวลา (คาบ)
1.	โครงสร้างของ DNA	จุลินทรีย์กับการดัดแปรพันธุกรรม	การวาดภาพโครงสร้างทางเคมีของ DNA	2
2.	การจำลอง DNA	สืบจาก DNA	การสร้างแบบจำลอง DNA จากวัสดุเหลือใช้	2
3.	การถอดรหัสและการแปลรหัส	ทำไมดื่มนมแล้วท้องเสีย	การวาดภาพประกอบการอธิบายการถอดรหัสและการแปลรหัส	3
4.	มิวเทชัน	โรคโลหิตจางชนิดเซลล์รูปเคียวและกลุ่มอาการเอ็ดวาร์ด	แผนผังมโนทัศน์เรื่องมิวเทชัน	2

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชัน ในช่วงก่อนเรียน 1 สัปดาห์ และเมื่อเรียนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน เป็นเวลา 9 คาบ จึงให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบวัดชุดเดิมหลังเรียนจบ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์คำตอบเพื่อจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนสามารถแบ่งกลุ่มของแบบจำลองทางความคิดเป็น 4 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Kurnaz & Emen (2014) ดังนี้

1) กลุ่มไม่มีคำตอบ (no response; O) หมายถึง คำตอบที่แสดงว่าไม่เข้าใจหรือไม่ตอบคำถาม

2) กลุ่มแบบจำลองขั้นต้น (initial model; I) หมายถึง คำตอบที่แสดงว่ามีความเข้าใจหรือมีแนวความคิดไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3) กลุ่มแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (synthesis model; Sy) หมายถึง คำตอบที่แสดงว่ามีความเข้าใจหรือแนวความคิดสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

4) กลุ่มแบบจำลองวิทยาศาสตร์ (scientific model; Sc) หมายถึง คำตอบที่แสดงว่ามีความเข้าใจหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาระบุไว้ในหนังสือคู่มือครูและแบบเรียน หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังตามหลักสูตร

5.2 การวิเคราะห์ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยตรวจคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ตามกรอบแนวคิดของ Lin & Mintzes (2010) ซึ่งมีการแยกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน 2) หลักฐาน 3) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ 4) ข้อโต้แย้งกลับ โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ

คือ ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และควรปรับปรุง (1) แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยคำนวณหาคะแนนร้อยละของพัฒนาการ ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตามตาราง 2

ตาราง 2

เกณฑ์การประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	**ระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**			
	ควรปรับปรุง (1)	**พอใช้ (2)**	**ดี (3)**	**ดีมาก (4)**
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน (Claim and Warrant)	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หรือระบุข้อกล่าวอ้างแต่ให้เหตุผลที่มาจากความรู้สึกและอารมณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่มาจาก ความรู้สึกและอารมณ์ร่วมกับการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ	ระบุข้อกล่าวอ้าง และให้เหตุผล สนับสนุนข้อกล่าว อ้างที่น่าเชื่อถือ 1– 2 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้าง และให้เหตุผล สนับสนุนข้อกล่าว อ้างที่น่าเชื่อถือมากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป
2.หลักฐาน (Evidence)	ใช้สิ่งอื่นที่ไม่ใช่หลักฐานสนับสนุนเหตุผล หรือ ไม่ใช้หลักฐานสนับสนุนเหตุผล	ให้หลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่มาจากความรู้สึกและอารมณ์	ให้หลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่น่าเชื่อถือ 1–2 หลักฐาน	ให้หลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่น่าเชื่อถือมากกว่า 2 หลักฐานขึ้นไป
3.ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument)	ไม่ให้เหตุผลสนับ สนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป	ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ ต่างออกไปที่มาจากความรู้สึกและอารมณ์	ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปที่น่าเชื่อถือ 1–2 เหตุผล	ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปที่น่าเชื่อถือ 2 เหตุผลขึ้นไป
4.ข้อโต้แย้งกลับ (Supportive argument)	โต้แย้งกลับไม่ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งแต่เหตุผลไม่สามารถทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลที่ทำ ให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 1–2 เหตุผล	โต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นท่แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้มากกว่า 2 เหตุผลขึ้นไป

หลังจากการประเมินคำตอบตามเกณฑ์ของระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นราบบุคคลแล้วหาค่าเฉลี่ย และแปลความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้ ระดับดีมาก = 3.50 - 4.00 ระดับดี = 2.50 - 3.49 ระดับพอใช้ = 1.5 – 2.49 และ ระดับปรับปรุง = 1.00 – 1.49

