การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการรายวิชาเคมี ที่มีต่อการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาวิณี จันทร์หอม และร่มเกล้า จันทราษี*
*สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอกการสอนเคมีระดับมัธยมปลาย
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
*Email: romklao@kku.ac.th
Received : Dec 18, 2018 **Revised** : Mar 11, 2019 **Accepted** : Jun 20, 2019

บทคัดย่อ

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการสร้าง คัดค้าน และพัฒนาข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนซึ่งนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในปฏิบัติการทดลองรายวิชาเคมีครูจำเป็นต้องใช้สถานการณ์คำถามเพื่อนำไปสู่ประเด็นการโต้แย้งนักเรียนควรได้รับโอกาสในการลงมือทำการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบของคำถามที่สนับสนุนด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ นอกจากนี้การสื่อสารระหว่างกลุ่มของนักเรียนที่มีแนวคิดที่ต่างกันจะนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้องร่วมกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในปฏิบัติการรายวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 31 คน กำลังศึกษาที่โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น แบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นำมาใช้เป็นแหล่งข้อมูลหลักในการประเมินทั้งก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นจากระดับพอใช้เป็นระดับดีมาก มากไปกว่านั้นนักเรียนสามารถพัฒนาทุกองค์ประกอบการโต้แย้ง ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการเคมีเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่สามารถพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

คำสำคัญ : การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์, ปฏิบัติการเคมี, การเรียนรู้แบบสืบเสาะ

Grade 11 students 'scientific argumentation learned using argument-driven inquiry in chemistry laboratory

Pawinee Janhom and Romklao Jantrasee*

*Science and Technology Education, Faculty of Education, Khon Kaen University

*Email: romklao@kku.ac.th

Abstract

Scientific argumentation is an ability to construct, oppose and improve the claim with supportive evidence and reasoning as means of leading to acceptable knowledge creation. To help students learn scientific argumentation in chemistry laboratory, a teacher needs to pose situational question which bring about the argumentation issue. Students are provides with an opportunity to do an experiment to answer a question which are supported by empirical evidence. In addition, communication between groups of students who have different ideas can lead students to draw a correct conclusion together. The purpose of this study was to examine students' scientific argumentation in chemistry laboratory learned using argument-driven inquiry. The participants were 31 grade 11 students who studying in a school in Khon Kaen. The scientific argumentation test was used as main data source to assess as pretest and posttest. Results showed that most students could improve their scientific argumentation level from fair to excellent level. Moreover, they also developed all components of scientific argumentation; claim, evidence, counter claim, and supportive argumentation. In conclusion, argument-driven inquiry in chemistry laboratory which is an instructional model could improve scientific argumentation.

Keywords: Scientific argumentation, Chemistry laboratory, Inquiry learning

บทนำ

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่สำคัญของคุณลักษณะความเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientifically literate person) ซึ่ง Bybee (2008) และ Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD (2006) ได้กล่าวว่าผู้รู้วิทยาศาสตร์คือผู้ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์และลงมือสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เพื่อใช้ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในหลากหลายด้าน ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงต้องการให้นักเรียนมีทักษะในการโต้แย้งประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐานที่ชัดเจน โดยที่ครูควรพิจารณาไตร่ตรองและปรับเปลี่ยนวิธีการสอนของตนเองเพื่อเตรียมนักเรียนให้มีคุณลักษณะตามที่ได้คาดหวังไว้ ในปัจจุบันการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) ของนักเรียนในทุกระดับการศึกษาทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมายังแสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมการโต้แย้งเป็นหนึ่งในแนวโน้มหลักของการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่อีกด้วย (Erduran, Ozdem, & Park, 2015)

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีนักวิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายประการดังนี้ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าคืออะไร (Cavagnetto, 2010) อีกทั้งช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เนื่องจากนักเรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองซึ่งถือว่าเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายเพื่อนำไปสู่การสรุปองค์ความรู้และนำเสนอองค์ความรู้ของตนแก่ผู้อื่น เป็นการส่งเสริมการรู้คิดของนักเรียนเพราะนักเรียนจะต้องตระหนักอยู่เสมอว่าตนเองกำลังคิดหรือทำสิ่งใด (Dawson, 2010) ในส่วนขั้นตอนของการโต้แย้งหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นเมื่อนักเรียนพบว่าผู้อื่นแสดงความไม่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างของตนจะเป็นการฝึกให้นักเรียนยอมรับและฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่แตกต่างออกไปซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีคุณลักษณะการสื่อสารและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Sampson & Walker, 2013) ประโยชน์อีกประการหนึ่งเมื่อนักเรียนทำการนำเสนอองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตนแก่ผู้อื่นครูผู้สอนจะสามารถรับรู้แนวคิดของนักเรียนและหาแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นซึ่งเป็นการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเข้าใจ อีกทั้งการสร้างองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือของนักเรียนที่ใช้ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนองค์ความรู้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเป็นบุคคลที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล (Jantarakantee, 2016)

สำหรับแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนคือการบูรณาการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ในบริบทของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Cavagnetto, 2010) ด้วยการใช้สถานการณ์หรือคำถามในการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดการสืบเสาะหาองค์ความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Walker et al. (2010) พบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง (Argument Driven Inquiry: ADI) เป็นวิธีการสอนหนึ่งที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาวิธีการสำรวจและค้นหาข้อมูลในการตอบคำถามหรืออธิบายเพื่อสะท้อนแนวคิดของตนจากการลงมือปฏิบัติการทดลองโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการ

โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นการทบทวนองค์ความรู้ที่ตนสร้างขึ้นเนื่องจากนักเรียนได้รับโอกาสในการนำหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาใช้พิจารณาความถูกต้องและความเพียงพอในการสนับสนุนสร้างข้อกล่าวอ้างพร้อมกับทั้งแสดงหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือ (Suppe, 1998) นอกจากนี้นักเรียนสามารถเสนอข้อโต้แย้ง ให้เหตุผลประกอบการโต้แย้งและช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Chaimongkol, Chanunan, & Klamtet, 2017; Issara & Chuchat, 2015)

แต่จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งที่ผ่านมาพบว่าขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวประกอบด้วยหลายขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุภาระงาน 2) การสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) กิจกรรมการโต้แย้ง และ 5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Sampson & Walker, 2013) ซึ่งอาจส่งผลให้ระยะเวลาในแต่ละขั้นไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สำหรับขั้นตอนที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้คือขั้นของการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Chen, Wang, Lu, & Hong, 2016) เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มนำไปสู่การรับฟังความคิดเห็นและมุมมองของผู้อื่น เป็นช่วงเวลาที่นักเรียนได้ฝึกการคิดตัดสินใจในการยอมรับหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างของผู้อื่นเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของตน (Jantarakantee, 2016) ดังนั้นครูผู้สอนควรให้ความสำคัญแก่ขั้นตอนของการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนเพราะจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนให้มากขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้ความสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะส่งเสริมให้เกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในบริบทของการสืบเสาะหาความรู้คือการจัดประสบการณ์จากการปฏิบัติการทดลองให้กับนักเรียน โดยเฉพาะในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีให้มีประสิทธิภาพนั้นครูควรให้นักเรียนได้ลงมือทำปฏิบัติการทดลอง (Tuba & Sedat, 2015; Dukerich, 2015; Kulatunga, Moog, & Lewis, 2013) ฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการทำปฏิบัติการทดลอง ได้วิเคราะห์ ตีความหมายข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานแล้วเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบเพื่อให้เกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Chaimongkol et al., 2017) โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สามารถสะท้อนกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อหาคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การทดสอบสมมติฐานและแก้ไขปัญหาอยู่บนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลต่าง ๆ แต่จากการสอบถามครูผู้มีประสบการณ์การสอนเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการสอนปัญหาที่มักพบคือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะในชั้นเรียนส่วนใหญ่ไม่สะท้อนถึงลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงโดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนในหนังสือเรียนหรือคู่มือปฏิบัติการเท่านั้นและแม้ว่าห้องปฏิบัติการเคมีของโรงเรียนจะมีวัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ค่อนข้างครบและพร้อมต่อการใช้งานนักเรียนก็ยังไม่ได้ลงมือสืบเสาะอย่างเต็มที่เพื่อค้นหาคำตอบและลงข้อสรุปจากการปฏิบัติการทดลองทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนยังไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง (Chinn & Malhotra, 2002) อีกทั้งนักเรียนในห้องที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนยังไม่เคยเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งมาก่อน

จากสภาพปัญหาที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดการเรียนการรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการทดลองรายวิชาเคมีกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยจะออกแบบให้นักเรียนมีเวลาในขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวภายในกลุ่มของนักเรียนมากขึ้นเพื่อปรับให้เหมาะสมกับบริบทของห้องเรียนและเวลาในคาบเรียนปฏิบัติการทดลองของโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอน อีกทั้งคู่มือทำการทดลองที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญและข้อควรระวังในการทำปฏิบัติการเท่านั้น ผลจากการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกออกแบบการทดลองส่วนใหญ่และลงมือทำปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทดสอบความถูกต้องของสมมติฐาน รวมทั้งการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยในระหว่างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนจะได้เรียนรู้มุมมองที่หลากหลายจากการเสนอข้อกล่าวอ้างของตนและบุคคลอื่นที่สนับสนุนโดยใช้หลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้ การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง เพื่อที่จะปฏิเสธหรือยอมรับข้อกล่าวอ้างของนักเรียนคนอื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นอีกหนทางที่จะพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการทดลองรายวิชาเคมี

วิธีการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณใช้การวิจัยแบบไม่เข้าขั้นทดลอง (Pre-experimental designs) ใช้รูปแบบการวิจัยทดลองกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pre-test post-test design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปฏิบัติการทดลองในรายวิชาเคมีโดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบและแบบบันทึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เลือกแบบเจาะจงโดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 31 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่นซึ่งผู้วิจัยรับผิดชอบสอนและนักเรียนไม่เคยเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งมาก่อน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง ซึ่งผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะความรู้ในปฏิบัติการเคมีซึ่งปรับมาจากแนวคิดของ Walker et al. (2011) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุภาระงาน 2) การสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้ง

ชั่วคราว 4) กิจกรรมการโต้แย้ง และ 5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีทั้งหมด 4 แผน แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งที่ใช้ในปฏิบัติการทดลองรายวิชาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ปฏิบัติการทดลองเรื่อง	เวลา (นาที)
1	การละลายของสารประกอบของธาตุหมู่ IA และ IIA	50
2	ปฏิกิริยาของโซเดียม แมกนีเซียม และอะลูมิเนียมกับน้ำ	50
3	การศึกษาสมบัติของสารประกอบของโครเมียมและแมงกานีส	100
4	การศึกษาสมบัติของธาตุเพื่อหาตำแหน่งในตารางธาตุ	100

