การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารละลาย อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี*

สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Email: romklao@kku.ac.th

Received : Jan 2, 2019 **Revised** : Mar 26, 2019 **Accepted** : Jun 20, 2019

บทคัดย่อ

การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้รับการพิจารณาว่าเป็นเป้าหมายที่สำคัญประการหนึ่งในงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในชั้นเรียนครูควรให้โอกาสที่มีค่ากับนักเรียนที่จะได้รับประสบการณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง กลุ่มศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น แบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบบันทึกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำมาใช้ประเมินความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ผลการศึกษาพบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในระบุข้อกล่าวอ้างและเลือกหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง แต่นักเรียนประสบปัญหาในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบอย่างสมบูรณ์ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองช่วยสนับสนุนให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

คำสำคัญ : การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, การใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง และความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Evaluating the impact of model-based inquiry with model-evidence link on grade 11 students' scientific explanation of electrolyte and non-electrolyte solution

Panapa Aniwatanawong and Romklao Jantrasri*

Department of Mathematics, Science and Computer, Faculty of Education

Khon Kaen University

*Email: romklao@kku.ac.th

Abstract

Scientific explanation has been regarded as an essential goal in the science education research. To help students learn in science classroom, a teacher should provide rich opportunities for students to gain the experience in explaining scientific phenomena. This research aimed to study the students' scientific explanation ability of electrolyte and non-electrolyte solutions using the model-based inquiry with the model-evidence link. There are 34 participants who are grade 11 at a high school in Khon Kaen. The scientific explanation test and scientific explanation form were used to assess students' written their explanation based on the claim, evidence, and reasoning framework. The findings reveal that before learning most students had could make a claim and select evidence to support their claim correctly, but they experienced difficulty to give scientific reasoning to link between such a claim and evidence. After learning, most students could improve their scientific explanation ability. They were able to identify three components of scientific explanation completely. This research indicates that the model-based inquiry with the model-evidence link was able to support students to have better scientific explanation ability.

Keywords: model-based inquiry, model-evidence link, scientific explanation

บทนำ

การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) มีความสัมพันธ์กับการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแง่ของการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ (Lehrer & Schuable, 2012) การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ถูกกำหนดไว้ในการประเมินผลเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ที่มุ่งเน้นไปที่การทดสอบความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012) ผลการประเมินของ PISA 2015 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนในครั้งที่ผ่านมาพบว่า ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2015) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยยังขาดความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องนำเอาหลักฐาน (Evidence) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Claim) และต้องสามารถให้เหตุผล (Reasoning) ประกอบเพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง การอธิบายที่ดีนั้นควรแสดงถึงการอธิบายจากหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และกิจกรรมในชั้นเรียนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญประการหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจและทัศนคติที่ดีในการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Artdej, Meela & Sriboonlert, 2014) ในหลายปีที่ผ่านมาพบว่าการสร้างแบบจำลองมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา และจะมีบทบาทเพิ่มขึ้นไปอีกในอนาคต (Khine & Saleh, 2011) ซึ่งช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่มีความซับซ้อน และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น (Porntep Juntraukrit , 2015) โดยแนวคิดของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเกิดขึ้นจากการรวมกันของ 1) การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ที่ต้องการให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบแล้วอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานประกอบกับการให้เหตุผลรวมทั้งการสื่อสารและตัดสินการอธิบายนั้นๆ และ 2) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (Dass, Head & Rushton, 2015) สำหรับบทบาทของนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อทำนายปรากฏการณ์ที่ครูได้นำเสนอ ตั้งสมมติฐาน วางแผนดำเนินการทดลองร่วมกันเพื่อตอบคำถามการสืบเสาะ วิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งอภิปรายผลโต้แย้งกันในการลงข้อสรุป แล้วจึงปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เดิมอีกครั้ง (Oh & Oh, 2011) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ในหลายแขนงของวิทยาศาสตร์ เช่น ฟิสิกส์ (Jingying, Donghui & Min, 2015) หรือเคมี (Dass, Head and Rushton, 2015) แต่การนำแบบจำลองมาใช้เพื่อเป็นตัวแทนความเข้าใจในการอธิบายปรากฏการณ์ นักเรียนยังขาดการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างแล้วให้เหตุผลสนับสนุนเพื่ออธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยการรวบรวมหลักฐานและการสร้างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน (Brigandt, 2016)

เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น การใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง (Model-evidence link) (Lombardi, Sinatra & Nussbaum, 2013) จะนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้พิจารณาและตระหนักถึงความสำคัญของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นโดยนำหลักฐานที่รวบรวมได้จากแหล่งข้อมูล เช่น ผลการทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้ววิเคราะห์หลักฐานเพื่อเชื่อมโยงกับแบบจำลองในขั้นการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกิจกรรมขั้นสุดท้ายในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นอกจากจะช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างแล้วยังช่วยสนับสนุนหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างหรือสมมติฐานที่ถูกตั้งไว้ในแบบจำลองเบื้องต้น เพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์ และจะทำให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองและหลักฐานที่รวบรวมได้ จนเกิดเป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น (Lombardi, Sinatra & Nussbaum, 2013)

เคมีเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ มักจะถูกสื่อออกมาผ่านแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น ดังนั้นหากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก็จะสามารถเข้าใจถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ จนสามารถคาดการณ์และอธิบายความเป็นไปได้ที่เกิดขึ้น (Prins, Bulte, Van Driel & Pilot, 2008) แต่จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่านักเรียนมักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจและไม่สามารถสื่อสารหรือนำความรู้ที่มีไปใช้เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารหรือสิ่งที่อยู่รอบๆ ตัว เช่น กรด-เบส ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากธรรมชาติของเนื้อหากรด-เบสจะศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลที่ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถจินตนาการหรือสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงนั้นๆ ได้ (Mulford, & Robinson, 2002) โดยเฉพาะนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่จะมีปัญหาในเรื่องของการเขียนสัญลักษณ์ การจินตนาการและการอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล ส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการเรียนรู้ (Harizal, 2012)

นอกจากนี้ผลจากการสัมภาษณ์ครูประจำการผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนในรายวิชาเคมีในโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติการสอน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในแต่ละปีที่ผ่านมาเกิดปัญหาในการเรียนเรื่องกรด-เบสในส่วนของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารหรือการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุล ได้แก่ สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ โดยนักเรียนไม่สามารถจินตนาการถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล

หรือไม่สามารถอธิบายความเชื่อมโยงการเปลี่ยนแปลงของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ในระดับตาเปล่ามองเห็นกับระดับโมเลกุลได้ ซึ่งส่งผลให้การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นของนักเรียน ยังไม่เป็นที่ยอมรับหรือ ยังไม่ถูกต้องเท่าที่ควร

ด้วยความสำคัญทั้งหมดที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารหรือปรากฏการณ์ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นจนสามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพแบบกรณีศึกษา ที่มุ่งศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองโดยดำเนินการวิจัยดังนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คน (แบ่งออกเป็นนักเรียนชาย 13 คน และนักเรียนหญิง 21 คน) ห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1.1 การเตรียมการก่อนการจัดเรียนรู้ เป็นขั้นตอนการจัดเตรียมพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ครูต้องเตรียมปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์คือการเกิดไฟฟ้าดูดบริเวณน้ำท่วม

ขังในฤดูฝน โดยให้คำถามว่า “หากเราทราบว่าน้ำบริสุทธิ์เป็นฉนวนทางไฟฟ้า แล้วทำไมเมื่อเกิดไฟรั่วหรือมีสายไฟตกลงสู่บริเวณแหล่งน้ำขัง เราจึงไม่ควรเข้าใกล้บริเวณแหล่งน้ำนั้น” รวมทั้งการวิเคราะห์ขอบเขตของเนื้อหา

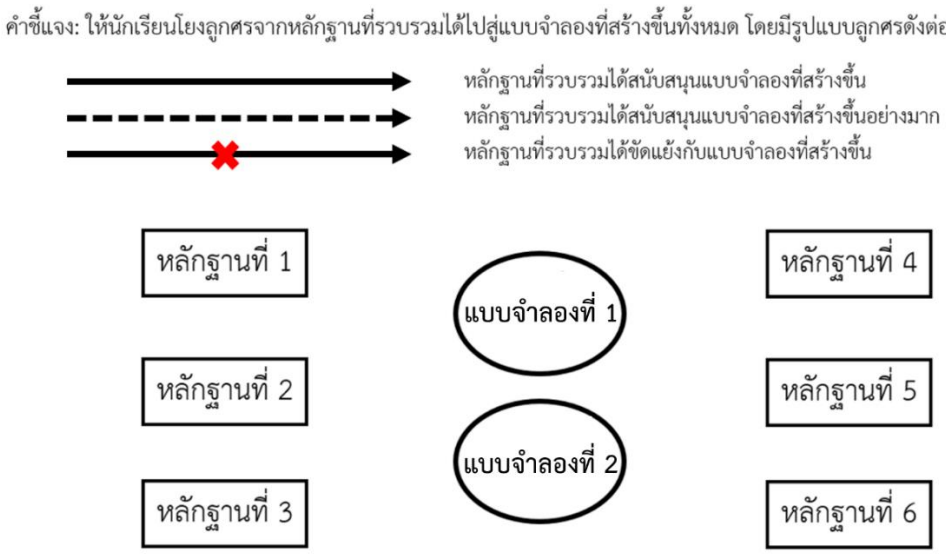
2.1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.1.2.1 การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้ จะเป็นขั้นที่ครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่เตรียมไว้แล้วให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามการสืบเสาะที่ให้ในตอนต้นว่าเพราะเหตุใดไฟฟ้าถึงเกิดการรั่วไหลผ่านน้ำเข้ามาสู่ร่างกายเราได้โดยใช้ความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่

2.1.2.2 การตั้งสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ โดยในขั้นนี้ครูจะชี้แจงถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ว่ามีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการจำลองสถานการณ์การทดสอบสารละลายที่แตกต่างกัน จากนั้นครูจะให้นักเรียนวาดแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่า “ลักษณะของสารละลายที่กระแสไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่เครื่องตรวจวัดได้ควรจะมีลักษณะเป็นอย่างไร และอธิบายว่ากระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสารละลายได้อย่างไร” พร้อมกับให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานและระบุข้อกล่าวอ้าง

