ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ศักรินทร์ อะจิมา และสกลรัชต์ แก้วดี*

สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
*E-mail: sakolrat.k@chula.ac.th

รับบทความ: 4 มิถุนายน 2564 แก้ไขบทความ: 8 สิงหาคม 2564 ยอมรับตีพิมพ์: 10 สิงหาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม รูปแบบวิจัยเป็นแบบเชิงทดลองเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวม 23 คาบ และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยายได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ร้อยละ (%) การทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($p < 0.05$) ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 คิดเป็นร้อยละ 44.00 และความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุดมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 คิดเป็นร้อยละ 1.13 เมื่อพิจารณาตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนร้อยละ 58.82 มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ขณะที่นักเรียนร้อยละ 44.12 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนชีววิทยา

Effect of Model–Based Teaching in Biology on Scientific Argumentation Ability of High School Students

Sakkarin Achimar and Sakolrat Keawdee*

Program Study of Science Education, Department of Curriculum and Instruction,
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
*E-mail: sakolrat.k@chula.ac.th

Received: 4 June 2021 Revised: 8 August 2021 Accepted: 10 August 2021

Abstract

The purpose of this research was to develop student's scientific argumentation skills through model–based teaching. The study group was eleventh–grade students during the first semester who attended the Science–Mathematics program for academic year 2020 in a demonstration school under the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation in Bangkok. The study group was obtained from cluster sampling. The research tools consisted of 1) four lesson plan based on a model–based teaching as an experiment tool, and 2) the scientific argumentation ability test and the semi–structured interviews as data collection tools. The quantitative data were analyzed by means, standard deviation and percentage, dependent *t*–test, as well as the qualitative data were analyzed by content analysis. The finding showed that the students had a higher overall post–test score than the pre–test score ($p < 0.05$). Their claim and warrant ability has the highest score on post–test. The average score was 4.00, which was 44.00%, and the ability to make counter argument had the lowest point average of 2.53, which was 1.13%. According to students' level of scientific argumentation ability, it was found that 58.82% of students have developed a higher level of scientific argumentation, while 44.12% of the students had a steady improvement in their ability to scientific argument.

Keywords: Model–based teaching, Scientific argumentation, Biology teaching

บทนำ

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์และเป็นกิจกรรมที่ทำให้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากองค์ความรู้อื่น ๆ เนื่องจากในการพัฒนาและปรับปรุงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นักวิทยา-

ศาสตร์จะสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์รองรับมาโต้แย้งกัน โดยข้อกล่าวอ้างที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจะได้รับการวิเคราะห์และประเมินโดยนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ผ่านกระบวนการวิพากษ์ ปรับปรุง และประเมินผล นำไปสู่ข้อสรุปขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ (Grooms, Enderle and Sampson, 2015; Sampson and Gerbino, 2010)

ส่วนสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตรคือข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) 2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (warrant) 3) หลักฐาน (evidence) 4) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (counterargument) และ 5) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (supportive argument) (Lin and Mintzes, 2010) การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์จากการทดลอง หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือมารองรับ แตกต่างจากการโต้แย้งที่บุคคลใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งใช้ความคิดเห็นและประสบการณ์ส่วนบุคคลมารองรับ และมักโต้แย้งโดยมุ่งเอาชนะกันและกัน (Sampson and Gerbino, 2010)

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมากมายและหลากหลายเรื่องราวนำไปสู่การโต้แย้งระหว่างฝ่ายที่เห็นด้วยกับฝ่ายที่ไม่เห็นด้วย และการตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ก็เป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นการพัฒนาให้นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้จึงเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012) เพราะความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดของเรื่องที่เรียน สามารถคิดวิเคราะห์ ให้เหตุผลและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจวัฒนธรรมการปฏิบัติงานด้านวิทยาศาสตร์ และสื่อสารประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล (Lin and Mintzes, 2010)

องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co–operation and Development หรือ OECD) ได้จัดการประเมินสมรรถนะนักเรียนตามมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) โดยประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์และประเมินข้อมูลคำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในหลากหลายรูปแบบ และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม โดยเน้นการประยุกต์ใช้สรรถนะในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (OECD, 2019) เมื่อเปรียบเทียบคะแนน PISA ในปี พ.ศ. 2558 กับปี พ.ศ. 2555 ของนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสาธิตด้านสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานพบว่าในปี พ.ศ. 2558 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในสมรรถนะดังกล่าวน้อยลง อาจกล่าวได้ว่านักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสาธิตควรได้รับการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาระบุว่าบุคคลที่มีความสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สังเกตได้จากเมื่อมีข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ บุคคลนั้นสามารถบ่งชี้ข้อสมมติฐาน หลักฐาน และเหตุผลที่ปรากฏอยู่ในประเด็นนั้น ๆ ได้ สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่มีและไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับ-

สนุนได้ และสามารถประเมินข้อโต้แย้งและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลหรือสื่อต่างๆ ได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2013, 2016, 2018)

นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนในการนำเสนอความเข้าใจเกี่ยวกับระบบหรือปรากฏการณ์ โดยใช้หลักฐานที่น่าเชื่อถือในการสร้างข้อกล่าวอ้าง สร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อโต้แย้งกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่น (Lehrer and Schauble, 2005; Manz, 2012; Schwarz *et al*., 2009) นักวิทยาศาสตร์นำเสนอข้อค้นพบหรือแนวคิดของตนเองกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่นผ่านการสร้างแบบจำลอง ซึ่งนำไปสู่การวิพากษ์วิจารณ์หรือโต้แย้งกันแบบสาธารณะจนข้อค้นพบหรือแนวคิดนั้นได้รับการยอมรับในชุมชนของนักวิทยาศาสตร์ (Ford, 2012) ดังนั้นการสร้างแบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือที่พัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากการให้นักเรียนพัฒนาและใช้แบบจำลองในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Chen, Benus and Yarker, 2016) และมีงานวิจัยในปัจจุบันที่แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เช่น Ogan–Bekiroglu and Belek (2014) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักศึกษาครูฟิสิกส์ ในเนื้อหาเกี่ยวกับดิถีของดวงจันทร์ ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาครูที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนการเขียนโต้แย้งมากกว่านักศึกษาครูที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติสอดคล้องกับ Premkamol *et al*. (2018) ที่ศึกษาการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบด้วยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป และนักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป อย่างไรก็ตาม Chen *et al*. (2016) ระบุว่าการนำแบบจำลองไปใช้ห้องเรียนชีววิทยาเพื่อพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังเป็นเรื่องยาก เนื่องจากครูผู้สอนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของแบบจำลองที่มีผลต่อกระบวนการพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาทางชีววิทยาของนักเรียน และวิธีการนำแบบจำลองไปใช้เพื่อพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียนในเนื้อหาชีววิทยา Chen *et al*. (2016) จึงได้เสนอแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้จัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน โดยศึกษากับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเนื้อหาระบบหายใจ มีขั้นตอนการสอน 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง 2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม 3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม 4) ขั้นนำเสนอ

แบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย 5) ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ 6) ขั้นการสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล จากขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอนดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทของแบบจำลองที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในรายวิชาชีววิทยา และกรอบคำถามที่ช่วยฝึกฝนการเขียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการใช้แบบจำลองที่ชัดเจนมายิ่งขึ้น

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดและขั้นตอนกิจกรรมของ Chen *et al.* (2016) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งให้แก่นักเรียนและมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลและใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนการอภิปรายได้

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre–experimental Design) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (one–group pretest–posttest design) กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 34 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling) โดยใช้การจับสลากมา 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์–คณิตศาสตร์ จำนวน 4 ห้องเรียน และแต่ละห้องเรียนมีการคละเพศและคละความสามารถ

ตัวแปรในงานวิจัยประกอบด้วย ตัวแปรจัดกระทำคือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และตัวแปรตามคือความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

*เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย*ครั้งนี้มี 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นแผนรายหน่วย ใช้เวลาจัดกิจกรรมคาบละ 50 นาที รวมเวลาทั้งหมด 23 คาบ แต่ละแผนมีขั้นตอนการสอน 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง 2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม 3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม 4) ขั้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับ

เพื่อนร่วมชั้น แก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย 5) ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ 6) ขั้นการสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล แบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างมี 2 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองแบบภาพ (visual model) และแบบจำลองเชิงรูปธรรม (concrete model) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ใช้เวลาไม่นานในการสร้าง และเอื้อต่อการให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการสร้างแบบจำลอง หัวข้อเรื่องในแต่ละหน่วยการเรียนรู้และประเภทของแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

หน่วยการเรียนรู้	ประเภทแบบจำลอง	เวลา (ชม.)
1. ระบบหมุนเวียนเลือด	แบบจำลองรูปธรรม	9
2. ระบบภูมิคุ้มกัน		
- กลไกการป้องกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง	แบบจำลองรูปภาพ – สต็อปโมชัน (stop motion)	4 4
- กลไกการป้องกันแบบจำเพาะเจาะจง		
4. ระบบขับถ่าย	แบบจำลองรูปธรรม	4

ผู้วิจัยหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน (อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านเนื้อหาชีววิทยาระดับอุดมศึกษาและครูผู้สอนชีววิทยา) ตรวจสอบและพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม การวัดและประเมินผล ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (item objective congruence index: IOC) แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาผลการทดลองใช้ พบว่านักเรียนส่วนหนึ่งไม่มีส่วนร่วมหรือมีส่วนร่วมน้อยมากในการสร้างแบบจำลองและโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้สอนจึงกระตุ้นและให้การเสริมแรงแก่นักเรียน และจากผลการทดลองใช้แผนดังกล่าวผู้วิจัยจึงปรับเพิ่มการสนทนาและให้การเสริมแรงลงในแผนการจัดการเรียนการสอนก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.1 *แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์* ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นสถานการณ์ที่นำเสนอเรื่องราว ข่าว หรือเหตุการณ์ปัจจุบันและมีข้อความทั้งส่วนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยอยู่ในสถานการณ์ดังกล่าว ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามแบบอัตนัย ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1 ประเมินการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีข้อคำถามคือ “นักเรียนเห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างนี้หรือไม่ ให้นักเรียนเขียนอธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ” ข้อที่ 2 ประเมินการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป มีข้อคำถามคือ “ถ้ามีเพื่อนบางคนของนักเรียนคิดเห็นต่างจากนักเรียน นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคนนั้นคืออะไร” ข้อที่ 3 ประเมินการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ มีข้อคำถามคือ “นักเรียนจะใช้เหตุผลอะไรโน้มน้าวเพื่อให้เห็นด้วยกับนักเรียน” และข้อที่ 4 ประเมินการสร้างหลักฐานสนับสนุนมีข้อคำถามคือ “หากนักเรียนต้องใช้หลักฐานสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเองนักเรียนจะใช้หลักฐานอะไร” แบบวัดความสามารถในการ

โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 6 สถานการณ์ ให้นักเรียนเลือกตอบ 3 สถานการณ์ แบบวัดนี้ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งปรับปรุงจากเกณฑ์การประเมินของ Lin and Mintzes (2010) แบบวัดนี้มีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ผู้วิจัยนำแบบวัดและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งไปตรวจสอบคุณภาพโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้ง ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามเท่ากับ 1.00 จากนั้นนำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา ผลการวิเคราะห์พบว่าคำถามในแบบวัดทั้ง 6 ข้อใน 6 สถานการณ์มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20–0.25 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25–0.64 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านมีค่ามากกว่า 0.90 ทุกข้อ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แสดงในตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่วัด	คะแนน			
	0 คะแนน	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน
1. การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หรือระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 2 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 3 เหตุผลขึ้นไป
2. การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและไม่ให้สนับสนุน	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปแต่ให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 2 เหตุผลขึ้นไป
3. การให้เหตุผลสนับสนุนการแย้งกลับ	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับได้ไม่ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งแต่เหตุผลไม่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง 1 เหตุผล	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 2 เหตุผลขึ้นไป
4. การสร้างหลักฐานเพื่อใช้ในการโต้แย้ง	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล	แสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ 1 หลักฐาน	แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เหตุผลได้ 2 หลักฐาน	แสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ตั้งแต่ 3 หลักฐานขึ้นไป

2.2 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ปรับปรุงมาจากแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) แบบสัมภาษณ์เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง ข้อคำถามมุ่งให้นักเรียนขยายความคำตอบและให้รายละเอียดคำตอบในแบบวัด ประกอบด้วยคำถามหลัก 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1 ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง ข้อที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานสนับสนุนเหตุผลของนักเรียนนอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในแบบวัด ข้อที่ 3 มีเหตุผลอื่นอีกหรือไม่ที่นำมาใช้แล้วเพิ่มความน่าเชื่อถือของความคิดเห็นของนักเรียนให้มากกว่าของเพื่อน และข้อที่ 4 ให้นักเรียนอธิบายวิธีการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยเพิ่มเติมจากสิ่งที่นักเรียนเขียน มีการตรวจสอบคุณภาพโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ ผลการตรวจสอบพบว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 1.00 จากนั้นได้ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจำนวน 4 คน พบว่า นักเรียนมักตอบซ้ำคำตอบในแบบวัดและตอบซ้ำเดิมวนไปมา ผู้วิจัยจึงปรับรูปแบบโดยทวนคำตอบที่นักเรียนตอบในแบบวัดก่อนเพื่อให้นักเรียนขยายความได้ตรงประเด็นมากขึ้น และให้อ่านสถานการณ์จริง 1 ครั้งก่อนการสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนมีการใช้ความคิดเห็นของตนเองมาตอบคำถามมากขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนและผู้ปกครองของนักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยละเอียด ตลอดจนประโยชน์ของการวิจัยครั้งนี้ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยละเอียด ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บเป็นความลับไม่สามารถสืบย้อนไปหาตัวนักเรียนได้ นักเรียนสามารถออกจากโครงการวิจัยได้โดยไม่ต้องระบุเหตุผล และจะไม่มีการใช้มูลของนักเรียนดังกล่าวในการเขียนรายงานผลการวิจัย ก่อนการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำ 60 นาที

ผู้วิจัยนำแบบวัดที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนและจัดกลุ่มความสามารถในการโต้แย้งออกเป็น 4 ระดับตามเกณฑ์ที่ดัดแปลงมาจาก Okada (2008) ได้แก่ ระดับดีมาก ดี ปานกลาง และควรปรับปรุง รายละเอียดดังในตาราง 3 จากนั้นสุ่มนักเรียนโดยการจับสลากระดับละ 2 คนมาสัมภาษณ์รวมนักเรียนที่สัมภาษณ์ 8 คน

