วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต
Journal of Rangsit University: Teaching & Learning
ISSN 1905-7881 (Print)/ ISSN 2651-1584 (Online)
Available online at https://jrtl.rsu.ac.th

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565
Vol.16 No.1 January – June 2022

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ในรายวิชาชีววิทยา

The Development of Tenth Graders' Scientific Reasoning Ability through Argument-Driven Inquiry in Biology Course

ไอย์ลดา สมภาร[1] เมษยะมาศ คงเสมา[2] และ จีระวรรณ เกษสิงห์[1*]
Ilada Somparn[1] Masayamas Kongsema[2] and Jeerawan Ketsing[1*]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1]Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University
[2]Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University
[*]Corresponding author, E-mail: fedujwk@ku.ac.th, โทร. 081-6650642
วันที่ส่งบทความ 8 ตุลาคม 2563 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 4 ธันวาคม 2563
วันที่ตอบรับบทความ 7 ธันวาคม 2563 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 7 มกราคม 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีจุดประสงค์เพื่อค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งในรายวิชาชีววิทยา ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 32 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู วีดิทัศน์บันทึกการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และใบกิจกรรมของนักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหาและวิธีการวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ที่ส่งผลทางบวกต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ (1) จำแนกแยกแยะข้อมูลลงในตาราง ชี้ช่องทางการค้นหารูปแบบ และ (2) ลำดับประเด็นในการโต้แย้งให้มั่นสำคัญต่อการตั้งสมมติฐานนิรนัย และพบว่านักเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไปมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มมีความสามารถสมบูรณ์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง

***คำสำคัญ**: การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์; การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง; แนวปฏิบัติที่ดีในการสอน*

Abstract

This classroom action research aimed to find out good teaching practices in the argument-driven inquiry (ADI) in Biology course that can develop tenth graders' scientific reasoning ability. The participants were a class of 32 students from a public high school in Bangkok Metropolis. Data were obtained from the scientific reasoning test, teacher's reflective journal, video-recorded of classroom

instructions, students' reflective journal, and students' worksheets. Data were analyzed by using content analysis and inductive analysis. Finding revealed that the good teaching practices of the ADI which provided positive impact on the participants' scientific reasoning ability were: (1) the use of data table for promoting students' 'identifying patterns from data'; and (2) a systematic order of argument topics for practicing 'hypothetical-deductive reasoning'. The study also found that more than 70% of students were in the complete level of scientific reasoning ability after learning through the ADI.

***Keywords**: scientific reasoning; argument-driven inquiry; good teaching practice*

บทนำ

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) เป็นความสามารถพื้นฐานของการฉลาดรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (Feist, 2006) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการสร้างและการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้และการเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Feist, 2006; Zimmerman, 2007) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นฐานของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาพบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะสามารถแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดีกว่านักเรียนที่ขาดความสามารถดังกล่าว (Fabby & Koenig, 2015) ขณะที่งานวิจัยอีกชิ้นชี้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Bao, Cai, Koeing, Fang, & Wang, 2009)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยใช้องค์ความรู้ที่เคยเรียนรู้มาเป็นฐานในการสร้างสมมติฐานใหม่ และทำการตรวจสอบสมมติฐานผ่านกระบวนการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการลงข้อสรุปจากการประเมินข้อมูล หรือจากการวิเคราะห์ ตีความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือแม้กระทั่งการใช้ความรู้เดิม แนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ก่อนหรือที่ผู้เรียนเคยเรียนรู้มา เพื่อนำมาสร้างสมมติฐานและทดสอบสมมติฐาน (Lawson, 1985, 2005, 2009; Osborne, Erduran, Simon, & Monk, 2001; Overholser, 1993) โดยงานวิจัยนี้แบ่งรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (abductive reasoning) 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) 3) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) และ 4) การให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive reasoning) (Lawson, 1985, 2005, 2009; Overholser, 1993) ซึ่งการให้เหตุผลดังกล่าวข้างต้นมีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

อย่างไรก็ดีในปัจจุบันมีงานวิจัยชี้ว่านักเรียนมีปัญหาในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อาทิ งานวิจัยที่ทำการศึกษาผลการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่แบ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ 1) การระบุข้อสรุปจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 2) การระบุหลักฐานเชิงประจักษ์หรือข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ใช้สนับสนุนข้อสรุป พบว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการใช้ประเด็นทางสังคม

ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แม้เช่นนั้นพบว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเพียงร้อยละ 58 ซึ่งนับว่ายังมีค่าค่อนข้างน้อย (พิชญา ศิลาม่อน, 2561) สอดคล้องกับข้อมูลที่ผู้วิจัยในฐานะนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ที่พบว่าในระหว่างฝึกสอนในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2562 รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวัดความต้องการจำเป็นของนักเรียน (needs assessment) เกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 53.94) ยังคงมีปัญหาในการระบุและควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลแบบสมมติ้นัย (ร้อยละ 58.82) และการตั้งสมมติฐานนิรนัย (ร้อยละ 60.00)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (ภคพร อิสระ และอลิศรา ชูชาติ, 2558; ชญากานต์ ส่วนบุญ, 2562; ชานนท์ คำปิวทา, ธิติยา บงกชเพรช และปราณี นางงาม, 2561) อาทิ งานวิจัยที่ศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 4 ประเภท ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบสมมติ้นัย 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอธิบาย 3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย และ 4) การให้เหตุผลแบบอุปนัย พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้งเรื่องระบบย่อยอาหาร มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 71.02 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี (ชานนท์ คำปิวทา และคณะ, 2561) ส่วนงานวิจัยอีกชิ้นได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและแบบอุปนัย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ประมาณร้อยละ 70) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบพัฒนาไปอยู่ในระดับที่มีความสามารถสมบูรณ์ แม้เช่นนั้นยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่มีความสามารถไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะด้านการสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ (ร้อยละ 64.29) และการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ (ร้อยละ 54.76) (ชญากานต์ ส่วนบุญ, 2562) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง (Argument-driven inquiry) มาใช้ในงานวิจัยนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง แล้วใช้หลักฐานที่เกี่ยวข้อง ประกอบการให้เหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นยอมรับข้อกล่าวอ้าง รวมไปถึงการปกป้องข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากการโต้แย้งหรือคัดค้านจากผู้อื่น และเป็นการฝึกการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการโต้แย้ง การรับฟังและการตอบสนองต่อความคิดเห็นที่แตกต่างของผู้อื่น ทั้งนี้กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน ที่ปรับมาจาก (Sampson & Schleigh, 2013) ได้แก่ (1) การระบุปัญหาและคำถาม (2) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (3) กิจกรรมการโต้แย้ง (4) การอภิปรายสะท้อนผล และ (5) การเขียนสรุปผล มีหลักการของการสอนในแต่ละขั้นดังแสดงในหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัย

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่ามีงานวิจัยเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งอยู่พอสมควร อย่างไรก็ดียังขาดงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมทั้งการให้เหตุผลแบบสมมติ้นัย การให้เหตุผลแบบนิรนัย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย รวมทั้งยังขาดงานวิจัยที่รายงานผลแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาองค์ประกอบทั้งสี่ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามที่ระบุข้างต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ที่ช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้ง 4 องค์ประกอบ ซึ่งครอบคลุมมากกว่างานวิจัยก่อนหน้า