2.1.2.3 การค้นหาหลักฐาน จะเป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือทดสอบสมมติฐานของตนเองโดยครูจะกำหนดสารละลายที่แตกต่างกัน 6 ชนิดแล้วให้นักเรียนทดสอบการนำไฟฟ้าด้วยแอมมิเตอร์ และทดสอบความเป็นกรดและเบสด้วยกระดาษลิตมัส เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาหลักฐานเพื่อนำไปสนับสนุนสมมติฐานและข้อกล่าวอ้างที่ได้ระบุ

2.1.2.4 การสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันพิจารณาว่าแบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้หรือไม่และมีข้อมูลใดที่สนับสนุนแบบจำลองที่สร้างขึ้นบ้าง เพื่อให้แต่ละกลุ่มช่วยกันปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากนั้นนักเรียนทั้งชั้นเรียนช่วยกันพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของแบบจำลองแต่ละกลุ่มเพื่ออภิปรายร่วมกันว่าแบบจำลองที่ควรจะเป็นจะต้องมีลักษณะอย่างไร และในขั้นนี้นักเรียนจะได้นำหลักฐานที่รวบรวมมาใช้เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ตัวอย่างการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองปรากฏดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

2.2 แบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดในทุกองค์ประกอบ ยกเว้นองค์ประกอบของข้อกล่าวอ้าง ตัวอย่างแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังภาพที่ 2

สถานการณ์ที่ 1: นักเรียนคนหนึ่งมีสารละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ซึ่งทราบว่า 1 ใน 5 ชนิดนี้เป็นกรดไฮโดรคลอริก แต่เนื่องจากฉลากบรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่หลุดหายไป และนักเรียนจึงมีความต้องการที่จะใช้กรดไฮโดรคลอริกซึ่งเป็นกรดแก่ จึงได้ทำการทดสอบสารละลายทั้ง 5 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสและใช้เครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้าชนิดมีหลอดไฟ ให้ผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

สารละลาย	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส	ความสว่างของหลอดไฟ
A	ไม่เปลี่ยนสี	สว่างมาก
B	แดงเป็นน้ำเงิน	สว่างเล็กน้อย
C	น้ำเงินเป็นแดง	สว่างมาก
D	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่สว่าง
E	น้ำเงินเป็นแดง	สว่างเล็กน้อย

1.1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกคือสารละลายชนิดใด

.....

.....

1.2. ข้อมูลใดในตารางที่ใช้สนับสนุนคำตอบในข้อที่ 1 (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อมูล และอธิบายรายละเอียดของข้อมูลให้ชัดเจน)

.....

.....

.....

.....

.....

1.3. เหตุผลซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดที่สนับสนุนคำตอบในข้อ 1 และข้อ 2 (โปรดอธิบายเหตุผลให้ชัดเจน)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์

2.3 แบบบันทึกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สำหรับคำถามจะเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การทดลองเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ที่นักเรียนได้ลงมือทำการทดลองจริงในชั้นเรียน นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนต้องเขียนแสดงการวิเคราะห์การเชื่อมโยงหลักฐานจากการทดลองและแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.1 นักเรียนทำแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใช้เวลาทดสอบประมาณ 15 นาที

3.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง โดยหลังขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งนักเรียนทำแบบบันทึกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.3 นักเรียนทำแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดิม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนจะพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลจากการตอบคำถามของนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มโดยใช้เกณฑ์ซึ่งผู้วิจัยปรับจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) เพื่อจำแนกความสามารถตามความสมบูรณ์ขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานคือค่าร้อยละ

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ จะพิจารณาองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในการตอบคำถามของนักเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่ม โดยใช้เกณฑ์เดียวกับแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 1 แสดงระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Level of scientific explanation performance)

ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย
0	นักเรียนไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผลที่ถูกต้องได้เลย
1	นักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่มีการระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่เกิดขึ้น
2	นักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและระบุหลักฐาน แต่หลักฐานที่มีไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมต่อการสนับสนุน

ตารางที่ 1 แสดงระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Level of scientific explanation performance) (ต่อ)

ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย
3	นักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุน แต่ไม่มีการให้เหตุผลหรือเหตุผลที่ระบุไม่ถูกต้องตามหลักทางวิทยาศาสตร์
4	นักเรียนมีการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยมีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง มีการให้ข้อมูลหรือหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และยังมีการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ให้กับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น แต่เหตุผลที่ให้ยังไม่เพียงพอหรือยังไม่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่ให้
5	นักเรียนมีการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์โดยมีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง มีการระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และยังมีการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ให้กับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจนเกิดเป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