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยออกแบบให้แบบทดสอบแต่ละข้อเป็นสถานการณ์การทดลองทั้งหมดจำนวน 4 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ 1) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี 2) ครูประจำการที่มีความชำนาญในการสอนรายวิชาเคมี และ 3) อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและตรวจสอบความเหมาะสมของแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินคือแบบทดสอบมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยผู้วิจัยมีแนวคิดในการใช้เนื้อหาในแบบทดสอบเกี่ยวกับวิชาเคมีทั่วไปในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งไม่อ้างอิงเนื้อหาที่ใช้สอนในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งที่สนับสนุนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น การเสนอข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนคำตอบของตน การเสนอข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งในการตอบแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

4.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ล่วงหน้าก่อนการจัดการเรียนรู้ 1 สัปดาห์ โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

4.2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการรายวิชาเคมี เรื่อง สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ทั้งสิ้นจำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบบันทึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการทำการทดลองเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม

4.3 หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการรายวิชาเคมีครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดิม

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบ โดยการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยปรับองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาจากแนวคิดของ Lin and Mintzes (2010) ที่พัฒนา ปรับปรุงให้มีความชัดเจนซึ่งง่ายต่อการประเมินโดยทุกองค์ประกอบมีความเชื่อมโยงกัน แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ

คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim), หลักฐาน (Evidence), ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counter arguments) และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง (Supportive arguments) และทำการวิเคราะห์ระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Alexandra (2008) โดยระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง และไม่เกิดการโต้แย้ง ซึ่งเกณฑ์การประเมินดังแสดงใน ตารางที่ 1

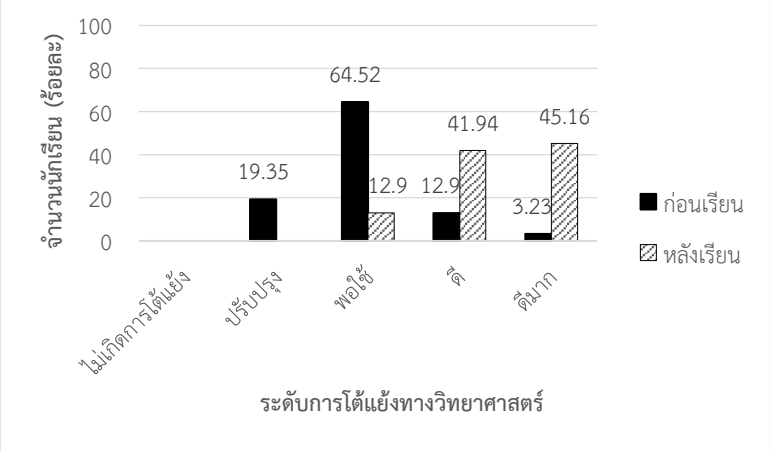
ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมิน
ดีมาก	ให้ข้อกล่าวอ้างได้พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบโดยใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองอย่างครบถ้วนในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือ
ดี	ให้ข้อกล่าวอ้างได้และเหตุผลประกอบถูกต้องบางส่วนโดยใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งถูกต้องบางส่วน
ระดับพอใช้	ให้ข้อกล่าวอ้างได้ ใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองบางส่วนในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่เหตุผลประกอบไม่น่าเชื่อถือและให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์บางส่วน
ปรับปรุง	ให้ข้อกล่าวอ้างได้โดยไม่ใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองหรือใช้บางส่วนในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง บอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้แต่ไม่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์
ไม่เกิดการโต้แย้ง	ไม่สามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้และไม่ใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อีกทั้งไม่สามารถบอกข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากแบบทดสอบทั้งหมด 4 ข้อ และหาร้อยละระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง ผลจากการศึกษาดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงร้อยละของระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ก่อน-หลังเรียนด้วย ADI (n = 31)



จากภาพที่ 1 พบว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ คือ ร้อยละ 64.52 (จำนวน 20 คน) และในระดับปรับปรุง ร้อยละ 19.35 (จำนวน 6 คน) ระดับดี ร้อยละ 12.90 (จำนวน 4 คน) และระดับดีมาก ร้อยละ 3.23 (จำนวน 1 คน) ตามลำดับ แต่หลังเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งพบว่าระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่พัฒนามาอยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 45.16 (จำนวน 14 คน) ระดับดี ร้อยละ 41.94 (จำนวน 13 คน) ระดับพอใช้ ร้อยละ 12.90 (จำนวน 4 คน) และพบว่าไม่มีนักเรียนคนใดมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง ผลการวิจัยนี้แสดงว่าการจัดการเรียนการรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งช่วยพัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น โดยพิจารณาจากคุณภาพของการตอบคำถามในแบบทดสอบแต่ละข้อของนักเรียน

สำหรับรายละเอียดระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการตอบคำถามในแบบทดสอบตามระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีร้อยละสูงสุดไปต่ำสุด ได้แก่ ระดับพอใช้ (ร้อยละ 64.52) ระดับปรับปรุง (ร้อยละ 19.35) ระดับดี (ร้อยละ 12.90) และระดับดีมาก (ร้อยละ 3.23) ตามลำดับดังนี้