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งในรายวิชาชีววิทยา

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานเชิงประจักษ์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ หรือ 9 องค์ประกอบ ตามกรอบแนวคิดของ Lawson (1985, 2005, 2009) และ Osborne et al. (2001) ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (abductive reasoning) คือ ความสามารถในการสร้างสมมติฐานที่เป็นคำอธิบายชั่วคราวของปัญหา การสร้างสมมติฐานจะเริ่มจากการสังเกตปัญหาแล้วใช้ความรู้เดิมมาประกอบสร้างสมมติฐาน (Lawson, 2005)

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) คือ ความสามารถในการสร้างข้อสรุปทั่วไปผ่านกระบวนการทดสอบสมมติฐานที่มีความน่าเชื่อถือ และอาจนำไปสู่การทำนายเหตุการณ์ในอนาคต มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (2.1) การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ (probabilistic thinking) คือ ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน และคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ของปรากฏการณ์จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น (2.2) การให้เหตุผลโดยการระบุและควบคุมตัวแปร (control of variables) คือ ความสามารถในการระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน (2.3) การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานหรือการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional thinking) คือ ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงปริมาณ โดยการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุป หลักฐานและเหตุผล (2.4) การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัวแปร (correlational thinking) คือ ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณที่มีตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป (Lawson, 1985, 2005, 2009)

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) คือ ความสามารถในการสร้างข้อสรุป จากการวิเคราะห์ตีความ และแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (3.1) การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ (enumerative generalization) คือ ความสามารถในการระบุรูปแบบที่ปรากฏในข้อมูล จำแนกแยกแยะข้อมูลและลงข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูล (3.2) การอุปมาอุปไมย (analogical comparison) คือ ความสามารถในการเทียบเคียงความรู้เดิมที่เคยเรียนรู้มาในอดีตกับสถานการณ์ใหม่ได้ (3.3) การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน (eliminative causal reasoning) คือความสามารถในการจัดกระทำสิ่งแวดล้อมที่เป็นเงื่อนไขหรือลดปัจจัยแทรกซ้อนในสถานการณ์ปัญหาเพื่อบ่งชี้สาเหตุของปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด (Overholser, 1993)

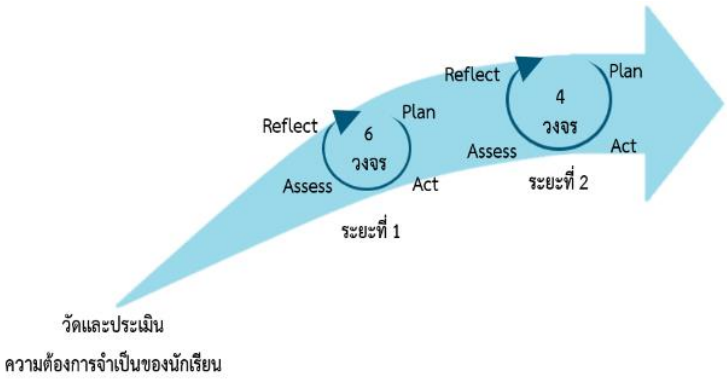
4. การให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive reasoning) คือ ความสามารถในการให้เหตุผลที่ใช้ความรู้หรือทฤษฎีที่เคยเรียนรู้มาในการสนับสนุนการสร้างสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน ผลจากการทดลองที่เกิดขึ้นจะช่วยยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานที่สร้างขึ้น (Lawson, 2005)

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (action research) ตามกรอบแนวคิดหลายระยะและหลายวงจร ของ Inoue (2015) ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ระยะ (phases) ระยะที่ 1 ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

ประกอบด้วย 6 วงจร (cycles) ที่แบ่งตามแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน และระยะที่ 2 ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ประกอบด้วย 4 วงจร ที่แบ่งตามแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ วางแผน (plan) ปฏิบัติการ (act) ประเมิน (assess) และสะท้อนความคิด (reflect) ดังรูปที่ 1 โดยเหตุที่เลือกกรอบแนวคิดนี้ในการดำเนินการวิจัย เนื่องจากสอดคล้องกับธรรมชาติการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีทั้งหมด 9 องค์ประกอบ ในขณะที่แต่ละองค์ประกอบมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการยากที่จะพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบภายในแผนการจัดการเรียนรู้เดียวหรือในภาคการศึกษาเดียว เพราะต้องคำนึงถึงธรรมชาติของเนื้อหาและเวลาที่จะสอดแทรกหรือเน้นการพัฒนาในองค์ประกอบนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้กรอบแนวคิดของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามกรอบแนวคิดนี้จึงมีความเหมาะสมกับตัวแปรในงานวิจัยนี้มากกว่ารูปแบบอื่น ๆ



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดหลายระยะและหลายวงจร ในการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการ
ที่มา : Inoue (2015)

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 32 คน เป็นชาย 12 คน (ร้อยละ 37.50) และหญิง 20 คน (ร้อยละ 62.50) ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต 2 ที่ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน การอ้างอิงนักเรียนรายบุคคลใช้สัญลักษณ์ S ตามด้วยหมายเลข 1-32 เช่น S01 S02 S03 เพื่อเป็นการปกป้องสิทธิของกลุ่มที่ศึกษาตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง

ผู้วิจัยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 9 องค์ประกอบ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ในระยะที่ 1 จำนวน 6 แผน ได้แก่ 1) เอนไซม์จากสิ่งมีชีวิต ใช้เวลา 1 คาบ (50 นาที) 2) การจัดจำแนกชนิดของเซลล์สิ่งมีชีวิต ใช้เวลา 1 คาบ 3) ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเอนไซม์ ใช้เวลา 2 คาบ (100 นาที) 4) การลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ ใช้เวลา 1 คาบ 5) การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ใช้เวลา 1 คาบ และ 6) การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส ใช้เวลา 1 คาบ ดำเนินการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 และในระยะที่ 2 จำนวน 4 แผน ได้แก่ 7) การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน ใช้เวลา 2 คาบ 8) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ ใช้เวลา 2 คาบ 9) ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของประชากร ใช้เวลา 2 คาบ และ 10) การย่อยลิพิด ใช้เวลา 1 คาบ ดำเนินการสอนในภาคเรียนที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของกิจกรรมการ

เรียนรู้ และเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ครูชำนาญ 1 ท่าน และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก จากนั้นนำข้อเสนอแนะมาทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ก่อนนำแผนไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยข้อสรุปของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้และองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งและการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง									
	การวิจัยระยะที่ 1						การวิจัยระยะที่ 2			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. การให้เหตุผลแบบสมมติฐาน				/				/		
2.1 การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้			/						/	
2.2 การให้เหตุผลโดยการระบุและควบคุมตัวแปร			/						/	
2.3 การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานหรือการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน			/						/	
2.4 การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัวแปร			/						/	
3.1 การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ		/					/			
3.2 การอุปมาอุปไมย						/	/			
3.3 การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน				/				/		
4. การให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย	/									/