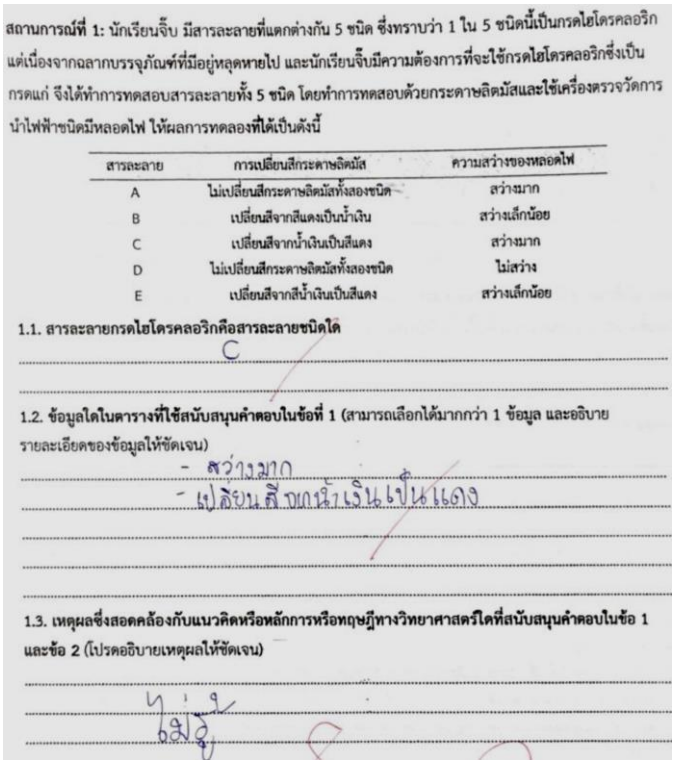
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ก่อนการจัดการเรียนรู้

ระดับคุณภาพของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการจัดการเรียนรู้	
	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ระดับที่ 0	2	5.88
ระดับที่ 1	0	0.00
ระดับที่ 2	6	17.65
ระดับที่ 3	15	**44.12**
ระดับที่ 4	11	32.35
ระดับที่ 5	0	0.00

ก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 3 คือระดับที่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ จากการพิจารณาตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนของนักเรียนที่มีระดับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3 เลขที่ 25 ดังภาพที่ 3 จะเห็นว่านักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้อย่างถูกต้องแต่ไม่สามารถระบุเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการระบุข้อกล่าวอ้างและการระบุหลักฐานจะเป็นเพียงตอบสั้นๆ และสามารถเลือกตอบจากคำถามที่กำหนดให้ได้ แต่สำหรับการระบุเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างนั้น นักเรียนต้องนำความรู้เดิมในหลายๆ มโนมติมาใช้ในการอธิบายเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ดังนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่สามารถให้เหตุผลที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ได้ หรือไม่สามารถให้เหตุผลเพื่ออธิบายได้เลย นอกจากนี้นักเรียนบางคนยังให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่ไม่ถูกต้อง เช่น นักเรียนเลขที่ 4 อธิบายว่าการที่สารละลายจะนำไฟฟ้าได้จะต้องพิจารณาจากความเป็นกรดเป็นเบสของสารละลายนั้น เป็นต้น



สถานการณ์ที่ 1: นักเรียนจิ๊บ มีสารละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ซึ่งทราบว่า 1 ใน 5 ชนิดนี้เป็นกรดไฮโดรคลอริก แต่เนื่องจากฉลากบรรจุภัณฑ์ที่มีอยู่หลุดหายไป และนักเรียนจิ๊บมีความต้องการที่จะใช้กรดไฮโดรคลอริกซึ่งเป็นกรดแก่ จึงได้ทำการทดสอบสารละลายทั้ง 5 ชนิด โดยทำการทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสและใช้เครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้าชนิดมีหลอดไฟ ให้ผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

สารละลาย	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส	ความสว่างของหลอดไฟ
A	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสองชนิด	สว่างมาก
B	เปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นน้ำเงิน	สว่างเล็กน้อย
C	เปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นสีแดง	สว่างมาก
D	ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสทั้งสองชนิด	ไม่สว่าง
E	เปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง	สว่างเล็กน้อย

1.1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกคือสารละลายชนิดใด

C

1.2. ข้อมูลใดในตารางที่ใช้สนับสนุนคำตอบในข้อที่ 1 (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อมูล และอธิบายรายละเอียดของข้อมูลให้ชัดเจน)

- สว่างมาก
- เปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นแดง

1.3. เหตุผลซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดที่สนับสนุนคำตอบในข้อ 1 และข้อ 2 (โปรดอธิบายเหตุผลให้ชัดเจน)