ระดับพอใช้ ดังตัวอย่างนักเรียนคนที่ 5 ในการตอบคำถามแบบทดสอบข้อที่ 2 ซึ่งเป็นการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติของเหล็กโดยแบบทดสอบมีตารางข้อมูลเปรียบเทียบสมบัติ คือ ลักษณะผิว สี และความแข็งแรงของเหล็กกับเหล็กที่เกิดสนิม แต่เนื่องจากเหล็กเป็นโลหะทรานซิชันที่มีความแข็งแรงมากดังนั้นจึงให้ข้อสรุปในแบบทดสอบว่า “การเกิดสนิมของเหล็กนั้น เหล็กจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี” โดยการให้ข้อกล่าวอ้างคือการเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปในแต่ละการทดลอง ซึ่งนักเรียนคนดังกล่าวให้ข้อกล่าวอ้างว่า *“ไม่เห็นด้วย เพราะหลังจากที่เหล็กเกิดสนิม ก็ทำให้ลักษณะหลายอย่างของเหล็กเปลี่ยนไปด้วย”* จากข้อกล่าวอ้างพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องได้ แต่การอภิปรายเหตุผลประกอบยังไม่ชัดเจนและสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน โดยนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังนี้ *“ผิวและความมันวาว สี ความแข็งแรง เมื่อเกิดสนิม ก็ทำให้เหล็กมีคุณสมบัติตรงข้ามกันหมด”* จากหลักฐานดังกล่าวนักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบในการตอบคำถามได้แต่ยังขาดความชัดเจนและขาดการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์ การให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป คือการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างเดิมของตน โดยนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปคือ *“อะตอมเหล็กไม่เปลี่ยนแปลงทางเคมี แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ประจุของเหล็กจึงทำให้โครงสร้างของเหล็กเปลี่ยนไป”* จากข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้ แต่การให้เหตุผลยังไม่น่าเชื่อถือและยังไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งคือการให้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน นักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งดังนี้ *“เหล็กมีสนิมเกิดจากความไม่ปกติของโครงสร้างอะตอมของเหล็ก เนื่องจากรับอากาศบ่อยและชื้นเกินไป จึงทำให้โครงสร้างอะตอมเปลี่ยนไป”* จากการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลเพิ่มเติมในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์แต่ยังพบว่าขาดการอภิปรายรายละเอียดของเหตุผลประกอบ

ระดับปรับปรุง ตัวอย่างนักเรียนคนที่ 4 ในการตอบคำถามแบบทดสอบข้อเดิม นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างว่า *“เห็นด้วย เพราะเหล็กเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไม่เปลี่ยนแปลงอย่างอื่น”* จากข้อกล่าวอ้างพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างและการอภิปรายเหตุผลประกอบได้ แต่ยังไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนให้หลักฐาน

สนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังนี้ *“ผิวเรียบมันวาวกลายเป็นผิวขรุขระและไม่มันวาว, ผิวมีสีเงินกลายเป็นผิวสีน้ำตาล และแข็งหักยากกลายเป็นเปราะแตกหักง่าย แต่ท้ายที่สุดมันก็คือเหล็กเพียงแค่มีสนิม”* พบว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานที่เป็นข้อมูลจากแบบทดสอบในการยืนยันคำตอบได้ซึ่งสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างตนแต่ยังไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปคือ *“คิดว่าเหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี”* พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่ยังขาดการให้เหตุผลเพิ่มเติมให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งคือ *“นำความรู้ของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพกับเคมีเพื่อดูความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลง”* พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งของตนได้แต่พบว่ายังขาดการอธิบายรายละเอียดตามหลักทางวิทยาศาสตร์

ระดับดี ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบทดสอบข้อเดิมของนักเรียนคนที่ 21 นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างว่า *“ไม่เห็นด้วย เพราะถ้าเหล็กเกิดสนิมจะเปราะและแตกหักง่าย แสดงว่าอะตอมของเหล็กยึดเกาะกันด้วยโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอะตอม และการที่ผิวขรุขระนั้นอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอะตอม”* พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้และมีเหตุผลประกอบที่ถูกต้องน่าเชื่อถือโดยให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังนี้ *“ผิวของเหล็กที่เรียบมันวาวแต่เมื่อเกิดสนิมจะขรุขระไม่มันวาว ความแข็งและหักยากของเหล็กแต่เมื่อเกิดสนิมจะแตกหักง่าย”* แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานบางส่วนจากแบบทดสอบในการยืนยันคำตอบของตน ซึ่งนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปคือ *“ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของอะตอมแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ภายนอก”* จะเห็นว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่ยังขาดการอธิบายเหตุผลประกอบให้มีความน่าเชื่อถือ และนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งดังนี้ *“การแตกหักง่ายและเปราะเกิดจากอะตอมที่ยึดเหนี่ยวกันไม่แข็งแรง”* จะเห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้แต่ยังถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน