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 4 แผน และมีการสังเกตพฤติกรรมการเรียนและการสร้างแบบจำลองของนักเรียนในระหว่างที่จัดกิจกรรม เมื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอนครบทุกแผนแล้วให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ใช้เวลาในการทำ 60 นาที ผู้วิจัยคัดเลือกนักเรียนมาสัมภาษณ์โดยการจับสลากนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนมาระดับละ 2 คนจาก 4 ระดับ ได้แก่ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี และดีมาก ได้นักเรียนมาสัมภาษณ์รวม 8 คน จากนั้นนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ตาราง 3 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับ	ช่วงคะแนน	คำอธิบาย
ดีมาก	10–12	ระบุข้อกล่าวอ้างของตน ให้เหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่โต้แย้งและให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่นได้ทั้งหมด
ดี	7–9	ระบุข้อกล่าว ให้เหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่โต้แย้งและให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่นได้บางส่วน
ปานกลาง	4–6	ระบุข้อกล่าวอ้าง ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เหตุผลได้บางส่วน ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงตามประเด็นที่โต้แย้งแต่ไม่สามารถให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่น
ควรปรับปรุง	0–3	ระบุข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุน รวมถึงให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ ให้เหตุผลโต้แย้งกลับไม่ได้ หรือโต้แย้งกลับไม่ตรงตามประเด็นที่โต้แย้ง และมีหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนมาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}$ ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนด้วยสถิติทดสอบทีระหว่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*–test for dependent sample)

2. วิเคราะห์ข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับละ 2 คน รวม 8 คน ทั้งก่อนและหลังเรียนโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและสรุปประเด็น

ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 34 คน (ตาราง 4) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบ จำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียน ($p < 0.05$) คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบมีค่าเท่ากับ 12.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 33.33 และค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนรวมทุกองค์ประกอบ 5.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.94

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถใน

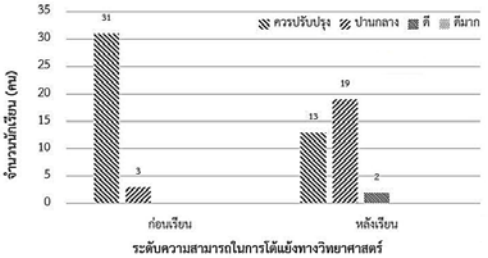
การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 คิดเป็นร้อยละ 44.44 และความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 คิดเป็นร้อยละ 28.15

ตาราง 4 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนเฉลี่ยร้อยละ และสถิติทดสอบทีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (n=34)

องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			*t*
		$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$ร้อยละ	$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$ร้อยละ	
1. การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	9	2.12	1.30	23.55	4.00	2.52	44.44	4.37*
2. การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	9	1.44	1.19	16.00	2.53	1.13	28.15	5.57*
3. การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	9	1.12	1.17	12.44	2.71	1.57	30.11	5.53*
4. การสร้างหลักฐานสนับสนุน	9	1.06	1.21	11.78	3.12	1.45	34.67	5.96*
5. รวม	36	5.74	3.78	15.94	12.00	5.24	33.33	8.03*

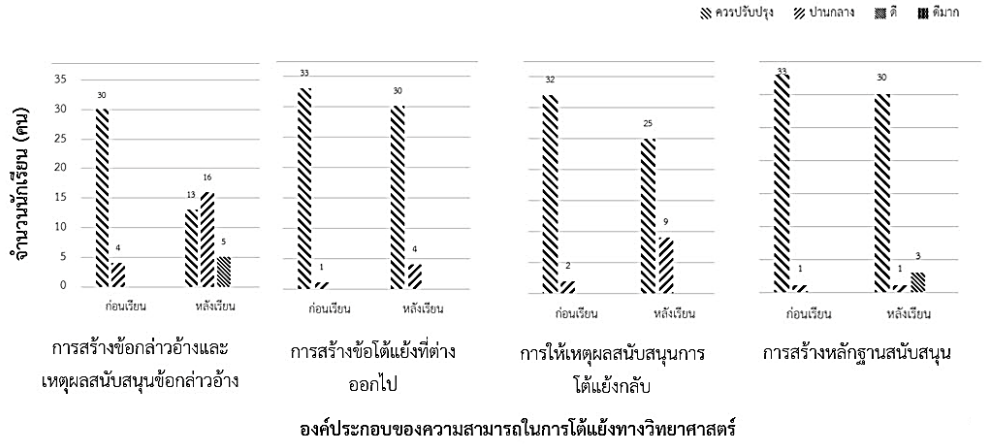
*$p < 0.05$

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับความ สามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง กล่าวคือ มีจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 91.18 ระดับปานกลาง 3 คน คิดเป็นร้อยละ 8.82 และไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีและดีมาก หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับควรปรับปรุงมีจำนวนลดลงเป็น 13 คน คิดเป็นร้อยละ 38.24 ระดับปานกลางมีจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 55.88 และมีนักเรียนที่มีความสามารถระดับดีเพิ่มขึ้นจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.88 จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนรวม)

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า หลังเรียนนักเรียนที่มีความสามารถใน 1) การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในระดับควรปรับปรุงมีจำนวนลดลงเป็น 13 คน ในขณะที่ระดับปานกลางมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 16 คน และระดับดีมีจำนวน 5 คน 2) การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงลดลงเป็น 30 คน 3) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ มีนักเรียนในระดับปรับปรุงลดลงเป็น 25 คน และ 4) การสร้างหลักฐานสนับสนุนจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปรับปรุงลดลงเป็น 30 คน ส่วนระดับปานกลางเท่าเดิม คือ 1 คน และมีระดับความสามารถในระดับดีเพิ่มขึ้นมา 3 คน จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (แยกรายองค์ประกอบ)

ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์และแบ่งนักเรียนตามระดับความสามารถเป็น 4 ระดับ จากนั้นสุ่มโดยการจับสลากนักเรียนระดับละ 2 คน มาสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อให้นักเรียนอธิบายและขยายความแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเพิ่มเติมจากการตอบแบบวัด รหัสของนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (ตาราง 5) พบว่า ก่อนเรียนไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถ

ตาราง 5 รหัสนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสัมภาษณ์

ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	รหัสนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ดีมาก	–	–
ดี	–	23 และ 33
ปานกลาง	23 และ 33	19 และ 29
ควรปรับปรุง	12 และ 22	8 และ 24

ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีและดีมาก ดังนั้นนักเรียนที่สุ่มมารับการสัมภาษณ์มี 4 คน ผลการสุ่มได้นักเรียนระดับควรปรับปรุงคือ รหัส 12 และ 22 และระดับปานกลางคือรหัส 23 และ 33 ผลการสัมภาษณ์ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนทั้ง 4 คนไม่สามารถอธิบายหรือขยายความเพิ่มเติมจากคำตอบในแบบวัด หลังจากการจัดการเรียนการสอน พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีมาก ดังนั้นนักเรียนที่สุ่มมาสัมภาษณ์มี 6 คน ผลการสุ่มได้นักเรียนระดับความปรับปรุง คือ รหัส 8 และ 24 ระดับปานกลาง คือ 19 และ 29 และระดับดี คือ 23 และ 33 ผลการสัมภาษณ์ พบว่า รหัส 23 24 และ 29 ไม่ได้แสดงการขยายความที่แตกต่างจากการตอบในแบบวัด ในขณะที่นักเรียน 3 คน คือ รหัส 8 19 และ 33 มีการขยายความและสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้มากกว่าการตอบในแบบวัด ตัวอย่างการขยายความและอธิบายเพิ่มเติมที่ได้จากการสัมภาษณ์หลังเรียน แสดงได้ดังนี้

ตัวอย่างผลการสัมภาษณ์ของนักเรียนรหัส 33

คำถามในแบบวัดข้อ 1 ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน: นักเรียนใช้หลักฐานอะไรมาสนับสนุนว่า “การดื่มน้ำเย็นไม่ก่อให้เกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด”

คำตอบที่เขียนตอบในแบบวัด

“ใช้หลักฐานว่าอุณหภูมิร่างกายไม่เปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม ทำให้เมื่อดื่มน้ำเย็นเข้าไปในร่างกายน้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงไม่ทำให้ไขมันจับตัวกันเป็นก้อนแข็ง และใช้หลักฐานที่ว่าคนที่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิที่หนาวเย็นก็ไม่ได้ป่วยเป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ดังนั้นการดื่มน้ำเย็นจึงไม่ทำให้เป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด นอกจากนี้ นพ.กฤษฎา ศิรามพุช ยังได้กล่าวว่าไขมันจะแข็งตัวได้ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 3–4 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าการดื่มน้ำเย็นจะทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงแต่คงไม่ลดลงเหลือ 3–4 องศาเซลเซียส”

ผลการสัมภาษณ์

คำถามสัมภาษณ์: นักเรียนใช้หลักฐานอะไรมาสนับสนุนว่า “การดื่มน้ำเย็นไม่ทำให้เป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด”

“ผมก็จะใช้หลักฐานที่ผมตอบในแบบวัดคือหลักฐานเกี่ยวกับอุณหภูมิร่างกายและหลักฐานเกี่ยวกับคนที่อาศัยอยู่ในสถานที่ที่หนาวเย็นมาสนับสนุนว่าการดื่มน้ำเย็นไม่ทำให้เป็นโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด”

คำถามสัมภาษณ์: นักเรียนมีหลักฐานอื่นอีกไหมที่จะนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง

“ใช้คำพูดของคุณหมอที่บอกว่าไขมันจะแข็งตัวได้ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 3–4 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิร่างกายเราไม่ลดลงไปต่ำขนาดนั้นแน่นอน”

คำถามสัมภาษณ์: นอกจากคำพูดของคุณหมอนักเรียนมีหลักฐานอื่นนอกจากนี้อีกไหม

“อาจจะใช้ตำแหน่งของกระเพาะซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำถูกดูดซึมไปใช้ และตำแหน่งของหัวใจว่าไกลกัน กว่าน้ำเย็นจะไปถึงอุณหภูมิของน้ำน่าจะเพิ่มสูงขึ้นแล้ว” (ขยายความจากแบบวัด)

จากการตอบคำสัมภาษณ์ของนักเรียนข้างต้น แสดงให้เห็นว่าคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแบบวัดอาจไม่สามารถระบุความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงของนักเรียนได้ ดังแสดงให้เห็นจากการสัมภาษณ์ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายขยายความการตอบได้มากขึ้นโดยระบุหลักฐานสนับสนุนได้เพิ่มเติมจากที่ตอบในแบบวัด