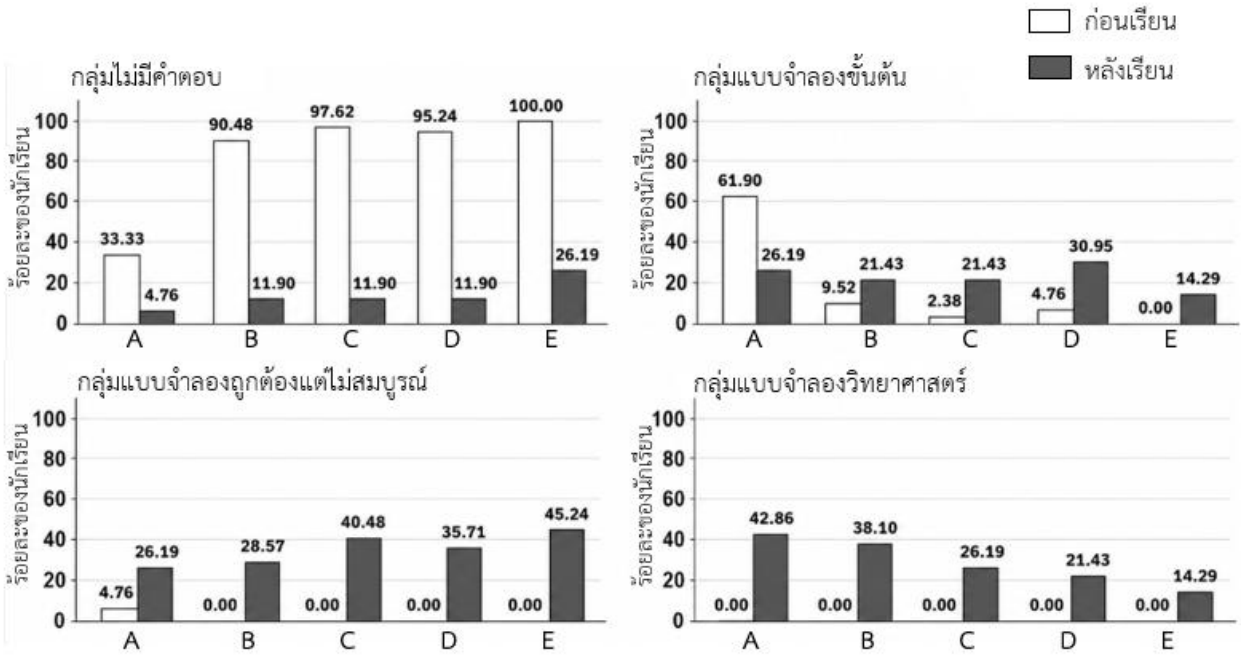
การตรวจคำตอบดำเนินการโดยผู้ประเมิน 2 คน ได้แก่ ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยก่อนตรวจข้อมูลจริง ผู้ประเมินร่วมกันศึกษาคู่มือ เกณฑ์การให้คะแนน และตัวอย่างคำตอบมาตรฐานจากกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจเกี่ยวกับการจำแนกแบบจำลองทางความคิดและการประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปในแนวทางเดียวกัน การตรวจข้อมูลจริงใช้การให้คะแนนแบบฉันทามติ (consensus scoring) โดยผู้ประเมินพิจารณาคำตอบตามเกณฑ์เดียวกัน และอภิปรายกรณีที่มีความเห็นแตกต่างกันโดยอ้างอิงตัวบ่งชี้ในเกณฑ์การให้คะแนน ก่อนกำหนดคะแนนร่วมกันสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารพันธุกรรมและมิวเทชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา จากการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาโดยจำแนกกลุ่มคำตอบแล้ว นับจำนวนความถี่ของคำตอบและคิดเป็นค่าร้อยละ ได้ผลการศึกษาดังภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2

จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับแบบจำลองทางความคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จำแนกตามเนื้อหาเรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชัน (n = 42)



หมายเหตุ A คือ โครงสร้างของ DNA, B คือ การจำลองตัวของ DNA, C คือ การถอดรหัสสารพันธุกรรม D คือ การแปลรหัสสารพันธุกรรม, E คือ มิวเทชัน

จากภาพประกอบ 2 พบว่าแบบจำลองทางความคิดมีการพัฒนามากขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิด ก่อนเรียนอยู่ในกลุ่มไม่มีคำตอบ (O) และ กลุ่มแบบจำลองขั้นต้น (I) แต่เมื่อด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิด หลังเรียนอยู่ในกลุ่มแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Sy) และกลุ่มแบบจำลองวิทยาศาสตร์ (Sc) โดยมีรายละเอียดของแต่ละเนื้อหาดังนี้

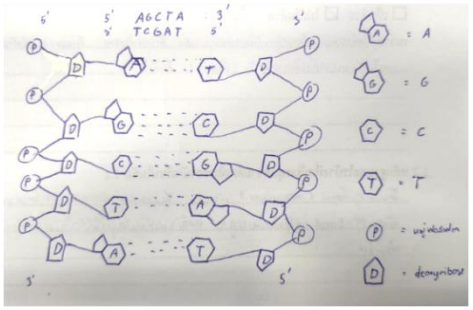
เรื่องโครงสร้างดีเอ็นเอระดับโมเลกุล ก่อนเรียนมีนักเรียน 26 คน (ร้อยละ 61.90) อยู่ในกลุ่มแบบจำลองขั้นต้น ขณะที่หลังเรียนมีนักเรียน 18 คน (ร้อยละ 42.86) พัฒนาเข้าสู่กลุ่มแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างของ S021 ซึ่งก่อนเรียนแสดงเพียงลักษณะเกลียวคู่และการจับคู่เบส แต่หลังเรียนสามารถแสดงโครงสร้างน้ำตาล–ฟอสเฟต การจับคู่เบส A–T และ C–G พันธะไฮโดรเจน และทิศทาง 5′–3′ ของสายดีเอ็นเอได้ถูกต้อง จึงสะท้อนการพัฒนาจากแบบจำลองขั้นต้นสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังภาพประกอบ 3

ภาพประกอบ 3

แบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างของ DNA ระดับโมเลกุล ของ S021 ก่อนเรียนและหลังเรียน