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า โดยภาพรวมมีการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาองค์ประกอบต่าง ๆ ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ครั้ง โดยแยกเป็นระยะที่ 1 จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ และระยะที่ 2 จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้เช่นเดียวกัน ในการนี้ขอนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนที่ 10 เรื่องการย่อยลิพิด ที่เน้นการให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย ดังนี้ **1. ขั้นการระบุปัญหาและคำถาม** ครูเป็นผู้ระบุปัญหาและคำถาม จากนั้นนักเรียนช่วยกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ ทำความเข้าใจกับข้อมูลที่มี โดยนักเรียนช่วยกันทำงานเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ดังนี้ 1.1) ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน แล้วกระตุ้นความสนใจโดยให้นักเรียนเล่นใบ้คำจากภาพอาหาร แล้วตรวจสอบความรู้เดิม โดยถามว่า “หลังจากกินหมูกระทะมีใครเคยท้องอืดอาหารไม่ย่อยหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”“เพราะเหตุใดการกินอาหารชิ้นใหญ่จึงทำให้ท้องอืด” แล้วครูเชื่อมเรื่องพื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยของน้ำย่อย อวัยวะและเอนไซม์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการย่อยลิพิด โดยใช้คำถามว่า “เอนไซม์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการย่อยลิพิดชื่อว่าอะไรและสร้างจากอวัยวะใด” 1.2) ครูแสดงแบบจำลองทางเดินอาหารของคนเพื่อให้นักเรียนได้เห็นตำแหน่งของตับและตับอ่อน 1.3) ครูชี้แจงคำถามของกิจกรรม คือ น้ำดีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลิพิดอย่างไร 4) ครูอธิบายขั้นตอนการทดลองโดยแสดงภาพขั้นตอนบนกระดาน จากนั้นให้นักเรียนสร้างสมมติฐานสมมตินัยระบุตัวแปรของการทดลอง แล้วทำการทดลอง **2. ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อใช้สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มตนเอง สำหรับใช้ในการตอบคำถามที่ครูกำหนดให้ในขั้นที่ 1 ดังนี้ 2.1) นักเรียนในกลุ่มโต้แย้งกันเพื่อสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยวิเคราะห์จากความสอดคล้องของสมมติฐานและผลที่ได้จากการทดลอง ยึดหลักฐานที่ได้จากผลการทดลองมาใช้ประกอบการสร้างข้อโต้แย้ง พร้อมทั้งบันทึกลงในใบกิจกรรม (ประกอบไปด้วย (1) สมมติฐานนิรนัย ตัวแปร (2) หลักฐาน สรุปและอภิปรายผลการทดลอง (3) การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (4) ข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากกลุ่มของนักเรียน และ (5) การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ) 2.2) ครูทำการจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนสร้างขึ้น

แล้วนักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากกลุ่มของนักเรียนลงในใบกิจกรรม **3. ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง** ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้นักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มตัวเอง รับฟังข้อโต้แย้งชั่วคราวจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ แลกเปลี่ยนสิ่งที่กลุ่มนักเรียนคิดกับเพื่อน และวิพากษ์วิจารณ์ผลงานของเพื่อนบนหลักการของเหตุและผลที่เหมาะสม ดังนี้ 3.1) นักเรียนที่เป็นพิธีกรถามคำถามในการโต้แย้งโดยใช้แนวทางคำถามที่ครูเตรียมให้ นอกจากนั้นครูยังช่วยถามคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งเกิดขึ้น ดังตัวอย่างบทสนทนาต่อไปนี้

พิธีกร : ตัวแปรของการทดลองของกลุ่มใดถูกต้อง เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

รหัส S03 กลุ่ม 4 และรหัส S28 : ตัวแปรต้น คือน้ำดี

พิธีกร : เพื่อนกลุ่มที่ 6 ระบุตัวแปรตาม คือการย่อยลิพิด ส่วนกลุ่มที่ 2 ระบุตัวแปรตาม คือการเปลี่ยนแปลงของลิพิด เพื่อนเห็นด้วยกับคำตอบของกลุ่มไหน เพราะเหตุใด

รหัส S07 กลุ่ม 5 : ตัวแปรตาม คือ การเปลี่ยนแปลงของลิพิด โดยจากความรู้เดิมน้ำดีไม่ได้ย่อยลิพิด

ครู : จากความรู้เดิมเกี่ยวกับการย่อยอาหาร ในการย่อยลิพิดต้องอาศัยเอนไซม์ใด

นักเรียนรหัส S22 กลุ่ม 2 : ในการย่อยลิพิดต้องอาศัยเอนไซม์ลิเพสครับ

พิธีกร : เพื่อน ๆ คิดว่าสมมติฐานที่ถูกต้องมีการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามหรือไม่อย่างไร

รหัส S07 กลุ่ม 5 : สมมติฐานต้องมีทั้งตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังที่เราได้ทำการทดลองไป

ครู : ตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ในสมมติฐานส่วนแรก (ถ้า) และส่วนหลัง (ดังนั้น) เป็นอย่างไร

นักเรียนรหัส S10 กลุ่ม 4 : ตัวแปรต้นและตัวแปร ในสมมติฐานส่วนหลังควรเป็นการคาดเดาคำตอบค่ะ

พิธีกร : สมมติฐานของกลุ่มใดถูกต้อง เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

รหัส S31 กลุ่ม 2 : กลุ่ม 2 ค่ะ เพราะในสมมติฐานประกอบด้วยตัวแปรที่ถูกต้อง และมีส่วนที่คาดเดาผลการทดลอง

พิธีกร : เพื่อน ๆ ใช้ความรู้เรื่องการย่อยอาหารของมนุษย์ส่วนใด ในการตั้งสมมติฐานนิรนัยในครั้งนี้

นักเรียนรหัส S13 กลุ่ม 3 : ตับสร้างน้ำดี แล้วไปเก็บไว้ในถุงน้ำดี แล้วน้ำดีมีความเกี่ยวข้องกับการย่อยลิพิด

พิธีกร : ผลจากการทดลองที่เกิดขึ้นจะช่วยยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานที่สร้างขึ้นได้อย่างไร

รหัส S11 กลุ่ม 2 : ช่วยยืนยันได้จากการทดลองในหลอดที่ 1 ใส่น้ำดีลงไปพบว่าช่วยให้ลิพิดมีการแตกตัว แสดงว่าน้ำดีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลิพิด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่เราตั้งไว้

รหัส S09 กลุ่ม 5 : หลอดทดลองที่ไม่ใส่น้ำดี พบว่าลิพิดไม่มีการแตกตัว ซึ่งช่วยยืนยันได้ว่าน้ำดีช่วยให้ลิพิดแตกตัวเป็นหยดเล็กลง

(การบันทึกเสียงการสอนในระยะที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 วันที่ 23 มกราคม 2563)

4. ขั้นการอภิปรายสะท้อนผล นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้งไปอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนเองให้กลายเป็นข้อโต้แย้งสรุปที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนี้ 4.1) ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเอนไซม์ลิเพสที่สร้างจากตับอ่อนและเซลล์บุผิวที่ลำไส้เล็กจะช่วยย่อยลิพิดที่อยู่ในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล 4.2) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้งไปอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อแก้ไขสมมติฐานนิรนัยให้กลายเป็นสมมติฐานนิรนัยที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และ **5. ขั้นการเขียนสรุปผล** นักเรียนเขียนสรุปข้อโต้แย้งของตนเอง โดยใช้ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมทั้งหมด ซึ่งถือเป็นการช่วยทบทวนความรู้ของนักเรียนไปในตัวได้ ดังนี้ 5.1) ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการดูดซึมลิพิดที่เกิดขึ้นบริเวณเยื่อบุผนังเซลล์ของลำไส้เล็ก 5.2) นักเรียนเขียนสรุปสมมติฐานนิรนัย