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ผลการวิจัยสรุปเช่นนี้ได้สามารถอธิบายเหตุผลได้ 2 ประการ ดังนี้

1. กระบวนการสร้างแบบจำลองเทียบเคียงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

การทำงานของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อค้นพบหรือข้อความรู้ใหม่ต่อชุมชนวิทยาศาสตร์ตลอดจนสาธารณะ นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อค้นพบหรือข้อกล่าวอ้างของตนเอง รวมทั้งโต้แย้งข้อคัดค้านของนักวิทยาศาสตร์คนอื่นด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือหลักฐานเชิงประจักษ์ผ่านแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น แบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานจะได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องหรือถูกปฏิเสธ (Bryce *et al*., 2016; Ford, 2012; Schwarz *et al*., 2009) การจัดการเรียนการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการวิจัยครั้งนี้มีกระบวนการสอนผ่านกิจกรรมสำคัญที่ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.1 กิจกรรมการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม

กิจกรรมนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อตอบคำถามที่ได้ร่วมกันตั้ง เช่น “ระบบหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจของคนมีกลไกอย่างไร” จากนั้นสร้างข้อโต้แย้งที่ใช้อธิบายแบบจำลองเบื้องต้นดังกล่าว กิจกรรมลักษณะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างข้อโต้แย้งโดยใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้างแบบจำลองเพื่อนำเสนอและอธิบายความเข้าใจของตนเองผ่านปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Lehrer and Schauble, 2005) ข้อโต้แย้งเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน โดยกำหนดกรอบการเขียนข้อโต้แย้งให้แก่นักเรียนเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนเข้าใจองค์ประกอบของการโต้แย้งและช่วยให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Osborne *et al*. (2004) ที่กล่าวว่ากรอบการเขียนข้อโต้แย้งจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเนื่องจากนักเรียนสามารถเติมความคิดเห็นลงไปในช่องว่างได้อย่างตรงประเด็นและถูกต้องตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง นอกจากนี้การจัดกิจกรรมยังให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองต่อเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเพื่อคัดเลือกแบบจำลองเบื้องต้นที่ดีที่สุดของกลุ่ม นักเรียนต้องอธิบายและแสดงให้เพื่อนยอมรับว่าแบบจำลองของตนเองน่าจะอธิบายปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด กิจกรรมนี้จึงเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุนที่น่าเชื่อถือมาโต้แย้งเพื่อให้เพื่อนในกลุ่มยอมรับแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ Osborne *et al*. (2004) ที่กล่าวว่าการให้นักเรียนมีการอภิปรายกลุ่มย่อยทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ส่งผลให้เกิดการตั้งคำถามระหว่างนักเรียนและได้ฝึกให้เหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเองเช่นเดียวกับ Esther *et al*. (2020) ที่กล่าวว่าการอภิปรายกลุ่มจะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของตนเองซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นถึงลักษณะของแบบจำลองที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นส่งผลต่อความสามารถ

ในการโต้แย้งของสอดคล้องกับ และ Evagorou *et al*. (2020) ได้กล่าวว่าคุณภาพของแบบจำลองมีผลต่อการระบุข้อกล่าวอ้าง เหตุผลและสนับสนุนของนักเรียนในระหว่างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงจะทำให้นักเรียนมองเห็นประเด็นที่สามารถใช้ในการโต้แย้งได้มากขึ้น

1.2 กิจกรรมนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น

กิจกรรมนี้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งร่วมกันกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ และชักชวนให้เพื่อนกลุ่มอื่น ยอมรับแบบจำลองและข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง มีการรับฟังข้อโต้แย้งจากกลุ่มอื่น และหาหลักฐานที่สามารถหักล้างหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นได้ กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเอง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองรวมถึงมีการทบทวนหรือค้นหาหลักฐานเพิ่มเติมเพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น กิจกรรมดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม ได้ฝึกความสามารถในการสร้างสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ สอดคล้องกับ Ford (2012) ที่กล่าวว่าในการทำงานของวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์จะนำเสนอแบบจำลองของตนเองกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่น เพื่อให้เกิดการโต้แย้งแบบสาธารณะ โดยแสดงหลักฐานจากแบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างของตนเอง (Bryce *et al*., 2016) นอกจากนี้ Schwarz *et al*. (2009) ยังได้กล่าวว่าการให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองต่อเพื่อนร่วมชั้นเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้เหตุผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chantraukrit (2013) ที่กล่าวว่าแบบจำลองช่วยส่งเสริมศักยภาพในการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

2. กิจกรรมปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

กิจกรรมนี้นักเรียนนำแบบจำลองและข้อกล่าวอ้างของตนเองมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองของผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง มีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือที่ผู้สอนจัดเตรียมไว้ให้ ในช่วงท้ายของกิจกรรมผู้สอนมีการนำนักเรียนอภิปรายโดยการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์เพื่อให้นักเรียนคิดทบทวน ตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้ถูกต้อง ตัวอย่างคำถามที่ใช้ เช่น แบบจำลองของนักเรียนสอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ทำไมนักเรียนถึงคิดเช่นนั้น นักเรียนมีหลักฐานอะไรมาสนับสนุน เป็นต้น กิจกรรมลักษณะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ลักษณะและการได้มาซึ่งหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ได้วิเคราะห์และเลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองเพื่อให้ข้อโต้แย้งของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น สอดคล้องกับ Osborne *et al*. (2004) ที่กล่าวว่าการกระตุ้นโดยการใช้คำถามของครูส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นถึงลักษณะของข้อกล่าวอ้างที่ดี เช่นเดียวกับ Jonassen and Kim (2010) ที่กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องใช้หลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบด้วยวิธีการที่น่าเชื่อถือ และสอดคล้องกับ Walton *et al*. (2008) ที่กล่าวว่าการอภิปรายการโต้แย้งต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากกว่าความจริงที่ตนเองยึดถืออยู่ นอกจากนี้

Berland and Hammer (2012) ยังได้กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพต้องมีพื้นฐานมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

3. การสะท้อนคิดผ่านการเขียน

การได้เขียนสะท้อนคิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทบทวนกระบวนการสร้างแบบจำลอง กระบวนการคิด และการโต้แย้งที่เกิดขึ้นระหว่างเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่จากประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียน นำไปสู่การปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของตนเอง (Forrest, 2008) และการที่นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการปรับปรุงแบบจำลองช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ เนื่องจากกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองและการปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองนั้น นักเรียนต้องใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการทำให้แบบจำลองสุดท้ายมีความสมบูรณ์มากที่สุด การเขียนสะท้อนคิดจึงทำให้นักเรียนเห็นถึงการใช้หลักฐานในการสนับสนุนและคัดค้านข้อโต้แย้งของตนเองผ่านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง (National Research Council, 2012; Schleigh and Sampson, 2013; Treagust *et al*., 2002)

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการสอนที่ให้นักเรียนได้เขียนสะท้อนคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียนซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนหลักการโต้แย้งที่ถูกต้อง จากการตอบคำถามตามกรอบคำถามที่กำหนดไว้เป็นแนวทางให้ คือ “แบบจำลองสุดท้ายของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลองแรกที่สร้างขึ้นหรือไม่ และทำไมจึงเปลี่ยนแปลง” ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ทบทวนการใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุนการปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนเห็นถึงลักษณะของเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนที่ดี สอดคล้องกับ Osborne *et al*. (2004) ที่กล่าวว่าการเขียนสะท้อนคิดที่มีโครงร่างคำถามที่ครูได้กำหนดไว้ให้เป็นการฝึกให้นักเรียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เป็นเช่นนั้นอาจเนื่องมาจากความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะระดับสูงที่ต้องใช้ทักษะสำคัญ เช่น การวิเคราะห์การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และการใช้เหตุผล ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และฝึกฝน (Berland and Hammer, 2012) แต่ในการวิจัยนี้นักเรียนได้ฝึกฝน 4 ครั้งอาจเป็นไปได้ว่านักเรียนต้องการเวลาในการเรียนรู้ และฝึกฝนมากขึ้น โดยเฉพาะนักเรียนที่มีทักษะพื้นฐานที่ไม่ค่อยดี

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนในบทเรียนแรก ๆ แบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างควรเป็นแบบจำลองเชิงรูปธรรม (concrete model) 3 มิติ เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ทำให้นักเรียนมองเห็นกระบวนการหรือกลไกต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ชัดเจน เช่น แบบจำลอง 3 มิติแสดงระบบหมุนเวียนเลือดของคน ทำให้นักเรียนมองเห็นและสัมผัสได้ถึงทิศทางความเร็วในการไหลของเลือดได้ชัดเจนนำไปสู่

ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

2. กิจกรรมการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มและข้อโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ นั้น เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้คือนักเรียนมีการแสดงอารมณ์ฉุนเฉียว และใช้เสียงดังในการโต้แย้ง ส่งผลต่อบรรยากาศในการเรียน และรบกวนห้องเรียนข้างเคียงได้ ดังนั้นครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนให้ชัดเจนก่อนว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นการใช้หลักฐานอธิบายหรือสนับสนุนข้อโต้แย้งนำไปสู่ความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับ แตกต่างจากการโต้เถียงกันที่มักพบทั่วไปซึ่งเป็นการใช้ความคิดเห็นส่วนตัว ดังนั้นครูควรนำนักเรียนสร้างข้อตกลงร่วมกัน เช่น การให้สิทธิ์ในการโต้แย้งทีละคน ไม่พูดพร้อมกันหรือไม่แย่งกันพูด เพื่อให้สามารถฟังข้อความโต้แย้งได้ชัดเจน รวมถึงการควบคุมอารมณ์เมื่อมีการโต้แย้งจากเพื่อน

3. การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลที่โรงเรียน (on–site) แต่ด้วยสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้จำเป็นที่ครูชีววิทยาต้องจัดการเรียนการสอนออนไลน์หรือสอนทางไกล ดังนั้นควรมีการศึกษา วิจัย วิธีการ รูปแบบ หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านการเรียนแบบออนไลน์หรือการสอนทางไกลที่สามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนได้

4. ควรเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพที่สามารถนำมาใช้อธิบายความก้าวหน้าหรือพัฒนาการในการของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากข้อมูลเชิงคุณภาพจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของนักเรียนรายบุคคล เช่น ลักษณะของการมีปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มในขณะที่มีกิจกรรมสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนการจัดการเรียนการสอนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจาก “ทุน 90 ปีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช”

การขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะกรรมการการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หมายเลขใบรับรอง CoA No. 029/2653

เอกสารอ้างอิง

Berland, L. K., and Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. **Journal of Research in Science Teaching** 49(1): 68–94.