แบบจำลองขั้นต้นในช่วงก่อนเรียน

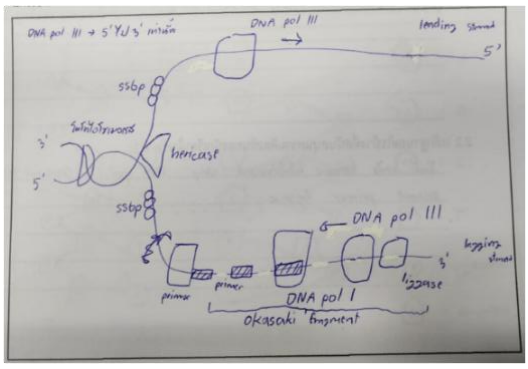


แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในช่วงหลังเรียน

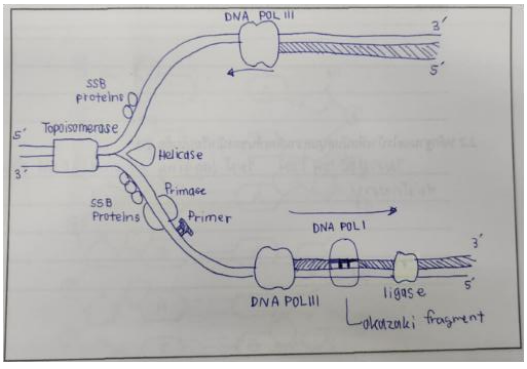
เรื่องการจำลองตัวของดีเอ็นเอ ก่อนเรียนมีนักเรียน 38 คน (ร้อยละ 90.48) อยู่ในกลุ่มไม่มีคำตอบ ขณะที่หลังเรียนมีนักเรียน 12 คน (ร้อยละ 28.57) พัฒนาเป็นแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และ 16 คน (ร้อยละ 38.10) พัฒนาเป็นแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างของ S019 ซึ่งแสดงการแยกสายดีเอ็นเอ ลีดดิงสแทรนด์ แลกกิงส-แทรนด์และเอนไซม์สำคัญได้ แต่ยังไม่แสดงพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ที่เกิดขึ้น และไม่ระบุทิศทางในการสังเคราะห์ ส่วน S007 สามารถแสดงองค์ประกอบของการสังเคราะห์ดีเอ็นเอได้ครบถ้วน ระบุการทำงานของเอนไซม์ และแสดงการสร้างพอลินิวคลีโอไทด์สายใหม่ รวมทั้งทิศทางในการสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ ดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4

แบบจำลองทางความคิดเรื่องการจำลองตัวของ DNA ของ S019 และ S007 หลังเรียน



แบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในช่วงหลังเรียน (S019)

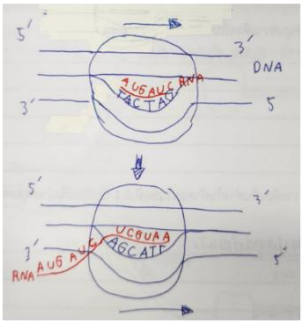


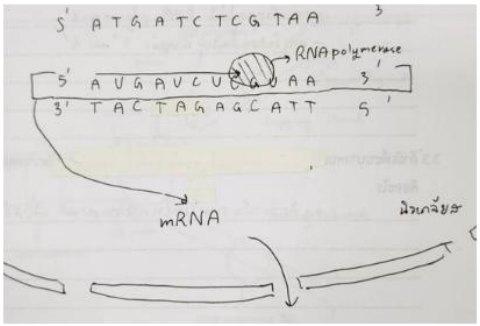
แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในช่วงหลังเรียน (S007)

เรื่องการถอดรหัสสารพันธุกรรม ก่อนเรียนมีนักเรียน 41 คน (ร้อยละ 97.62) อยู่ในกลุ่มไม่มีคำตอบ ขณะที่หลังเรียนมีนักเรียน 17 คน (ร้อยละ 40.48) พัฒนาเป็นแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และ 11 คน (ร้อยละ 26.19) พัฒนาเป็นแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างของ S011 ซึ่งแสดงการสร้างเอ็มอาร์เอ็นเอจากดีเอ็นเอได้ถูกต้องบางส่วน แต่ยังแสดงรหัสของสายแม่แบบไม่ครบถ้วนและไม่ระบุชื่อเอนไซม์ที่ใช้ในการสร้างเอ็มอาร์เอ็นเอ ส่วน S007 สามารถแสดงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ดังกล่าวในการสร้างเอ็มอาร์เอ็นเอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ดังภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5

แบบจำลองทางความคิดเรื่องการถอดรหัสสารพันธุกรรม ของ S011 และ S007 หลังเรียน



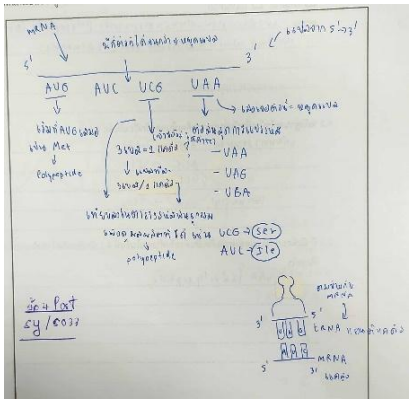


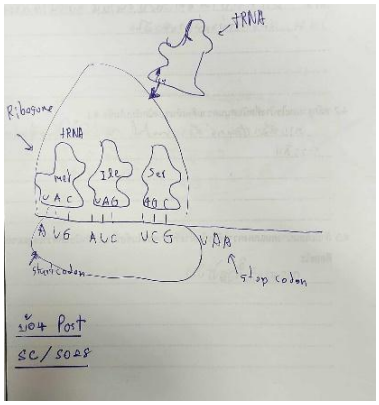
แบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในช่วงหลังเรียน (S011) *แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในช่วงหลังเรียน (S007)*

เรื่องการแปลรหัสสารพันธุกรรม ก่อนเรียนมีนักเรียน 40 คน (ร้อยละ 95.24) อยู่ในกลุ่มไม่มีคำตอบ ขณะที่หลังเรียนมีนักเรียน 15 คน (ร้อยละ 35.71) พัฒนาเป็นแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และ 9 คน (ร้อยละ 21.43) พัฒนาเป็นแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างของ S033 ซึ่งระบุโคดอนเริ่มต้น โคดอนหยุด และกรดแอมิโนได้ถูกต้อง แต่ยังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอ็มอาร์เอ็นเอ ไรโบโซม และทีอาร์เอ็นเอไม่ครบถ้วน ส่วน S028 สามารถแสดงการจับคู่ระหว่างโคดอนกับแอนติโคดอนภายในไรโบโซมและการเชื่อมกรดแอมิโนเป็นสายพอลิเพปไทด์ได้อย่างสัมพันธ์กัน ดังภาพประกอบ 6