ระดับดีมาก ตัวอย่างการตอบแบบทดสอบข้อเดิมของนักเรียนคนที่ 13 นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างว่า *“ไม่เห็นด้วย เพราะการที่สูตรโมเลกุลของ Fe เปลี่ยนไปเป็น Fe_2O_3 ก็หมายความว่าอะตอมต่าง ๆ ได้มีการเปลี่ยนการจัดเรียงตัว รวมถึงอาจจะมีการสลายพันธะเดิมสร้างพันธะใหม่ ดังนั้นการสรุปว่าอะตอมของเหล็กไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจึงถือว่าผิด”* พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและมีการให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือเป็นไปตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนคือ *“จากการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ด้านดังตาราง พบว่าสมบัติทางเคมีของ Fe จากเดิมได้เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด เป็นเพราะการเปลี่ยนแปลงอะตอม โครงสร้างต่าง ๆ ”* พบว่านักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองในแบบทดสอบสนับสนุนคำตอบของตนให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ซึ่งนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปว่า *“การที่ตารางบอกลักษณะที่เปลี่ยนไป ไม่ได้เป็นเพราะอะตอมของเหล็กเปลี่ยนแปลง แต่เป็นเพราะน้ำและแก๊สที่เข้ามาทำปฏิกิริยา ไม่ได้เกี่ยวกับอะตอมของเหล็ก”* จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและให้เหตุผลประกอบได้น่าเชื่อถือ โดยนักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งดังนี้ *“การเกิดปฏิกิริยาคือการสร้างสารใหม่หรือสลายสารเดิม นั่นหมายความว่าต้องมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและอะตอมของสารอย่างแน่นอน”* แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งของตนได้ซึ่งถูกต้องน่าเชื่อถือตามหลักทางวิทยาศาสตร์

หลังเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง เมื่อพิจารณาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบฉบับเดิม พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาระดับ การโต้แย้งทาง

วิทยาศาสตร์ โดยระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 45.16) ระดับดี (ร้อยละ 41.94) และระดับพอใช้ (ร้อยละ 12.90) ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระดับดีมาก ดังตัวอย่างนักเรียนคนที่ 15 ในการตอบคำถามแบบทดสอบข้อที่ 3 ซึ่งกำหนดการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวสารที่เกิดจากพันธะไอออนิก โควาเลนต์ และโลหะ ซึ่งในแบบทดสอบกล่าวว่าเพชรเป็นสารประกอบโควาเลนต์และใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวสูง ดังนั้นจึงให้ข้อสรุปว่า “สารประกอบโควาเลนต์ทุกชนิดจะมีความแข็งแรงและมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่สูง” โดยนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างว่า “*ไม่เห็นด้วย เพราะพันธะโควาเลนต์มีหลายชนิด และพันธะโควาเลนต์ของเพชรก็เป็นชนิดหนึ่งที่มีความพิเศษคือเป็นโครงผลึกร่างตาข่าย ซึ่งแข็งแรงกว่ารูปแบบธรรมดามาก จึงไม่สามารถนำมาเป็นข้อสรุปของสารที่เกิดจากพันธะโควาเลนต์ทั้งหมดได้*” จากข้อกล่าวอ้างพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องมีการให้เหตุผลประกอบที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังนี้ “*ข้อมูลในตารางของ น้ำตาลทราย, ลูกเหม็น และน้ำแข็ง ซึ่งเป็นสารประกอบโควาเลนต์ให้ผลการทดลองว่ามีจุดหลอมเหลวต่ำซึ่งขัดแย้งกับข้อสรุป และในตารางมีผลการทดลองของสารประกอบโลหะและไอออนิกที่มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่าสารประกอบโควาเลนต์มาก*” จากหลักฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานซึ่งเป็นข้อมูลในแบบทดสอบยืนยันคำตอบของตนได้ถูกต้องและครบถ้วน นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปว่า “ถ้ามีแค่น้ำตาลทราย ลูกเหม็น และน้ำแข็ง ที่ได้ผลขัดแย้งกับข้อสรุป ในขณะที่สารประกอบโควาเลนต์อื่น ๆ ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับข้อสรุป” พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่ยังขาดการอภิปรายเหตุผลประกอบและนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งคือ “*พันธะโควาเลนต์เกิดจากการใช้อิเล็คตรอนร่วมกันและแรงยึดเหนี่ยวไม่แข็งแรงทำให้มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ ซึ่งน้ำตาลทราย ลูกเหม็นละลายง่ายแสดงว่าแรงยึดเหนี่ยวต่ำ อีกทั้งน้ำแข็งก็หลอมเหลวง่าย ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าจุดเดือดจุดเหลอมเหลวต่ำ*” พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งของตนได้ถูกต้องและน่าเชื่อถือเป็นไปตามหลักทางวิทยาศาสตร์