Berland, L.K., and Hammer, D. (2012). Students’ framings and their participation in scientific argumentation. In **Perspectives on Scientific Argumentation**. Dordrecht: Springer.

Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., and Gilbert, G. S. (2016). Exploring Models in the Biology Classroom. **The American Biology Teacher** 78(1): 35–42.

Cascarosa, E., Sánchez–Azqueta, C., Gimeno, C., and Aldea, C. (2020). "Model–based teaching of physics in higher education: A

review of educational strategies and cognitive improvements" **Journal of Applied Research in Higher Education** 13(1): 33–47.

Chantraukrit, P. (2013). **Development of an Instructional Model by Integrating the Argument – Driven Inquiry Model and Model Based Learning Approach to Promote Scientific Literacy Competencies and Rationality of Lower Secondary School Student**. Doctor of Philosophy (Curriculum and Instruction). Bangkok: Chulalongkorn University.

Chen, Y.–C., Benus, M., and Yarker, M. (2016). Using models to support argumentation in the science classroom. **The American Biology Teacher** 78(7): 549–559.

Demmans Epp, C., Akcayir, G., and Phirangee, K. (2019). Think twice: Exploring the effect of reflective practices with peer review on reflective writing and writing quality in computer– science education. **Reflective Practice** 20(4): 533–547.

Esther, C., Carlos, S.–A., Cecilia, G., and Concepción, A. (2020). Model–based teaching of physics in higher education: A review of educational strategies and cognitive improvements. **Journal of Applied Research in Higher Education** 13(1): 33–47.

Evagorou, M., Nicolaou, C., and Lymbouridou, C. (2020). Modelling and argumentation with elementary School Students. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education** 20: 58–73.

Ford, M. J. (2012). A dialogic account of sense–making in scientific argumentation and reasoning. **Cognition & Instruction** 30(3): 207–245.

Forrest, M. E. S. (2008). On becoming a critically reflective practitioner. **Health Information & Libraries Journal** 25(3): 229–232.

Grooms, J., Enderle, P., and Sampson, V. (2015). Coordinating scientific argumenttation and the next generation science standards through argument driven inquiry. **Science Educator** 24(1): 45–50.

Jonassen, D. H., and Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: Design justifications and guidelines. **Educational Technology Research and Development** 58(4): 439–457.

King, T. (2002). Development of student skills in reflective writing. Spheres of influence: Ventures and visions in educational development. **Proceedings of the 4th World Conference of the International Consortium for Educational Developmen**t. Perth: The University of Western Australia.

Lehrer, R., and Schauble, L. (2005). Cultivating model–based reasoning in science education. In Sawyer, R. K. (Ed.), **The Cambridge Handbook of the Learning Sciences** (pp. 371–388). Cambridge: Cambridge University.

Lin, S.–S., and 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.

Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological Knowledge. **Science Education** 96(6): 1071–1105.

National Research Council. (2012). **A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. USA: National Academies.

OECD. (2019). "PISA 2018 Science Framework". **PISA 2018 Assessment and Analytical Framework**. Paris: Author.

Ogan–Bekiroglu, F., and Belek, D. E. (2014). Impact of model– based teaching on argumentation skills. **International Journal of Progressive Education** 10(1): 59–72.

Okada, A. (2008). Scaffolding school pupils' scientific argumentation with evidence-based dialogue maps. **Knowledge Cartography** (pp. 131–162). London: Springer.

Osborne, J., Simon, S., and Erduran, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. **Journal of Research in Science Teaching** 41(10): 994–1020.

Premkamol, S., and Keawdee, S. (2017). Effects of model–based inquiry on the ability of offering scientific explanation and the reasoning of lower secondary school students. **An online Journal of Education** 12(1): 259-274. (in Thai)

Sampson, V., and Gerbino, F. (2010). Two instructional models that teachers can use to promote & support scientific argumentation in the biology classroom. **The American Biology Teacher** 72(7): 427–431.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching** 46(6): 632–654.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2013) **Research Results of TIMSS 2011 Project**. Bangkok: Advanced Printing Service. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2016). **Research Results of TIMSS 2011 Project**. Retrieved from http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/TIMSS2015summary, January 15, 2020. (in Thai)

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). **Result of Science, Reading and Mathematics Excellence in PISA 2015**. Bangkok: Author. (in Thai)

Walton, D., Macagno, F., and Reed, C. (2008). **Argumentation Schemes**. UK: Cambridge University.