ภาพประกอบ 6

แบบจำลองทางความคิดเรื่องการแปลรหัสสารพันธุกรรม ของ S033 และ S028 หลังเรียน



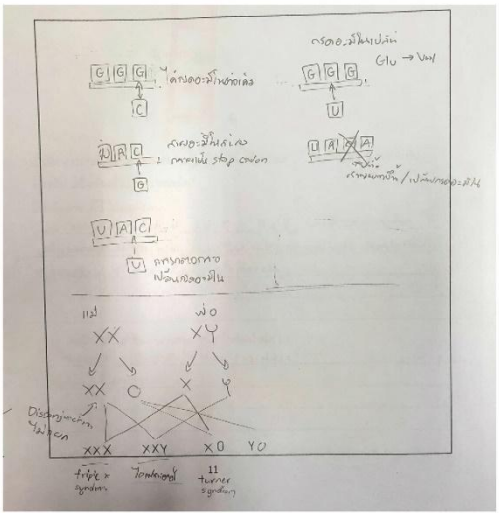


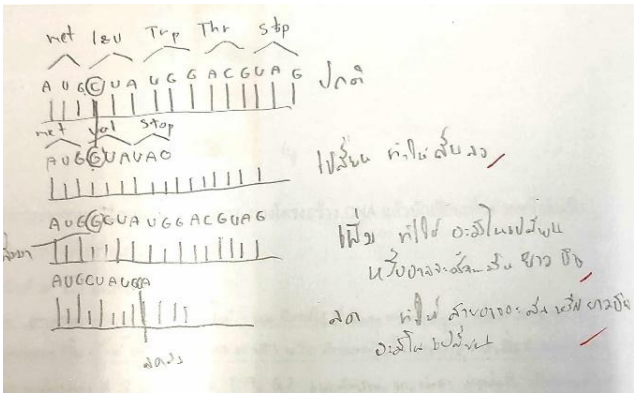
แบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในช่วงหลังเรียน (S033) *แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในช่วงหลังเรียน (S028)*

เรื่องมิวเทชัน ก่อนเรียนมีนักเรียนทั้ง 42 คน (ร้อยละ 100.00) อยู่ในกลุ่มไม่มีคำตอบ ขณะที่หลังเรียนมีนักเรียน 19 คน (ร้อยละ 45.24) พัฒนาเป็นแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และ 6 คน (ร้อยละ 14.29) พัฒนาเป็นแบบจำลองวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างของ S030 ซึ่งแสดงมิวเทชันได้หลายรูปแบบ แต่ยังเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรมกับผลต่อโปรตีนไม่ครบถ้วน ส่วน S041 สามารถเปรียบเทียบลำดับเบสก่อนและหลังเกิดมิวเทชันพร้อมเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของโคดอนกับกรดแอมิโนและผลต่อโปรตีนได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังภาพประกอบ 7

ภาพประกอบ 7

แบบจำลองทางความคิดเรื่องมิวเทชัน ของ S030 และ S041 หลังเรียน



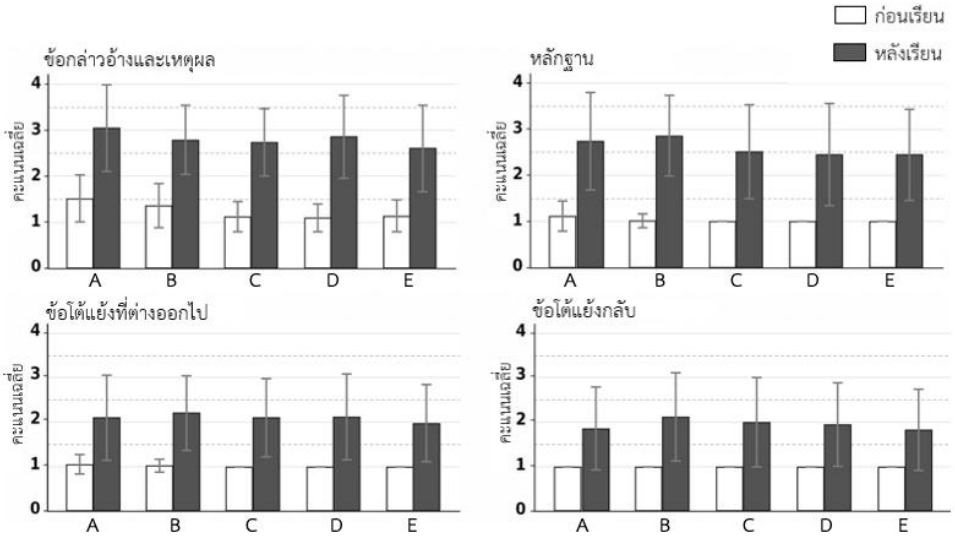


แบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในช่วงหลังเรียน (S030) *แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในช่วงหลังเรียน (S041)*

2. ผลการส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารพันธุกรรมและมิวเทชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา โดยการวิเคราะห์แต่ละองค์ประกอบจากแบบวัดเป็นรายข้อได้ผลดังภาพประกอบ 8

ภาพประกอบ 8

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ จำแนกตามองค์ประกอบและเนื้อหาพันธุศาสตร์ (n = 42)



หมายเหตุ A คือ โครงสร้างของ DNA, B คือ การจำลองตัวของ DNA, C คือ การถอดรหัสสารพันธุกรรม D คือ การแปลรหัสสารพันธุกรรม, E คือ มิวเทชัน

จากภาพประกอบ 8 ในช่วงก่อนเรียนนักเรียนมีระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 – 1.36 ในทุกด้าน ยกเว้นด้านข้อกล่าวอ้างและเหตุผลในเรื่องที่ 1 ที่มีทักษะอยู่ในระดับพอใช้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 แต่เมื่อเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษา นักเรียนมีระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นในทุกด้าน โดยพบว่า