กระบวนการทดลอง และการลงข้อสรุปให้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยใช้ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมทั้งหมด 5.3) นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิดในรูปแบบของตั๋วออก (exit ticket)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้คือแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาและข้อคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดังกล่าว จำนวน 7 ข้อ ครอบคลุมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 องค์ประกอบ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคำถามในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2000) เพื่อนำมาปรับใช้ในการวิจัยนี้ แบบวัดได้ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถาม จุดประสงค์ และเกณฑ์การประเมินจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้ง 2 ท่าน จากคณะศึกษาศาสตร์ 1 ท่าน จากคณะวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และครูพี่เลี้ยงซึ่งเป็นครูชำนาญการ 1 ท่าน มีค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 หลังจากปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงนำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อทำการปรับแก้ไขภาษาและเวลาให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ประ กอบด้วย 1) บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู ซึ่งผู้วิจัยจะเขียนเมื่อสอนเสร็จในแต่ละแผน มีหัวข้อได้แก่ พฤติกรรมของครู พฤติกรรมของนักเรียน ปัญหาอุปสรรค แนวทางแก้ไข และสิ่งที่จะนำไปใช้ในการสอนครั้งต่อไป 2) อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ที่ออกแบบไว้ในรูปตั๋วออก (exit slip) กล่าวคือผู้วิจัยขอให้นักเรียนเขียนอนุทินลงในกระดาษใบเล็ก ๆ เพื่อสะท้อนความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการสอนของผู้วิจัยในคาบเรียนนั้น ๆ โดยขอให้นักเรียนเขียนในช่วงราว 5 นาทีสุดท้ายของแต่ละคาบเรียน 3) วีดิทัศน์บันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้อย่างละเอียด และ 4) ใบกิจกรรมของนักเรียน ที่ผู้วิจัยออกแบบให้สะท้อนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ โดยประเด็นในการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และใบกิจกรรมของนักเรียน ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (content analysis) ตามเกณฑ์รูบริค (rubrics) ที่จำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไม่มีความสามารถ มีความสามารถบางส่วน และมีความสามารถสมบูรณ์ ผู้วิจัยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการประเมินความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater agreement check) กับเพื่อนครูที่มีประสบการณ์สอนชีววิทยาและการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 1 คน ด้วยการสุ่มแบบวัดจำนวน 4 ชุด (ร้อยละ 10 ของแบบวัดทั้งหมด) ให้เพื่อนครูประเมินคำตอบของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ที่สร้างขึ้น โดยต่างคนต่างประเมินอย่างอิสระ จากนั้นนำผลการประเมินของเพื่อนครูมาเปรียบเทียบกับของผู้วิจัยและอภิปรายร่วมกัน จนได้ข้อสรุปที่สอดคล้องกันทั้งหมด โดยในกระบวนการนี้ได้มีการปรับเกณฑ์ใหม่ให้สามารถประเมินคำตอบของนักเรียนทุกคำตอบได้ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์เสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่านเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

ผู้วิจัยวิเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีในการสอน ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบอุปนัย (inductive analysis) เพื่อหารูปแบบ (pattern) การสอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยถอดบทสนทนาจากวีดิทัศน์บันทึกการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนทั้งหมด

เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบการเขียนบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 10 วงจร (จากการจัดการเรียนรู้ทั้งในระยะที่ 1 และ 2) มาใช้พิจารณาความเหมือนของเทคนิควิธีสอนในแต่ละครั้งที่ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบต่าง ๆ โดยพิจารณาร่วมกับระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ของนักเรียนที่ได้จากแบบวัด จากนั้นทำการลงรหัสข้อมูล เสร็จแล้วทำการค้นหารูปแบบที่ปรากฏซ้ำ ๆ ของแนวทางการสอนที่มีความเชื่อมโยงกันในแผนการสอนทั้ง 2 ระยะ ทำเช่นนี้จนกระทั่งได้มาซึ่งแนวทางปฏิบัติที่ดี (best practice) จากนั้นผู้วิจัยตั้งชื่อแนวปฏิบัติที่ดีและเขียนคำบรรยายประกอบ ต่อมาทำการตรวจสอบความขัดแย้งของข้อค้นพบนี้กับข้อมูลดิบทั้งหมดที่มี เมื่อไม่พบความขัดแย้งระหว่างข้อค้นพบนี้กับข้อมูลดิบ จึงนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์อีกครั้ง และทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ได้รับ จนกว่าจะได้มาซึ่งแนวปฏิบัติที่ดีของการสอนตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

ผลการวิจัย

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

จำแนกแยกแยะข้อมูลลงในตาราง ชี้ช่องทางการค้นหารูปแบบ

งานวิจัยนี้พบว่า การนำข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนฝึกทักษะการค้นหารูปแบบมาใส่ในตาราง จะช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบได้มากขึ้น โดยครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล เช่น รูปภาพ ตัวเลข เป็นต้น โดยก่อนเริ่มทำกิจกรรมครูควรมีกิจกรรมกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน เพื่อให้นักเรียนช่วยกันวินิจฉัยข้อมูลที่ต้องการค้นหารูปแบบเพื่อตรวจสอบความเหมือนหรือจุดร่วมของข้อมูล จากนั้นบันทึกผลที่ได้ลงในตารางที่ครูกำหนดให้ โดยช่องตารางประกอบด้วยสิ่งที่เหมือนกัน สิ่งที่แตกต่างกัน หรืออาจเป็นการเรียงลำดับข้อมูลตามลักษณะของข้อมูลนั้น ๆ เช่น การระบุปริมาณสารพิษที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตเรียงตามลำดับการกินในโซ่อาหาร เป็นต้น เสร็จแล้วจึงให้แต่ละกลุ่มนำเสนอและอภิปรายผลการวินิจฉัยที่ได้ร่วมกัน ผ่านการโต้แย้งในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ในชั้นเรียน

ดังที่พบในการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การจัดจำแนกชนิดของเซลล์สิ่งมีชีวิต ที่เป็นกิจกรรมการลงข้อสรุปลักษณะของเซลล์โพรแคริโอต โดยใช้ข้อมูลจากภาพของสิ่งมีชีวิตทั้ง 6 ชนิดที่จัดอยู่ในกลุ่มโพรแคริโอต ที่ผู้วิจัยออกแบบในใบกิจกรรมที่มีตารางที่ช่วยให้นักเรียนจำแนกแยกแยะข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐานที่ใช้ในการโต้แย้งของนักเรียน