ไม่รู้

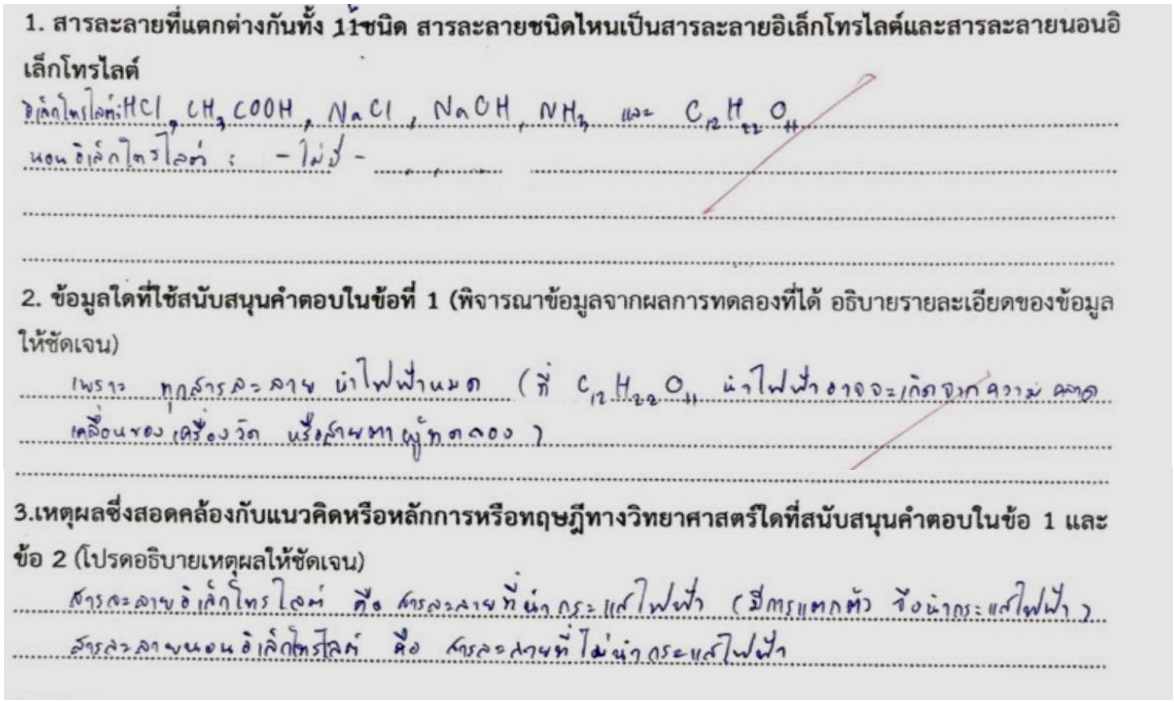
ภาพที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนก่อนเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 3

ผลจากแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้วิจัยนำไปใช้ออกแบบกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สำหรับผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนในเรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งในการทดลองมีจุดประสงค์เพื่อที่จะอธิบายในเรื่องที่เกี่ยวกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ว่า “สารที่ละลายน้ำแล้วไม่แตกตัวเป็นไอออนเรียกว่าสารนอนอิเล็กโทรไลต์ ส่วนสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนเรียกว่าสารอิเล็กโทรไลต์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าได้ สารละลายที่นำไฟฟ้าได้ดีจัดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ ส่วนสารละลายที่นำไฟฟ้าได้น้อยเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์อ่อน” พบว่าระหว่างเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 4 ซึ่งสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

จากการวิเคราะห์การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเลขที่ 13 ดังภาพที่ 4 พบว่ามีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง สามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ โดยเมื่อพิจารณาจากข้อกล่าวอ้างที่นักเรียระบุว่าไม่มีสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากในการทดลองนักเรียนสามารถวัดการนำไฟฟ้าของสารละลายได้ทั้งหมดแม้กระทั่งสารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) อาจเป็นเพราะความคลาดเคลื่อนในการทดลองนักเรียนไม่ได้เช็ดขดลวดทองแดงที่ใช้จุ่มสารละลายในทุกครั้งที่ทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารละลายที่ทำการวัดหรือ สารละลายที่ใช้มีการปนเปื้อนของสารละลายอื่นลงไปด้วย ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดออกมาสามารถอ่านค่าได้แต่น้อยมาก ทั้งนี้ในการอภิปรายร่วมกันได้ให้นักเรียนทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสารละลายในทางทฤษฎีแล้วว่า $C_{12}H_{22}O_{11}$ เมื่อละลายน้ำจะไม่เกิดการแตกตัวเป็นไอออน ส่วนสาเหตุที่นักเรียนยังคงเขียนคำตอบดังภาพอาจเป็นเพราะเป็นคำตอบที่ได้มาจากหลักฐานในการทดลองที่วัดได้จริง และนักเรียนได้เขียนรายงานปัญหาที่พบแล้วว่าสาเหตุที่ผิดพลาดเกิดจากอะไร

และจากการพิจารณาเหตุผลของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้าง (ข้อ 1) และหลักฐาน (ข้อ 2) ของแบบบันทึกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยนักเรียนให้เหตุผลเพียงแค่คร่าวๆ โดยไม่ได้ลงรายละเอียดว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่า สารละลายที่ทำการทดสอบสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อย่างไร และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เพราะเหตุใด อาจเนื่องมาจากในขั้นของการสร้างแบบจำลองนักเรียนจะได้ลงมือสร้างแบบจำลอง ทดสอบแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเองผ่านหลักฐานที่ได้จากการทดลอง พร้อมทั้งมีการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานแต่ละหลักฐานว่าสามารถใช้สนับสนุนหรือเกี่ยวข้องกับแบบจำลองไหน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากการใช้การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองกับหลักฐานใน

ภาพที่ 5 ของนักเรียนเลขที่ 7 พบว่าสามารถนำหลักฐานที่เกี่ยวข้องในเรื่องของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสของสารแต่ละชนิดมาพิจารณาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงว่าข้อมูลการนำไฟฟ้าและการเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสของสารแต่ละชนิดมีความเกี่ยวข้องหรือสามารถสนับสนุนแบบจำลองไหนได้อย่างไร แต่การให้เหตุผลของนักเรียนจะเป็นการอธิบายตามแบบจำลองและหลักฐานที่เชื่อมโยงได้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายลงไปในรายละเอียดได้เท่าที่ควร