ด้านข้อกล่าวอ้างและเหตุผล มีทักษะพัฒนาขึ้นสู่ระดับดี ในทุกเรื่อง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.61 – 3.05 สำหรับด้านหลักฐาน มีทักษะพัฒนาขึ้นสู่ระดับดี ในเรื่องที่ 1 -3 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.52 – 2.86 และในเรื่องที่ 4 และ 5 อยู่ในระดับพอใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.98 - 2.12 สำหรับด้านข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป มีทักษะพัฒนาขึ้นสู่ระดับพอใช้ในทุกเรื่อง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.98 – 2.21 และส่วนข้อโต้แย้งกลับ มีทักษะพัฒนาขึ้นสู่ระดับพอใช้ในทุกเรื่อง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.83 – 2.12

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์คำตอบโดยคิดค่าเฉลี่ยจากแบบวัดทั้งฉบับเพื่อให้เห็นความชัดเจนของผลการส่งเสริมทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ได้ผลดังตาราง 3

ตาราง 3

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และการแปลผลของระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบในช่วงก่อนและหลังเรียน (n = 42)

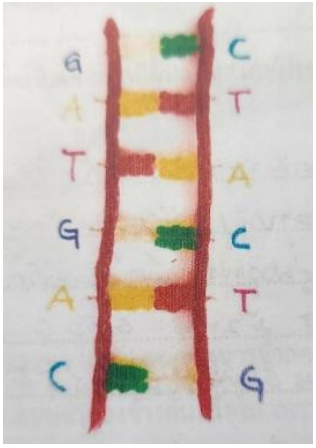
องค์ประกอบของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					
	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	$\bar{x}$	SD	แปลผล	$\bar{x}$	SD	แปลผล
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล	1.25	0.39	ควรปรับปรุง	2.81	0.85	ดี
2. หลักฐาน	1.05	0.30	ควรปรับปรุง	2.60	1.01	ดี
3. ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	1.01	0.07	ควรปรับปรุง	2.10	0.90	พอใช้
4. ข้อโต้แย้งกลับ	1.00	0.00	ควรปรับปรุง	1.95	0.08	พอใช้

จากตาราง 3 จะเห็นถึงการพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างชัดเจนในทุกองค์ประกอบโดยพบว่า องค์ประกอบด้านข้อกล่าวอ้างและเหตุผลกับด้านหลักฐาน นักเรียนสามารถพัฒนาจากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับดี และด้านข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปกับด้านข้อโต้แย้งกลับพัฒนาจากระดับควรปรับปรุงไปสู่ขั้นพอใช้ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษา ที่เป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละด้าน ในเรื่องโครงสร้างของ DNA ระดับโมเลกุล ดังนี้

ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามดังนี้ *“ให้นักเรียนศึกษาภาพแบบจำลองโครงสร้างของ DNA ในระดับโมเลกุลซึ่งทำจากเยลลี่ โดยเยลลี่เส้นสีแดงแทนหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลดีออกซีไรโบส เยลลี่รูปหมี 4 สี โดยสีแดงแทน T สีเหลืองแทน A สีเขียว แทน C และ สีขาว แทน G”* ดังภาพประกอบ 9 แล้วถามคำถามเพื่อวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงคำถามและตัวอย่างคำตอบในแต่ละองค์ประกอบดังตาราง 4

ภาพประกอบ 9

ภาพแบบโครงสร้าง DNA ที่สร้างจากเยลลี่ ที่ใช้เป็นสถานการณ์ในคำถาม



ตาราง 4

แสดงคำถาม ตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ และคำถาม	ระดับ	ตัวอย่าง คำตอบก่อนเรียน	ตัวอย่าง คำตอบหลังเรียน
1. ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล *"เมื่อพิจารณาความถูกต้องและความสมบูรณ์ของโครงสร้าง DNA แล้ว"*	ปรับปรุง	*ไม่เห็นด้วย (S022)*	*ไม่เห็นด้วย (S011)*
	พอใช้	*เห็นด้วย เพราะ สีของเยลลี่ทำให้เห็นความชัดเจนดีแล้ว (S002)*	*ไม่เห็นด้วย เพราะแบบจำลองแสดงไม่ละเอียดและมีบางอย่างขาดหายไป (S007)*
	ดี	-	*ไม่เห็นด้วย เพราะไม่ระบุปลาย 5' 3' กับหมู่ฟอสเฟต (S022)*
	ดีมาก	-	*ไม่เห็นด้วย เพราะ ไม่มีการอธิบายถึงโครงสร้างและองค์ประกอบในระดับโมเลกุล ของ น้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และไม่มีการแสดงพันธะระหว่างคู่เบส รวมทั้งปลาย 5' 3' (S002)*
2. หลักฐาน *"หลักฐานอะไรบ้างที่สนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียน"*	ปรับปรุง	*เพราะดีเอ็นเอประกอบด้วยสายโปรตีน (S034)*	*เป็นแบบจำลองทางอินเทอร์เนต (S023)*
	พอใช้	*ในรูปแสดงถึง G คู่ C แสดงว่ามีการจับคู่เหมือนกัน (S037)*	*การเรียงของ DNA ในรูปภาพ (S026)*
	ดี	-	*ขาดเส้นแสดงพันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบส (S019)*
	ดีมาก	-	*โครงสร้างของ DNA จะต้องประกอบด้วยการแสดงปลาย 5' 3' พันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบส และแสดงสูตรโครงสร้างของน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตให้ชัดเจน (S019)*