ระดับดี ตัวอย่างการตอบแบบทดสอบข้อเดิมของนักเรียนคนที่ 12 ให้ข้อกล่าวอ้างว่า “*ไม่เห็นด้วย เพราะพันธะโควาเลนต์มีหลายรูปแบบ และมีจุดเดือด,จุดหลอมเหลวที่ต่างกัน จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าสารประกอบโควาเลนต์ทุกชนิดแข็งแรงและมีจุดเดือดหลอมเหลวสูง*” พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้และให้เหตุผลประกอบถูกต้อง โดยนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังนี้ “$C_{12}H_{22}O_{11}$, *เกิดจากพันธะโควาเลนต์ จุดหลอมเหลว 186 ºC,* $C_{10}H_8$ *เกิดจากพันธะโควาเลนต์ จุดหลอมเหลว 80.6 ºC และ* H_2O *เกิดจากพันธะโควาเลนต์ จุดหลอมเหลว 0 ºC*” พบว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานจากการทดลองในแบบทดสอบมายืนยันคำตอบของตนได้ครบถ้วน โดยนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปคือ “*เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาทดลองเป็นของแข็งทั้งหมด อาจจะมีสารที่เกิดจากพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง และจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงในสถานะอื่น*” พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่ยังไม่น่าเชื่อถือและไม่อธิบายเหตุผลตามหลักทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง ดังนี้ “*เพชรเป็นพันธะ โควาเลนต์แบบร่างตาข่าย เป็นการยึดเหนี่ยวกันโดยไม่เหลือ Lone-pair electron ทำให้มีความแข็งแรงมาก แต่สารประกอบโควาเลนต์ยังสามารถยึดกันในรูปแบบอื่นทำให้มีความแข็งแรงและจุดเดือดจุดหลอมเหลวที่ต่างกัน*” พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์ทำให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ระดับพอใช้ ตัวอย่างการตอบแบบทดสอบข้อเดิมของนักเรียนคนที่ 9 ให้ข้อกล่าวอ้างว่า *"ไม่เห็นด้วย เพราะสารประกอบโควาเลนต์ไม่ใช่ทุกชนิดที่มีจุดหลอมเหลวที่สูง"* พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังขาดการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังนี้ *"น้ำแข็ง จุดหลอมเหลวคือ 0 ℃ ซึ่งเป็นจุดหลอมเหลวที่ต่ำ"* พบว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานจากการทดลองในแบบทดสอบมายืนยันคำตอบของตนได้แต่ใช้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปคือ *"ทดลองสารประกอบโควาเลนต์ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน อาจจะทำให้ได้สารประกอบโควาเลนต์มีจุดหลอมเหลวสูงทั้งหมด"* พบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้แต่ยังสอดคล้องกับคำถามบางส่วน และนักเรียนให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง คือ *"น้ำแข็งมีจุดหลอมเหลวที่ต่ำมากถ้าลองวางน้ำแข็งไว้สักพักก็จะละลายหมด"* พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ถูกต้องแต่ยังขาดการให้เหตุผลตามหลักวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในปฏิบัติการรายวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งสามารถพัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างและสามารถอภิปรายเหตุผลประกอบโดยใช้ผลการทดลองมาเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการยืนยันคำตอบของตน พร้อมทั้งสามารถเสนอข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2016) ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากการเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในปฏิบัติการเคมีโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของ Walker et al. (2011) ที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) การระบุภาระงาน 2) การสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) กิจกรรมการโต้แย้ง และ 5) การเขียนรายงาน

สำหรับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ โดยพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลประกอบที่ถูกต้องได้ และใช้หลักฐานเพียงบางส่วนจากการทดลองในการสนับสนุนคำตอบของตน อีกทั้งการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งยังไม่น่าเชื่อถือและยังขาดการอธิบายตามหลักทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้โดยพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลประกอบได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยนักเรียนเห็นความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ใช้ในการสนับสนุนคำตอบของตนซึ่งเป็นหลักฐานที่ได้จากการทดลองทั้งหมด อีกทั้งยังสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ดีขึ้นแต่ยังพบว่าความถูกต้องและน่าเชื่อถือตามหลักทางวิทยาศาสตร์มีเพียงบางส่วนเท่านั้น

เมื่อพิจารณาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้ง พบว่านักเรียนมีระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่านักเรียนประสบปัญหาในการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น อันเนื่องมาจากการพัฒนาข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง ในขั้นตอนของ