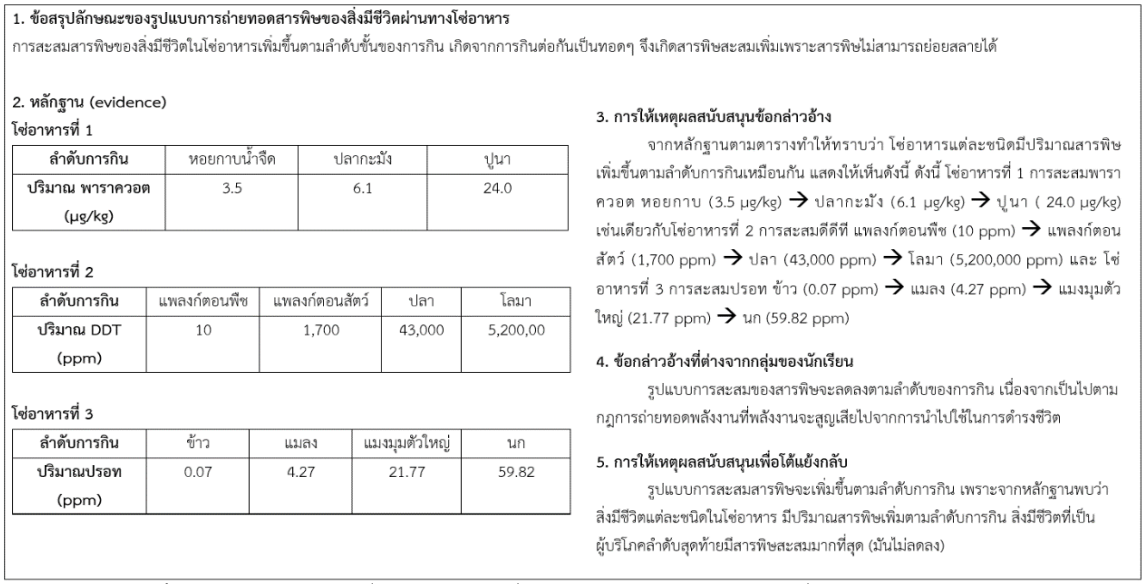
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 87.50 (28 คน) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วน และนักเรียนร้อยละ 12.50 (4 คน) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สมบูรณ์

ผลการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนบางส่วนยังไม่คุ้นชินกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ดังนั้นกิจกรรมการโต้แย้งถึงลักษณะของเซลล์โพรแคริโอต ที่ครูได้ออกแบบใบกิจกรรมที่มีตารางที่ให้นักเรียนเขียนองค์ประกอบที่เหมือนกันในสิ่งมีชีวิตทั้งที่อยู่ในกลุ่มเซลล์โพรแคริโอตทั้ง 6 ชนิด จึงช่วยให้นักเรียนสามารถค้นหารูปแบบลักษณะของโพรแคริโอต ส่วนการโต้แย้งช่วยให้นักเรียนมองเห็นรูปแบบของข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น และข้อมูลจากอนุทินพบว่านักเรียนบางส่วนเห็นว่าครูควรอธิบายและยกตัวอย่างการลงข้อสรุปจากการแยกแยะข้อมูลหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น

ระยะที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การเกิดไบโอแมกนิฟิเคชัน ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสะท้อนคิดของการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มาใช้เป็นแนวทางในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ประเด็นข่าวการห้ามใช้สารเคมีปราบศัตรูพืช (คลอร์ไพริฟอส พาราควอต และไกลโฟเซต) เชื่อมโยงกับเรื่องการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ เพื่อให้นักเรียนทำการโต้แย้งเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับรูปแบบการสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นในโซ่อาหาร ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรมให้มีตารางให้นักเรียนบันทึกปริมาณสารพิษตามลำดับขั้นการกินในโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนจำแนกแยกแยะข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐานที่ใช้ในการโต้แย้งของนักเรียน ดังรูปที่ 2

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (19 คน ร้อยละ 59.38) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ทั้งนี้นักเรียนบางส่วน (13 คน ร้อยละ 40.62) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถบางส่วน แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบได้ดีขึ้น เมื่อเทียบกับการสอนในระยะที่ 1

ผลการสะท้อนคิดของผู้วิจัยในฐานะครู จากการที่นักเรียนได้พิจารณาข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยตนเอง วิเคราะห์แยกแยะข้อมูลลงในตารางทั้ง 3 ตาราง และพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่ม พบว่าช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มของข้อมูลมากขึ้น นอกจากนี้การใช้กิจกรรมการโต้แย้งยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจความสำคัญของการพิจารณาข้อมูลให้รอบด้านก่อนที่จะนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุป อีกทั้งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังกิจกรรมการโต้แย้งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการให้เหตุผลมากขึ้น และให้ความสำคัญกับการพิจารณาข้อมูลให้รอบด้านก่อนลงข้อสรุปมากขึ้น เมื่อเทียบกับแผนการวิจัยในระยะที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบวัดระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ ที่พบว่านักเรียนร้อยละ 96.88 สามารถสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบได้ในระดับสมบูรณ์ แสดงในรูปที่ 4



1. ข้อสรุปลักษณะของรูปแบบการถ่ายทอดสารพิษของสิ่งมีชีวิตผ่านทางโซ่อาหาร

การสะสมสารพิษของสิ่งมีชีวิตในโซ่อาหารเพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นของการกิน เกิดจากการกินต่อกันเป็นทอดๆ จึงเกิดสารพิษสะสมเพิ่มเพราะสารพิษไม่สามารถย่อยสลายได้

2. หลักฐาน (evidence)

โซ่อาหารที่ 1

ลำดับการกิน	หอยกาบน้ำจืด	ปลากะมัง	ปูนา
ปริมาณ พาราควอต (µg/kg)	3.5	6.1	24.0

โซ่อาหารที่ 2

ลำดับการกิน	แพลงก์ตอนพืช	แพลงก์ตอนสัตว์	ปลา	โลมา
ปริมาณ DDT (ppm)	10	1,700	43,000	5,200,00

โซ่อาหารที่ 3

ลำดับการกิน	ข้าว	แมลง	แมงมุมตัวใหญ่	นก
ปริมาณปรอท (ppm)	0.07	4.27	21.77	59.82

3. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

จากหลักฐานตามตารางทำให้ทราบว่า โซ่อาหารแต่ละชนิดมีปริมาณสารพิษเพิ่มขึ้นตามลำดับการกินเหมือนกัน แสดงให้เห็นดังนี้ ดังนี้ โซ่อาหารที่ 1 การสะสมพาราควอต หอยกาบ (3.5 µg/kg) → ปลากะมัง (6.1 µg/kg) → ปูนา (24.0 µg/kg) เช่นเดียวกับโซ่อาหารที่ 2 การสะสมดีดีที แพลงก์ตอนพืช (10 ppm) → แพลงก์ตอนสัตว์ (1,700 ppm) → ปลา (43,000 ppm) → โลมา (5,200,000 ppm) และ โซ่อาหารที่ 3 การสะสมปรอท ข้าว (0.07 ppm) → แมลง (4.27 ppm) → แมงมุมตัวใหญ่ (21.77 ppm) → นก (59.82 ppm)

4. ข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากกลุ่มของนักเรียน

รูปแบบการสะสมของสารพิษจะลดลงตามลำดับของการกิน เนื่องจากเป็นไปตามกฎการถ่ายทอดพลังงานที่พลังงานจะสูญเสียไปจากการนำไปใช้ในการดำรงชีวิต

5. การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ

รูปแบบการสะสมสารพิษจะเพิ่มขึ้นตามลำดับการกิน เพราะจากหลักฐานพบว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในโซ่อาหาร มีปริมาณสารพิษเพิ่มตามลำดับการกิน สิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายมีสารพิษสะสมมากที่สุด (มันไม่ลดลง)

รูปที่ 2 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่มีการใช้ตาราง เพื่อช่วยให้นักเรียนฝึกการสรุปความทั่วไปในการค้นหารูปแบบ