องค์ประกอบ และ คำถาม	ระดับ	ตัวอย่าง คำตอบก่อนเรียน	ตัวอย่าง คำตอบหลังเรียน
3. ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป *“ถ้ามีเพื่อนบางคนแสดงความคิดเห็นต่างกับคำตอบของนักเรียน นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคนนั้นคืออะไร”*	ปรับปรุง	*DNA น่าจะมีสารอย่างอื่นประกอบด้วยอีก (S034)*	*อาจไม่ต้องการรายละเอียดมาก (S024)*
	พอใช้	*การเรียงของเยลลี่ไม่มีความสัมพันธ์กัน มีการสลับกันระหว่าง G กับ C (S025)*	*คิดว่าโมเดลนี้จับคู่เบสถูกต้องแล้ว (S007)*
	ดี	-	*เป็นการดูแค่ภาพรวมของ DNA ไม่ได้แสดงโครงสร้างระดับโมเลกุลและพันธะระหว่าง ATCG (S019)*
	ดีมาก	-	*ไม่มีการเขียนหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาลดีออกซีไรโบสอย่างชัดเจน และไม่มีการระบุทิศทางของดีเอ็นเอแต่ละข้าง (S025)*
4. ข้อโต้แย้งกลับ *“นักเรียนจะใช้เหตุผลอะไรในการโน้มน้าวเพื่อนที่มีความคิดเห็นต่างให้มาเห็นด้วยกับความคิดเห็นของนักเรียน”*	ปรับปรุง	*ไม่ระบุคำตอบ (S030)*	*อธิบายคำตอบที่ถูกต้องให้เพื่อนฟัง (S012)*
	พอใช้	-	*ให้แสดงองค์ประกอบอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อทำให้เพื่อนเชื่อถือ (S022)*
	ดี	-	*เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบคร่าวๆมีการกำหนดให้แล้วว่าน้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตแทนด้วยเยลลี่สีแดง (S030)*
	ดีมาก	-	-

จากตาราง 4 พบว่า หลังการเรียนรู้ นักเรียนสามารถยกระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน โดยคำตอบหลังเรียนมีความละเอียด ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งในด้านข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการโต้แย้ง แสดงถึงการพัฒนาทักษะการอธิบายเชิงหลักฐานและความเข้าใจเชิงโครงสร้างของ DNA ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผน รวม 9 คาบ นักเรียนมีแนวโน้มเปลี่ยนจากกลุ่มไม่มีคำตอบและแบบจำลองขั้นต้นไปสู่กลุ่มแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์และแบบจำลองวิทยาศาสตร์ โดยเห็นได้ชัดในเรื่องโครงสร้างและการจำลองดีเอ็นเอ ผลดังกล่าวอาจอธิบายได้จากการที่กิจกรรมเริ่มต้นด้วยกรณีศึกษาที่ต้องการคำอธิบายเชิงกลไก ได้แก่ จุลินทรีย์ดัดแปรพันธุกรรม การตรวจพิสูจน์ดีเอ็นเอ ภาวะไม่ย่อยน้ำตาลแลคโตส โรคเม็ดเลือดแดงรูปเคียว และกลุ่มอาการเอ็ดเวิร์ด จากนั้นนักเรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นด้วยภาพวาด แบบจำลองจากวัสดุหรือแผนผังมโนทัศน์ ก่อนนำเสนอ เปรียบเทียบกับแบบจำลองของเพื่อน พิจารณาหลักฐาน และปรับแบบจำลองของตน กระบวนการดังกล่าวช่วยทำให้ความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการระดับโมเลกุลซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงปรากฏออกมาเป็นรูปธรรม นักเรียนจึงสามารถตรวจสอบส่วนที่ขาดหายหรือคลาดเคลื่อน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ โปรตีน และลักษณะปรากฏ แล้วปรับความเข้าใจให้เป็นระบบมากขึ้น สอดคล้องกับ Reinagel & Speth (2016) ซึ่งพบว่าการสร้างแบบจำลองซ้ำ การอภิปรายกับเพื่อน และข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอนช่วยให้แบบจำลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับลักษณะปรากฏมีความถูกต้องและเชื่อมโยงมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม นักเรียนยังพัฒนาแบบจำลองวิทยาศาสตร์ในเรื่องมิวเทชันได้ไม่มากเท่าเรื่องโครงสร้างและการจำลองดีเอ็นเอ เนื่องจากการอธิบายผลของมิวเทชันต้องเชื่อมโยงหลายระดับ ตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงลำดับนิวคลีโอไทด์ การถอดรหัส การแปลรหัส โครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน จนถึงลักษณะปรากฏ ซึ่งเป็นการให้เหตุผลเชิงกลไกที่ซับซ้อน ผลนี้สอดคล้องกับลำดับพัฒนาการเรียนรู้ด้านพันธุศาสตร์ของ Duncan et al. (2009) ที่เสนอว่าความเข้าใจพันธุศาสตร์พัฒนาจากการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ไปสู่การเชื่อมโยงระดับเซลล์และโมเลกุล นอกจากนี้ Newman et al. (2012) พบว่าผู้เรียนอาจมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างโครโมโซม แต่ไม่สามารถถ่ายโอนความรู้นั้นไปอธิบายกระบวนการอื่นได้ ขณะที่ Zhao et al. (2019) และ Sieke et al. (2019) พบความคิดที่หลากหลายและคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลของมิวเทชัน โดยเฉพาะมิวเทชันในบริเวณที่ไม่เข้ารหัส ดังนั้นการที่นักเรียนจำนวนหนึ่งยังอยู่ในกลุ่มแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์จึงอาจสะท้อนว่าผู้เรียนเริ่มสร้างความสัมพันธ์เชิงกลไกได้แล้ว แต่ยังไม่สามารถรวมองค์ประกอบทุกระดับเป็นแบบจำลองวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของแต่ละแนวทาง พบว่า การสืบเสาะที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเน้นให้นักเรียนสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อใช้อธิบายกลไกของปรากฏการณ์ (Campbell et al., 2011) ขณะที่การเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาช่วยสร้างบริบทที่มีความหมาย และเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริง (Herreid, 2007; Goudsouzian & Lo, 2023) การบูรณาการทั้งสองแนวทางในงานวิจัยนี้จึงมีคุณค่าเพิ่มในด้านการออกแบบกิจกรรม กล่าวคือ กรณีศึกษาทำหน้าที่นำเสนอปัญหาและหลักฐานให้นักเรียนพิจารณา ส่วนการสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนแสดงคำอธิบายเชิงสาเหตุออกมาอย่างชัดเจนและตรวจสอบได้ เมื่อนักเรียนใช้หลักฐานวิพากษ์และปรับปรุงแบบจำลองของตน จึงเกิดวงจรการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การพิจารณาปัญหา การสร้างแบบจำลอง การอภิปรายหลักฐาน และการปรับปรุงแบบจำลอง กระบวนการดังกล่าวช่วยเชื่อมโยงความรู้เชิงนามธรรมกับสถานการณ์จริงได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ งานของ Reinagel & Speth (2016) มีลักษณะใกล้เคียงกับการบูรณาการดังกล่าว จึงควรใช้อ้างอิงในฐานะงานวิจัยสนับสนุนการผสานแบบจำลองกับกรณีศึกษา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยแนวทางใดแนวทางหนึ่งเพียงอย่างเดียว จึงยังไม่สามารถสรุปได้โดยตรงว่าการบูรณาการทั้งสองแนวทางให้ผลดีกว่าการใช้แนวทางเดียว แต่สามารถอธิบายคุณค่าเพิ่มได้จากกลไกของกิจกรรมและพัฒนาการที่ปรากฏในผลงานของนักเรียน