กิจกรรมการโต้แย้งซึ่งเป็นขั้นตอนการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะทำการเสนอผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อกล่าวอ้างของตนประกอบกับเหตุผลและผลการทดลองในการสนับสนุน หากมีกลุ่มใดไม่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างดังกล่าว นักเรียนก็จะต้องนำเหตุผลและหลักฐานจากการทดลองของกลุ่มตนมาโต้แย้งและนำไปสู่การลงข้อสรุปร่วมกัน ซึ่งในขั้นตอนนี้จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถศึกษาแนวคิดที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ช่วยพัฒนาการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปให้ดีขึ้น แต่พบว่าแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่มนั้นค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกันในบางการทดลอง เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการละลายของสารประกอบของธาตุหมู่ IA และ IIA คำถามนำการทดลองคือ “สารประกอบต่อไปนี้ ได้แก่ สารประกอบคลอไรด์ (Cl^-) สารประกอบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) สารประกอบไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) สารประกอบไนเตรด (NO_3^-) และสารประกอบซัลเฟต (SO_4^{2-}) ของธาตุหมู่ IA และ IIA แต่ละหมู่สามารถแบ่งได้เป็นกี่กลุ่มอะไรบ้างตามสมบัติการละลาย” ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีข้อกล่าวอ้างที่คล้ายกัน คือ *“สารประกอบชนิดต่างๆ ของธาตุหมู่ IA แบ่งได้เป็น 1 กลุ่มเพราะสารประกอบสามารถละลายได้ทั้งหมด และธาตุหมู่ IIA แบ่งเป็น 2 กลุ่มเพราะมีทั้งสารประกอบที่ละลายได้และละลายไม่ได้”* ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาแนวคิดหลากหลายที่แตกต่างออกไปจากกลุ่มตนได้ ดังนั้นครูผู้สอนจึงเป็นผู้ให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปแก่นักเรียนเพื่อสร้างความเห็นที่แตกต่างออกไปหรือเป็นการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป เพื่อกระตุ้นให้เกิดกระบวนการโต้แย้งขึ้น จะเห็นว่าในขั้นตอนของกิจกรรมการโต้แย้งการที่นักเรียนได้ศึกษาข้อกล่าวอ้างที่มีแนวคิดที่ต่างออกไปจากกลุ่มตนจะสามารถพัฒนาการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้ และสำหรับองค์ประกอบที่ใช้ในการสนับสนุนการโต้แย้งของนักเรียน คือ การให้เหตุผลอื่น ๆ ในการสนับสนุนการโต้แย้ง แต่พบว่าในขั้นตอนของกิจกรรมการโต้แย้งนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองในการสนับสนุนการโต้แย้งเพียงอย่างเดียวซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อในข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนได้ แต่พบว่ามีนักเรียนเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่สามารถให้เหตุผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองนั้น ๆ เพื่อสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างของตนมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น เช่นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนกลุ่มที่ 5 ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง ดังนี้ *“นอกจากตารางของผลการทดลองแล้ว ยังสามารถอธิบายโดยใช้กฎการละลาย (Solubility rules) ได้แก่ Always soluble, Usually soluble, Usually insoluble และ Never soluble ซึ่ง $Mg(CO_3)$ คือตะกอนที่เกิดขึ้นจาก $MgCl_2 + Na_2(CO_3) \longrightarrow Mg(CO_3) + 2NaCl$ ซึ่งเป็นไปตามกฎการละลายคือ Never soluble จึงเห็นเป็นตะกอนขึ้น”* จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มดังกล่าวสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งที่น่าเชื่อถือโน้มน้าวนักเรียนกลุ่มอื่นให้เชื่อข้อกล่าวอ้างของตนได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในกิจกรรมการโต้แย้งสามารถพัฒนาการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งของนักเรียนได้ ซึ่งนอกจากจะใช้ผลการทดลองในการสนับสนุนแล้วนักเรียนยังสามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนการโต้แย้งของกลุ่มตนอีกด้วย

เมื่อพิจารณาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนพบว่านักเรียนมีระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นโดยนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างโดยสามารถให้เหตุผลประกอบได้อย่างน่าเชื่อถือและสามารถใช้หลักฐานจากผลการทดลองในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนได้ดีขึ้น อันเนื่องมาจากขั้นตอนของการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวซึ่งเป็นกระบวนการโต้แย้งภายในกลุ่มเพื่อสรุปผลการสำรวจตรวจสอบโดยการเสนอข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นคำตอบของคำถามนำการสืบเสาะ ในขั้นตอนนี้เป็นการชักนำให้นักเรียนเกิดการอภิปรายกับสมาชิกภายในกลุ่มโดยครูผู้สอนจะเป็นผู้เดินสำรวจการอภิปรายกันในกลุ่มและกระตุ้นให้สมาชิกทุกคนใน

กลุ่มมีส่วนร่วม โดยการเสนอข้อกล่าวอ้างและเหตุผลประกอบว่าเพราะเหตุใดข้อกล่าวอ้างจึงเป็นเช่นนั้นส่งผลให้ข้อกล่าวอ้างมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งในส่วนของท้ายแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนนักเรียนจะมีโอกาสในการโต้แย้งรายบุคคลด้วยแบบบันทึกการการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งส่งผลให้นักเรียนทุกคนได้ฝึกโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบของโครเมียมและแมงกานีส โดยคำถามนำการทดลองคือ “การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชันมีผลต่อสมบัติของสารประกอบที่มีธาตุทรานซิชันอย่างไร” นักเรียนกลุ่มที่ 1 เสนอข้อกล่าวอ้างว่า “*โลหะทรานซิชันมีคุณสมบัติคือ มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า และเมื่อเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชันเปลี่ยนจะส่งผลให้สีของธาตุเปลี่ยน*” จากข้อกล่าวอ้างดังกล่าวพบว่านักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องได้และสามารถให้เหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้างเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวพัฒนาให้นักเรียนสามารถเสนอข้อกล่าวอ้างที่มีเหตุผลประกอบได้ดีมากยิ่งขึ้น และสำหรับขั้นตอนของการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นขั้นตอนที่นักเรียนร่วมกันทำงานกันเป็นกลุ่มทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบร่วมกันเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนและยืนยันคำตอบของตน โดยการให้หลักฐานของนักเรียนกลุ่มเดิม ในแผนการจัดการเรียนรู้เดิมได้แก่ “*โครเมียมเป็นธาตุที่สามารถมีเลขออกซิเดชันได้ทั้ง +3 และ +6 ซึ่งมีสีที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลองในสมการเคมี* $Cr_2O_2^{2-}$ *ซึ่งเป็นสารตั้งต้น โครเมียมมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +6 มีสีส้ม เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะได้สารผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสารละลายสีเขียว และโครเมียมที่ให้สีเขียวคือโครเมียมที่มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +3*” แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานที่ได้จากการทดลองซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถตรวจสอบได้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างทำให้ข้อกล่าวอ้างของตนน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งสามารถพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้โดยในขั้นตอนของการระบุภาระงาน ครูผู้สอนจะใช้คำถามการทดลองนำการสืบเสาะซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและออกแบบการทดลองเพื่อตอบคำถามนั้น โดยพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์คำถามการทดลองและระบุวัตถุประสงค์ในการทดลองได้ ตัวอย่างการระบุวัตถุประสงค์การทดลองของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติของสารประกอบของโครเมียมและแมงกานีส โดยครูผู้สอนให้คำถามนำการทดลองคือ “การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชันมีผลต่อสมบัติของสารประกอบที่มีธาตุทรานซิชันอย่างไร” นักเรียนกลุ่มที่ 5 สามารถระบุวัตถุประสงค์การทดลองได้ว่า “*1. เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบของธาตุโครเมียมและแมงกานีสได้ 2. บอกเหตุผลที่ธาตุโครเมียมและแมงกานีสเกิดสารประกอบได้หลายชนิดและมีสีที่ต่างกัน*” แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์คำถามการทดลองและบอกจุดประสงค์ในการทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของกลุ่มตนได้ ซึ่งเป็นการพัฒนากระบวนการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Tuba and Sedat (2015) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งสามารถใช้ในการพัฒนาส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในปฏิบัติการทดลองรายวิชาเคมี สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งสามารถพัฒนาระดับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนสามารถให้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งได้ดีขึ้น