ลำดับประเด็นในการโต้แย้งให้มั่น สำคัญต่อการตั้งสมมติฐานนิรนัย

งานวิจัยนี้พบว่า การโต้แย้งที่เริ่มจากประเด็นการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ตามด้วยการตั้งสมมติฐาน และการใช้ใบกิจกรรมที่มีพื้นที่ให้นักเรียนเขียนความรู้เดิมและบันทึกผลการทดลอง จะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐานนิรนัยมากขึ้น โดยครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทบทวนและแลกเปลี่ยนความรู้เดิมที่จะนำมาใช้ในการ

ทดลอง และบันทึกความรู้เดิมลงในใบกิจกรรม นอกจากนี้ครูควรชี้แจงจุดประสงค์ของทดลองและแสดงแผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองเพื่อให้นักเรียนในกลุ่ม (4-5 คน) ช่วยกันกำหนดตัวแปรและตั้งสมมติฐานนิรนัย โดยเทียบเคียงกับหลักการหรือทฤษฎีที่เคยเรียนรู้มา ก่อนที่จะลงมือทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูล แล้วบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรมให้ชัดเจน โดยครูมีตารางหรือพื้นที่ให้นักเรียนวาดภาพหรือบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรมที่ชัดเจน จากนั้นครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการโต้แย้งของนักเรียน โดยการโต้แย้งเริ่มจากประเด็นกำหนดตัวแปร ตามด้วยประเด็นการตั้งสมมติฐาน และครูกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้เดิมและผลการทดลองที่ได้บันทึกไว้ในใบกิจกรรมมายืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐาน

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาชีววิทยาได้ข้อค้นพบนี้มาจากการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เอนไซม์ในสิ่งมีชีวิต ในประเด็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งนักเรียนได้สังเกตปฏิกิริยาการสลายตัวของสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เมื่อใส่ KI (ตัวเร่งปฏิกิริยา) แล้วแลกเปลี่ยนความรู้เรื่องการทำงานของเอนไซม์ กิจกรรมนี้เน้นให้นักเรียนบันทึกความรู้เดิมในใบกิจกรรม และบันทึกผลการทดลองที่นักเรียนค้นพบลงในใบกิจกรรมที่มีตารางบันทึกอย่างชัดเจน ในส่วนของกิจกรรมการโต้แย้งนั้นครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการโต้แย้ง โดยได้เน้นลำดับประเด็นของการโต้แย้งที่เริ่มจากการกำหนดตัวแปร และการตั้งสมมติฐาน ตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนทำการโต้แย้ง ครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ผลการทดลองที่ได้บันทึกไว้ในใบกิจกรรมเพื่อมาพิสูจน์ยืนยันสมมติฐานนิรนัยที่นักเรียนสร้างขึ้น

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 37.50 (12 คน) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ทั้งนี้นักเรียนบางส่วนร้อยละ 34.38 (11 คน) อยู่ในกลุ่มมีความสามารถบางส่วน เพราะนักเรียนตั้งสมมติฐานได้ และนักเรียนส่วนน้อยร้อยละ 28.12 (9 คน) อยู่ในกลุ่มไม่มีความสามารถ

ผลการสะท้อนคิดจากการที่ครูผู้สอนอธิบายขั้นตอนและแสดงภาพประกอบช่วยให้นักเรียนทำการทดลองได้ถูกต้อง ในส่วนของการโต้แย้งเริ่มจากประเด็นกำหนดตัวแปร และการตั้งสมมติฐาน ตามลำดับ ช่วยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาผลการทดลองและนำความรู้เดิมที่นักเรียนเขียนไว้ในใบกิจกรรมมาใช้ในการโต้แย้ง ในกิจกรรมครั้งถัดไปนักเรียนควรเขียนข้อโต้แย้งกลับก่อนเริ่มการโต้แย้งในใบกิจกรรม นักเรียนจะได้นำไปใช้โต้กลับได้ทันที

ส่วนในระยะที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 การย่อยลิพิด ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการสะท้อนคิดในการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาใช้เป็นแนวทางในการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมแล้วบันทึกความรู้เดิมในใบกิจกรรม จากนั้นนักเรียนได้ฝึกการนำความรู้เดิมมาใช้ระบุตัวแปรในการทดลองและสร้างสมมติฐานนิรนัยที่เป็นไปได้ ทั้งนี้ครูได้ออกแบบใบกิจกรรมให้มีพื้นที่วาดรูปผลการทดลอง มีคำถามให้นักเรียนเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของแต่ละหลอดทดลอง และข้อสรุปผลการทดลอง เพื่อเน้นให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองอย่างครบถ้วน และวิเคราะห์ผลการทดลองที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3

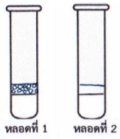
สำหรับกิจกรรมการโต้แย้ง ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และนักเรียนทำหน้าที่เป็นพิธีกรในการดำเนินการโต้แย้ง โดยใช้คำถามที่ครูเตรียมไว้ เพื่อกระตุ้นให้เพื่อน ๆ แสดงเหตุผลประกอบการโต้แย้ง ดังตัวอย่างบทสนทนาที่แสดงไว้ก่อนหน้าในหัวข้อ “แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง” ในวิธีดำเนินการวิจัย ทั้งนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้งไปอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มอีกครั้ง เพื่อแก้ไขสมมติฐานนิรนัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

คำถามที่นำมาสู่การทดลอง : น้ำดีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลิพิดอย่างไร

สมมติฐานนิรนัย : ถ้าน้ำดีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลิพิด ดังนั้นเมื่อใส่น้ำดีลงไปในลิพิดจะทำให้ลิพิดแตกตัว

ตัวแปรต้น : น้ำดี
ตัวแปรตาม : การแตกตัวของลิพิด
ตัวแปรควบคุม : ปริมาณน้ำ, ปริมาณน้ำมันพืช
ความรู้เกี่ยวกับการย่อยอาหารที่นักเรียนนำมาใช้ตั้งสมมติฐานในครั้งนี้
ใช้ความรู้น้ำดีสร้างขึ้นที่ตับ และลำไส้เล็กเกี่ยวกับการย่อยลิพิด

2. หลักฐาน



น้ำดีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันพืชอย่างไร
น้ำดีจะทำให้น้ำมันพืชแตกตัวออกเป็นหยดเล็กลง

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสองเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
แตกต่างกัน หลอดที่ 1 น้ำมันพืช(ลิพิด)แตกตัวเป็นหยดเล็กๆ
หลอดที่ 2 น้ำมันพืชเป็นหยดที่ใหญ่กว่า
เหมือน หลอดที่ 1, 2 น้ำมันพืชแยกชั้นกับน้ำเหมือนกัน

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง : จากการทดลองทำให้ทราบว่า หลอดที่ 1 ทำให้ลิพิดแตกตัวเป็นหยดเล็กลง หลอดที่ 2 ที่ไม่ได้ใส่น้ำดี ลิพิดมีอนุภาค(หยด)ที่ใหญ่กว่า เพราะฉะนั้น น้ำดีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลิพิดจริง

1. การทดลองสมบัติของน้ำดีสามารถยืนยันสมมติฐานที่ตั้งขึ้นได้หรือไม่ (ข้อโต้แย้งชั่วคราว):
☑ ได้ ☐ ไม่ได้

3. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนี้ (การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)
เพราะหลอดที่ 1 ที่ใส่น้ำดีน้ำมันจะแตกตัวมีขนาดเล็กลง แต่หลอดที่ 2 ที่ไม่ได้ใส่น้ำดี น้ำมันไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับสมมิฐานที่ว่าน้ำดีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลพิด ดังนั้น เมื่อใส่น้ำดีลงไปในลิพิดจะทำให้ลิพิดแตกตัว