1. สารละลายที่แตกต่างกันทั้ง 11ชนิด สารละลายชนิดไหนเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์

อิเล็กโทรไลต์: HCl, CH_3COOH, $NaCl$, $NaOH$, NH_3 และ $C_{12}H_{22}O_{11}$

นอนอิเล็กโทรไลต์ : - ไม่มี -

2. ข้อมูลใดที่ใช้สนับสนุนคำตอบในข้อที่ 1 (พิจารณาข้อมูลจากผลการทดลองที่ได้ อธิบายรายละเอียดของข้อมูลให้ชัดเจน)

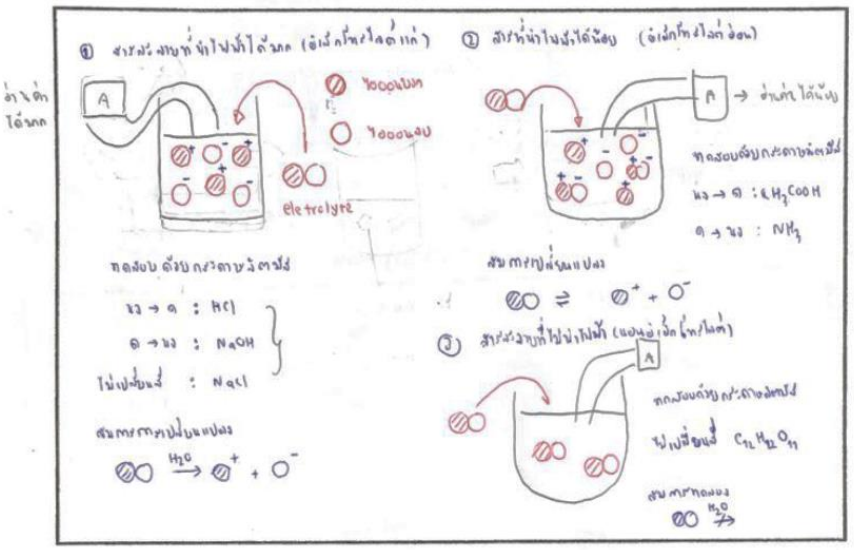
เพราะ ทุกสารละลาย นำไฟฟ้าหมด (ที่ $C_{12}H_{22}O_{11}$ นำไฟฟ้าอาจจะเกิดจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัด หรือสาเหตุจากผู้ทดลอง)

3.เหตุผลซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดที่สนับสนุนคำตอบในข้อ 1 และข้อ 2 (โปรดอธิบายเหตุผลให้ชัดเจน)

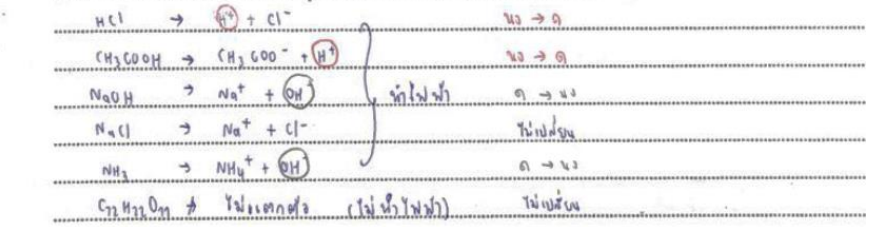
สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่นำกระแสไฟฟ้า (มีการแตกตัว ช่วยนำกระแสไฟฟ้า)

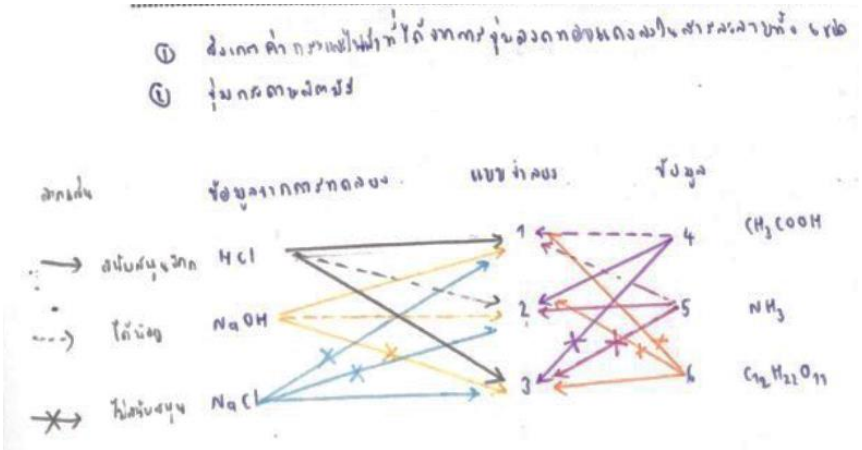
สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ คือ สารละลายที่ไม่นำกระแสไฟฟ้า

ภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนระหว่างเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4



สมการที่เกิดขึ้นและคำอธิบาย/เหตุผลเพื่อใช้อธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น





ภาพที่ 5 ตัวอย่างการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองของนักเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4