ด้านทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนเพิ่มจาก 1.25 เป็น 2.81 และด้านหลักฐานเพิ่มจาก 1.05 เป็น 2.60 ขณะที่ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปเพิ่มจาก 1.01 เป็น 2.10 และข้อโต้แย้งสนับสนุนเพิ่มจาก 1.00 เป็น 1.95 แนวโน้มดังกล่าวอาจเกิดจากการที่ครูใช้กรณีศึกษาเป็นคำถามนำทาง ให้นักเรียนเสนอคำอธิบายจากแบบจำลอง ระบุหลักฐานสนับสนุน นำเสนอความคิดเห็นต่อเพื่อน และปรับคำอธิบายภายหลังการอภิปราย แบบจำลองที่นักเรียนสร้างจึงไม่ได้เป็นเพียงภาพแทนความรู้ แต่ทำหน้าที่เป็นข้อกล่าวอ้างเชิงกลไกที่นักเรียนต้องอธิบายและปกป้องด้วยหลักฐาน การแลกเปลี่ยนแบบจำลองระหว่างกลุ่มยังทำให้นักเรียนพบคำอธิบายที่แตกต่างและต้องพิจารณาว่าหลักฐานใดสนับสนุนคำอธิบายได้ดีกว่า สอดคล้องกับ Jiménez-Aleixandre & Erduran (2007) ที่อธิบายว่าการโต้แย้งเป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างและประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับ Hasmaningsih et al. (2022) ที่ชี้ให้เห็นความจำเป็นของการฝึกให้นักเรียนใช้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานอย่างชัดเจนในการเรียนชีววิทยา

การที่ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและข้อโต้แย้งสนับสนุนพัฒนาได้ช้ากว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอาจเนื่องจากองค์ประกอบทั้งสองต้องใช้การคิดที่ซับซ้อนกว่า นักเรียนต้องเข้าใจข้อกล่าวอ้างของตนเอง พร้อมกับคาดการณ์หรือ

ทำความเข้าใจมุมมองอื่น ประเมินความเกี่ยวข้องและความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และสร้างเหตุผลตอบกลับที่ตรงกับประเด็น ในทางตรงกันข้าม การสร้างข้อกล่าวอ้างและเลือกหลักฐานสามารถดำเนินการจากข้อมูลที่ปรากฏในกรณีศึกษาได้โดยตรง นอกจากนี้ ระยะเวลาการจัดกิจกรรมเพียง 9 คาบอาจยังไม่เพียงพอสำหรับสร้างบรรทัดฐานการอภิปรายที่นักเรียนรู้สึกปลอดภัยในการคัดค้านและวิพากษ์เหตุผลของเพื่อน Osborne (2010) อธิบายว่าการโต้แย้งที่มีคุณภาพต้องอาศัยวัฒนธรรมการอภิปรายเชิงวิพากษ์และความร่วมมือ ส่วน Berland & McNeill (2010) เสนอว่าความสามารถในการพิจารณาข้อโต้แย้งและตอบกลับเป็นพัฒนาการขั้นสูง ซึ่งต้องได้รับการกระตุ้นด้วยคำถามนำโครงสร้างการอภิปราย และโอกาสฝึกซ้ำอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูควรจัดกิจกรรมตามลำดับจากการนำเสนอกรณีศึกษาให้นักเรียนตั้งคำถามและระบุปัญหา การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ การพิจารณาและอภิปรายหลักฐาน ตลอดจนการปรับปรุงแบบจำลองและสะท้อนความเข้าใจของตนเอง กระบวนการดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เชิงนามธรรมกับสถานการณ์จริงและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้อย่างเป็นระบบ
2. เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบด้านข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและข้อโต้แย้งกลับยังพัฒนาได้น้อยกว่าองค์ประกอบอื่น ครูควรเพิ่มเวลาและโอกาสในการอภิปรายอย่างต่อเนื่อง พร้อมใช้คำถามนำ เช่น มีคำอธิบายอื่นหรือไม่ หลักฐานใดสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างนี้ และข้อโต้แย้งดังกล่าวมีจุดอ่อนอย่างไร รวมทั้งสร้างบรรยากาศที่ปลอดภัยต่อการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่าง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทดลองใช้แนวทางการเรียนรู้ลักษณะนี้กับหัวข้อวิทยาศาสตร์อื่นที่มีความเป็นนามธรรม เช่น วิวัฒนาการ ระบบประสาท หรือโครงสร้างโปรตีน รวมถึงกับผู้เรียนในระดับชั้นอื่น เพื่อดูความเหมาะสมและผลลัพธ์ในบริบทที่ต่างกัน
2. การบูรณาการระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษาเพื่อนำไปพัฒนาตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น การคิดเชิงระบบและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ทักษะ การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ การคิดเชิงจริยธรรมทางชีววิทยาและการตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักฐาน เป็นต้น

ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้แบบแผนกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียนโดยไม่มีกลุ่มควบคุม จึงไม่สามารถยืนยันความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ นอกจากนี้ กลุ่มเป้าหมาย 42 คนจากโรงเรียนเดียวและการที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน อาจจำกัดการอ้างอิงผลและก่อให้เกิดอคติจากความคาดหวัง แม้ดำเนินการตามแผนและเกณฑ์ประเมินอย่างเป็นระบบก็ตาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารการอ้างอิง

Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education, 94*(5), 765–793. https://doi.org/10.1002/sce.20402

Campbell, T., Zhang, D., & Neilson, D. (2011). Model based inquiry in the high school physics classroom: An exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education and Technology, 20*(3), 258–269. https://doi.org/10.1007/s10956-010-9251-6

Chen, Y. C., Benus, M. J., & Yarker, M. B. (2016). Using models to support argumentation in the science classroom. *The American Biology Teacher*, *78*(7), 549-559. https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.7.549

Clevenger, L., Teshera-Levye, J., Walker, J. P., & Vance-Chalcraft, H. D. (2023). Using an observation protocol to evaluate student argumentation skills in introductory biology laboratories. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *24*(2), e00209-22. https://doi.org/10.1128/jmbe.00209-22

Constantinou, C. P., Nicolaou, S. A., & Papaevripidou, M. (2019). A framework for modeling-based learning, teaching, and assessment. *Educational Psychology, 39*(10), 1230–1251. https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1550404

Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essay*, *5*(2), 235-247.

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 655–683. https://doi.org/10.1002/tea.20312

Gili, M. A., & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, *34*(4), 200-206. https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655718

Gniezdilova, V., & Mykytyn, T. (2023). Case study as one of the innovative educational technologies and its use in biology classes. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*, *10*(1), 114–125. https://doi.org/10.15330/jpnu.10.1.114-125

Goudsouzian, L. K., & Lo, S. M. (2023). A case study on genomic imprinting facilitates student learning. *Advances in Physiology Education*, *47*(1), 139–143. https://doi.org/10.1152/advan.00197.2022

Hasmaningsih, L., Karnan, K., & Handayani, B. S. (2022). Level of scientific argumentation ability of students in biology learning. *Jurnal Pijar Mipa*, *17*(6), 717–722. https://doi.org/10.29303/jpm.v17i6.4242

Herreid, C. F. (2007). *Start with a story: The case study method of teaching college science*. NSTA Press.

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in science education: An overview. In M. P. Jiménez-Aleixandre & S. Erduran (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 3–27). Springer.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.

Kurnaz, M. A., & Emen, A. Y. (2014). Student mental models related to expansion and contraction. *Acta Didactica Napocensia*, *7*, 59–67.

Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *8*(6), 993–1017. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6

Ministry of Education. (2017). *Indicators and core science learning content (2017 revised edition) based on the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (2008)*. Cooperative League of Thailand Printing House. [In Thai]

National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Newman, D. L., Catavero, C. M., & Wright, L. K. (2012). Students fail to transfer knowledge of chromosome structure to topics pertaining to cell division. *CBE—Life Sciences Education, 11*(4), 425–436. https://doi.org/10.1187/cbe.12-06-0077

Norman, D. N. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 7–14). Lawrence Erlbaum Associates.

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science, 328*(5977), 463–466. https://doi.org/10.1126/science.1183944

Posner, M. G., Dempsey, N. C., & Unsworth, A. J. (2023). The benefits of using case study focussed, problembased learning approaches to unit design for biomedical science students. *British Journal of Biomedical Science*, *80*, 11494. https://doi.org10.3389/bjbs.2023.11494

Reinagel, A., & Speth, E. B. (2016). Beyond the central dogma: Models of how genes determine phenotypes. *CBE—Life Sciences Education, 15*(1), ar4. https://doi.org/10.1187/cbe.15-04-0093

Sieke, S. A., McKim, K. S., & Sato, B. K. (2019). Characterizing students' ideas about the effects of a mutation in the promoter region of a gene. *CBE—Life Sciences Education, 18*(3), ar45. https://doi.org/10.1187/cbe.19-02-0030

Sirnoorkar, R., Laverty, J. T., & Bergeron, L. (2022). *Relationship between sensemaking and modeling during problem-solving in physics*. arXiv preprint arXiv:2207.03939. https://arxiv.org/abs/2207.03939

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *Curriculum implementation guide for basic science courses at the upper secondary level, Science Learning Area (Revised Edition B.E. 2560), based on the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551* [In Thai].

Valeeva, N. F., Krivonogova, N. V., Gafurova, N. V., & Ziyatdinova, L. R. (2023). *Exploring the impact of modeling in science education: A systematic review*. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 19*(8), em2360. https://doi.org/10.29333/ejmste/13268

Zhao, F. F., McEwen, L. R., & Porto, M. (2019). Exploring students' descriptions of mutation from a cognitive perspective. *CBE—Life Sciences Education, 18*(4), ar64. https://doi.org/10.1187/cbe.18-11-0225