4. ข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากกลุ่มของนักเรียน
หลอดที่ 1 และ หลอดที่ 2 หยดน้ำมันมีขนาดเท่ากัน

5. การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อโต้แย้งกลับ
ผิด เพราะ จากการทดลองทำให้ทราบว่าหลอดทดลองที่ 1 ที่ใส่น้ำดีจะส่งผลให้หยดน้ำมันแตกตัวเล็กลง ฉะนั้นหลอดทดลองที่ 1 และ 2 มีหยดน้ำมันขนาดไม่เท่ากัน

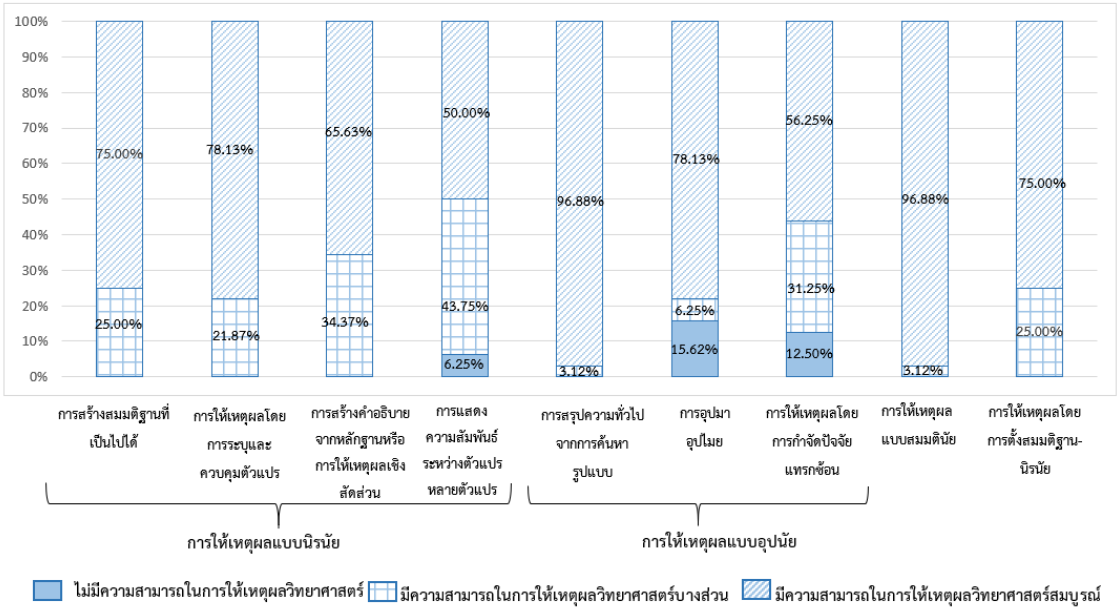
รูปที่ 3 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่มีพื้นที่ให้นักเรียนได้เขียนความรู้เดิมและมีพื้นที่บันทึกผลการทดลองที่ชัดเจน

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรม พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 62.50 (20 คน) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ ทั้งนี้นักเรียนบางส่วนร้อยละ 37.50 (12 คน) มีความสามารถบางส่วน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐานนิรนัยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ผลการสะท้อนคิดจากการที่นักเรียนทบทวนความรู้เดิมและบันทึกลงในใบกิจกรรม พบว่าช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานนิรนัยได้มากยิ่งขึ้น ส่วนการใช้ใบกิจกรรมที่มีพื้นที่ให้นักเรียนวาดรูปผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและคำถามเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของผลการทดลองในแต่ละหลอดทดลอง พบว่าช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำผลการทดลองไปใช้ประกอบการให้เหตุผลเพื่อยืนยันสมมติฐานที่สร้างขึ้น ทั้งนี้การโต้แย้งที่เริ่มจากประเด็นการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ และตามด้วยการตั้งสมมติฐาน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนส่วนใหญ่ใช้สร้างสมมติฐานนิรนัยได้ถูกต้องมากขึ้น เมื่อเทียบกับแผนการวิจัยในระยะที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้ ที่พบว่านักเรียนร้อยละ 75.00 สามารถให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย ได้ในระดับสมบูรณ์ แสดงในรูปที่ 4

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระดับความสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่ม มีความสามารถสมบูรณ์ ไล่เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ (ร้อยละ 96.88) การให้เหตุผลแบบสมมติบัย (ร้อยละ 96.88) การสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ (ร้อยละ 96.88) การระบุและควบคุมตัวแปร (ร้อยละ 78.13) การอุปมาอุปไมย (ร้อยละ 78.13) การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ (ร้อยละ 75.00) และการให้เหตุผลโดยการตั้งสมมติฐานนิรนัย (ร้อยละ 75.00) ตามลำดับ อย่างไรก็ดี งานวิจัยนี้พบว่าองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนพัฒนาได้น้อย ได้แก่ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัวแปร การให้เหตุผลโดยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อน และการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานหรือการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน ตามลำดับ

สรุปและการอภิปรายผล

ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งที่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ได้แก่ 1) จำแนกแยกแยะข้อมูลลงในตาราง ชี้ช่องทางการค้นหารูปแบบ คือการนำข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการค้นหารูปแบบมาจำแนกแยกแยะแล้วจัดแสดงข้อมูลนั้นในรูปแบบตาราง จากนั้นจึงทำกิจกรรมการโต้แย้งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบได้ และ 2) ลำดับประเด็นในการโต้แย้งให้มั่น สำคัญต่อการตั้งสมมติฐานนิรนัย คือการโต้แย้งที่เริ่มจากประเด็นกำหนดตัวแปร ตามด้วยประเด็นการตั้งสมมติฐาน โดยใช้แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดลองและความรู้ที่นักเรียนได้เรียนมา ช่วยพัฒนาการให้เหตุผลด้านการตั้งสมมติฐานนิรนัย นอกจากนี้การใช้ใบกิจกรรมที่ประกอบด้วยพื้นที่ในการแสดงความรู้เดิมของนักเรียน และพื้นที่ในการบันทึกผลการทดลองที่ชัดเจน จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำผลการทดลองไปใช้ยืนยันสมมติฐานที่สร้างขึ้นได้

ผลของงานวิจัยนี้ยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีความสามารถในด้านการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบสมบูรณ์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ นลินี สอนชา (2561) ที่พบว่าหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ยังมีนักเรียนเกือบครึ่งไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่

มีความสามารถในด้านการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบสมบูรณ์ ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้งานวิจัยนี้แตกต่างจากผลการวิจัยก่อนหน้า อาจเนื่องมาจากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนแต่ละคนได้จำแนกแยกแยะ และจัดแสดงข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ลงในตารางแสดงข้อมูล เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านการสรุปความทั่วไปจากการค้นหารูปแบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2019) ที่พบว่ารูปแบบการนำเสนอข้อมูลและวิธีการนำเสนอข้อมูลส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยของนักเรียน

ผู้วิจัยพบว่าหลังเรียนด้วยกิจกรรมสืบเสาะที่มีการโต้แย้งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่สมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากนักเรียนใช้ใบกิจกรรมที่ประกอบด้วยพื้นที่ในการแสดงความรู้เดิมของนักเรียน และพื้นที่ในการบันทึกผลการทดลองที่ชัดเจน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำผลการทดลองไปใช้เพื่อยืนยันสมมติฐานที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าการที่นักเรียนจะสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีมากขึ้น เมื่อนักเรียนมีความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์ที่มากเพียงพอในการนำมาใช้ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010) และอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งเปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มได้ช่วยกันทำการทดลอง และรวบรวมข้อมูลที่นำมาใช้ในการโต้แย้ง จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภคพร อิสระ และอลิศรา ชูชาติ (2558) ที่พบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติฝึกฝน มีส่วนร่วมในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา รวมทั้งมีการโต้แย้งโดยใช้หลักฐานและข้อโต้แย้ง

การจัดกิจกรรรมการโต้แย้งที่เริ่มจากประเด็นกำหนดตัวแปรและการตั้งสมมติฐาน ที่พบในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับ นลินี สอนชา (2561) ที่พบว่าในการโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐานและการกำหนดตัวแปรที่นักเรียนใช้ในการทดลองจริง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรได้ แต่สิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้แตกต่างออกไปคือ การโต้แย้งเพื่อสร้างสมมติฐานนิรนัยในงานวิจัยให้ความสำคัญกับลำดับขั้นตอนของการโต้แย้งที่เริ่มจากประเด็นการกำหนดตัวแปรแล้วตามด้วยประเด็นการตั้งสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับ ชญากานต์ ส่วนบุญ (2562) ที่ศึกษาเส้นทางการเรียนรู้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพบว่าลักษณะเส้นทางการเรียนรู้ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้านนิรนัย จะเริ่มจากการระบุและควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้และการสรุปความตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากนักเรียนเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (พิชญา ศิลาม่อน, 2561; ภคพร อิสระ และอลิศรา ชูชาติ, 2558) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากการที่กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้งเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม (กลุ่มละ 4-5 คน) เป็นผู้รวบรวมข้อมูล แล้วนำไปอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว นอกจากนี้ในขั้นการโต้แย้ง นักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นที่หลากหลายและโต้แย้งถึงความน่าเชื่อถือหรือการยอมรับข้อกล่าวอ้างโดยพิจารณาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการโต้แย้ง ทั้งนี้ครูและนักเรียนยังร่วมกันอธิปรายข้อสรุปที่ได้จากการโต้แย้งและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และนักเรียนยังได้ปรับแก้ข้อกล่าวอ้างเพื่อให้สามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้นให้ดีที่สุด (Sampson & Schleigh, 2013) สอดคล้องกับ Berne (2014) ที่ศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียน ที่พบว่าการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมมีความเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ของ

นักเรียนที่เกิดขึ้นในขณะแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกิจกรรมการโต้แย้ง และยังพบว่ากิจกรรมการโต้แย้งช่วยพัฒนาการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียนได้ดีกว่าการแลกเปลี่ยนความคิดที่ปราศจากการโต้แย้ง

ข้อเสนอแนะ

1. จากแนวปฏิบัติที่ดีของงานวิจัยนี้ที่พบว่าการจำแนกแยกแยะข้อมูลลงในตาราง ชี้ช่องทางการค้นหารูปแบบและลำดับประเด็นในการโต้แย้งให้มั่น สำคัญต่อการตั้งสมมติฐานนิรนัย แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบต้องใช้รูปแบบกิจกรรมที่แตกต่างกัน ฉะนั้นครูควรออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลได้ดียิ่งขึ้น

2. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต้องอาศัยความรู้เดิมและหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมทบทวนความรู้เดิม การสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตผ่านแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มมีส่วนร่วมในการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ เพื่อใช้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อไป

3. นักเรียนบางส่วนยังไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง ครูจึงควรอธิบายองค์ประกอบของการโต้แย้ง แสดงตัวอย่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และสาธิตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถโต้แย้งได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ประกอบการให้เหตุผล และสร้างบรรยากาศการโต้แย้งที่ไม่ตึงเครียด เพื่อเปิดพื้นที่ให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ภายใต้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

บรรณานุกรม

ชญากานต์ ส่วนบุญ. (2562). *การพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชานนท์ คำปิวทา, ธิติยา บงกชเพรช, และปราณี นางงาม. (2561). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างข้อโต้แย้ง เรื่อง ระบบย่อยอาหาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน, 12*(1), 56-71.

นลินี สอนชา. (2561). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการโต้แย้ง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชญา ศิลาม่อน. (2561). *ผลการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภคพร อิสระ, และอลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้การสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิ. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 10*(2), 249-260.

Bao, L., Cai, T., Koeing, K. M., Fang, K., & Wang, J. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science, 323*(5914), 586-587.

Berne, B. (2014). Progression in ethical reasoning when addressing socio-scientific issues in biotechnology. *International journal of science education, 36(*17), 2958-2977.

Fabby, C., & Koenig, K. (2015). Examining the relationship of scientific reasoning with physics problem solving. *Journal of STEM education, 16*(4), 20-26.

Feist, G. J. (2006). How development and personality influence scientific thought interest, and achievement. *Review of general psychology, 10*(2), 163-182.

Inoue, N. (2015). *Beyond action: Psychology of action research for mindful educational improvement.* New York: Peter Lang publishing.

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of research in science teaching, 22*(7), 569-617.

Lawson, A. E. (2000). *Lawson classroom test of scientific reasoning*. Retrieved May 2, 2019, from

---------. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry?. *Journal of research in science teaching, 44*(7), 716–740.

---------. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science education, 94*(2), 336-364.

Lawson, C. A. (2019). The impact of sequential and simultaneous presentation of evidence on diversity based reasoning in preschoolers and adults. *Cognitive development, 52*, 1-13.

National Research Council. (2001). *Educating teachers of science, mathematics, and technology: New Practices for the new millennium*. Washington, DC: The national academies press.

Osborne, J. F., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *Argumentation, 41*(10), 994-1020.

Overholser, J. C. (1993). Elements of the Socratic method: II. *Inductive reasoning, 30*, 75-85.

Sampson, V. , & Schleigh, S. (2013). *Scientific argument in biology: 30 classroom activities.* USA: National Science Teacher Association.

Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of research in science teaching, 47*(9)*,* 1064–1093.

Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental review*, *27*, 172–223.

Translated Thai References

Issara, P., & Chuchat, A. (2015). Effects of using an argument-driven inquiry instructional model with cooperative learning techniques on chemistry learning achievement and scientific reasoning abilities of upper secondary school students in the regional science schools. *An online journal of education, 10*(2), 249-260. [in Thai]

Kampiwtha, C., Bongkotphet, T., & Nangngam, P. (2018). The development of scientific reasoning ability through the generate an argument instructional model in digestive system topic for 10th grade students. *Journal of Rangsit University: Teaching & Learning, 12*(1)*,* 56-71. [in Thai]

Silamom, P. (2018). *Effects of socioscientific issues based-learning on scientific reasoning abilities of lower secondary school students*. (Master's Thesis). Chulalongkorn University. Bangkok. [in Thai]

Soncha, N. (2018). *The development of grade tenth students' scientific reasoning ability though argument-driven inquiry*. (Master's Thesis). Kasetsart University. Bangkok. [in Thai]

Suanboon, C. (2019). *The Development of learning progressions for grade 11 Students' scientific reasoning through adaptive instruction.* (Master's Thesis). Kasetsart University. Bangkok. [in Thai]