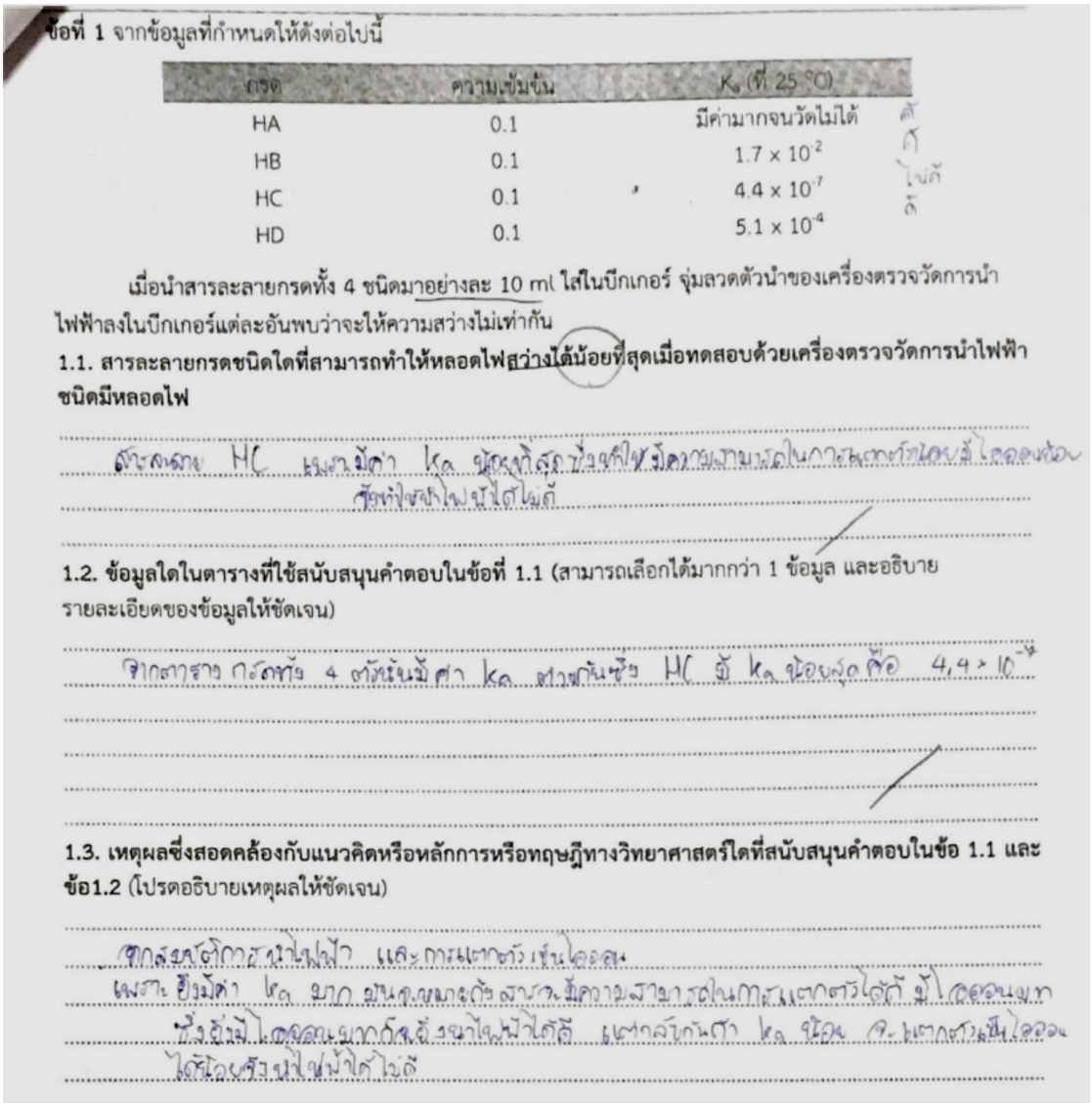
เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์หลังการจัดการเรียนรู้

ระดับคุณภาพของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์	หลังการจัดการเรียนรู้	
	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ระดับที่ 0	1	2.94
ระดับที่ 1	0	0.00
ระดับที่ 2	0	0.00
ระดับที่ 3	4	11.76
ระดับที่ 4	5	14.71
ระดับที่ 5	**24**	**70.59**

จากตารางที่ 3 ความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนส่วนใหญ่หลังเรียน (ร้อยละ 70.59) สูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 44.12) นั่นคือนักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 5 ซึ่งเป็นระดับที่สูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 3 องค์ประกอบอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ตัวอย่างคำตอบหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 5 เลขที่ 2 ดังภาพที่ 6 จะเห็นว่านักเรียนระบุหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องว่า *“สารละลาย HC จะให้ความสว่างของหลอดไฟน้อยที่สุด พิจารณาจากหลักฐานที่ว่าสารละลาย HC มีค่า K_a ต่ำที่สุด”* พร้อมกับระบุเหตุผลว่า *“ยิ่งสารละลายมีค่า Ka มาก จะหมายถึงสารมีความสามารถในการแตกตัวได้ดี มีไอออนในสารละลายมาก ซึ่งยิ่งมีไอออนมากก็จะยิ่งนำไฟฟ้าได้ดี แต่กลับกันหาก K_a น้อย สารจะแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย ทำให้การนำไฟฟ้าเกิดได้มาดี”* หรือ นักเรียนคนที่ 12 ที่ให้เหตุผลว่า *“ค่า K_a บอกถึงความสามารถในการแตกตัวให้ไอออน H_3O^+ ในสารละลาย ซึ่งถ้าสารมีค่า K_a น้อยก็จะแตกตัวให้ไอออน H_3O^+ ได้น้อย ทำให้ความสามารถในการนำไฟฟ้าน้อยลง หลอดไฟจึงสว่างน้อยที่สุด”* ซึ่งจากเหตุผลของนักเรียนจะเห็นว่านักเรียนสามารถระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับหลักการของสมดุลการเกิดปฏิกิริยาการ