โดยการจัดการเรียนการรู้รูปแบบดังกล่าวเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอแนวคิดของตนแก่บุคคลอื่นและร่วมกันประเมินคำตอบที่ถูกต้อง อีกทั้งสามารถใช้หลักฐานซึ่งเป็นผลการทดลองในการยืนยันคำตอบของตนเองได้และนำไปสู่ข้อสรุปขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Jantarakantee, 2016) ซึ่งสามารถพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการเคมีส่งผลต่อการพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทำปฏิบัติการของนักเรียนให้ดีขึ้น เช่น นักเรียนสามารถระบุวัตถุประสงค์การทดลองได้ ดังนั้นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์จึงควรนำกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้เพื่อพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยเฉพาะในการเรียนการสอนปฏิบัติการซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบมีการโต้แย้งในปฏิบัติการเคมี ในขั้นตอนของกิจกรรมการโต้แย้งซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะสามารถศึกษาแนวคิดอื่นที่ต่างออกไปจากตน ดังนั้นผู้สอนควรเลือกปฏิบัติการหรือสถานการณ์ที่สามารถทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายมากเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาแนวคิดที่ต่างออกไปจากตน ซึ่งส่งผลต่อการให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปได้ดีมากยิ่งขึ้นและสนับสนุนการพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Alexandra, O. (2008). *Scaffolding school pupils' scientific argumentation with evidence-based dialogue maps.* Milton Keynes UK: Springer, London.

Bybee, R. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, *17*(6), 566-585.

Cavagnetto, A. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, *80*(3), 336-371.

Chaimongkol, P., Chanunan, S., & Klamtet, J. (2017). Kān̄phatthanā khwāmsāmāt nai kānhai hetphon choēng witthayāsāt rūang parimān sān samphan doi kān̄chatkān rianrū dūai rūpbæēp kān sūpsoṛ thī khapkhlūan dūai konlawithī kān toyæēng [Development of scientific reasoning ability in stoichiometry unit using argument-driven inquiry

instructional model]. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, *8*(1), 27-40.

Chen, H. T., Wang, H. H., Lu, Y. Y., & Hong, Z. R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, *38*(2), 170-191.

Chinn. C., & Malhotra, B., (2002). Epistemologically authentic inquiry in school: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175-218

Dawson, G. J. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(8), 952-977.

Dukerich, L. (2015). Applying modeling instruction to high school chemistry to improve students' conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, *92*(8), 1315-1319.

Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, Y. G. (2015). Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998-2014. *International Journal of STEM Education*, *2*(1), 1-12.

Issara, P., & Chuchat, A. (2015). Phonkān̄chai rūpbǣp kān rīan kān̄soṇ sūp soǥ bǣp mī kān tō̜yǣng rūam kap theknik kān rīanrū bǣp rūammū thīm phīlo̜ to̜ phon samrit thān̄gkān rīan khēmī læ khwāmsāmāt nai kān̄hai hētphon chœ̄ng witthayāsāt khoṇng nakrīan matthayommasuksā toṇ plāi rongrīan witthayāsāt phūmiphāk [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.

Jantarakantee, E. (2016). Kān̄chatkān rīan kān̄soṇ phūa songsœ̄m thaksa kān tō̜yǣng nai chan rīan witthayāsāt [Instruction for promoting argumentation skill in science classroom]. *Journal of Yala Rajabhat University*, *11*(1), 217-232.

Kulatunga, U., Moog, R., & Lewis, J. (2013). Argumentation and participation patterns in general chemistry peer-led sessions. *Journal of Research In Science Teaching*, *50*(10), 1207-1231.

Lee, M. H., Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, *31*(15), 1999-2020.

Lin, S. S., & Mintzes, 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.

Sampson, V., & Walker, J. (2013). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(5), 561-596.

Suppe, F. (1998). The structure of a scientific paper. *Philosophy of Science*, *65*(3), 381-405.

Tuba, D., & Sedat, U. (2015). Investigating the effect of argument-driven inquiry in laboratory instruction. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *15*(1), 267-283.

Walker, J., Sampson, V., & Zimmerman, C. (2011). Argument-driven inquiry: An introduction to a new instructional model for use in undergraduate chemistry labs. *Chemistry Education Research and Practice*, *88*(8), 1048-1056.