แตกตัวของกรดโดยพิจารณาจากค่า K_a ของสารละลายได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามที่วิทยาศาสตร์ยอมรับได้ หรือในบางคนที่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 4 เมื่อพิจารณาเทียบกับก่อนเรียนพบว่าถึงแม้จะอธิบายได้ในระดับเดียวกันแต่ระหว่างเรียนนักเรียนในระดับนี้จะสามารถให้เหตุผลได้ถูกต้องและมีรายละเอียดที่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียน



ข้อที่ 1 จากข้อมูลที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

กรด	ความเข้มข้น	K_a (ที่ 25 °C)
HA	0.1	มีค่ามากจนวัดไม่ได้
HB	0.1	1.7×10^{-2}
HC	0.1	4.4×10^{-7}
HD	0.1	5.1×10^{-4}

เมื่อนำสารละลายกรดทั้ง 4 ชนิดมาอย่างละ 10 ml ใส่ในบีกเกอร์ จุ่มลวดตัวนำของเครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้าลงในบีกเกอร์แต่ละอันพบว่าจะให้ความสว่างไม่เท่ากัน

1.1. สารละลายกรดชนิดใดที่สามารถทำให้หลอดไฟสว่างได้น้อยที่สุดเมื่อทดสอบด้วยเครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้าชนิดมีหลอดไฟ

สารละลาย HC เพราะมีค่า K_a น้อยที่สุดนั่นหมายความว่าสารละลายนี้ไอออนน้อยที่สุดทำให้สว่างน้อยที่สุดนั่นเอง

1.2. ข้อมูลใดในตารางที่ใช้สนับสนุนคำตอบในข้อที่ 1.1 (สามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อมูล และอธิบายรายละเอียดของข้อมูลให้ชัดเจน)

จากตาราง กรดข้อ 4 ตัวนั้นมีค่า K_a ตามลำดับ HC มี K_a น้อยสุดคือ 4.4×10^{-7}

1.3. เหตุผลซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดหรือหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใดที่สนับสนุนคำตอบในข้อ 1.1 และข้อ1.2 (โปรดอธิบายเหตุผลให้ชัดเจน)

หลักสมบัติการนำไฟฟ้า และการแตกตัวเป็นไอออน เพราะ ยิ่งมีค่า K_a มาก นั่นหมายความว่าสารนั้นมีความสามารถในการแตกตัวได้มีไอออนมาก ยิ่งมีไอออนมากก็ยิ่งนำไฟฟ้าได้ดี แต่ถ้าน้อยกว่า K_a น้อย ก็แตกตัวเป็นไอออนได้น้อยยิ่งนำไฟฟ้าได้ไม่ดี

ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนหลังเรียนที่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 5

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 3 คือ สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมแต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ ผลการวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า ความรู้ในเนื้อหาซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานมีผลต่อการเรียนรู้เนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกัน นอกจากนี้อาจเป็นเพราะว่านักเรียนไม่สามารถจินตนาการถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลและในระดับสัญลักษณ์ได้ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับที่ตาเปล่ามองเห็นได้ว่าเป็นเพราะเหตุใด (Supaporn Inboonna , 1998) แต่หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาที่ดีขึ้นอยู่ในระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระดับที่ 5 คือ สามารถระบุข้อกล่าวอ้าง ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนขึ้นกล่าวอ้าง และให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้อย่างถูกต้องและครอบคลุม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสร้างแบบจำลอง และช่วยให้นักเรียนมองเห็นการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นและการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองจนเกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งมีส่วนช่วยในการสนับสนุนให้นักเรียนสามารถอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล (Meela & Artdej, 2014) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆที่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนจะได้มีการประเมินหลักฐานที่รวบรวมได้ทั้งหมดเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ถึงความเชื่อมโยงหรือการสนับสนุนของหลักฐานที่มีต่อแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยใช้เส้นที่แตกต่าง 3 ชนิด เพื่อแสดงถึงการสนับสนุนหรือการเชื่อมโยงทั้งแบบสนับสนุนอย่างมาก สนับสนุนน้อย และขัดแย้งกับแบบจำลอง (Lombardi, Sinatra, & Nussbaum, 2013) ที่สร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองให้เป็นไปในทางที่วิทยาศาสตร์รองรับและมีหลักฐานสนับสนุนอย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นทำให้ระดับความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลักการจัดการเรียนรู้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Lombardi, Sinatra, & Nussbaum, 2013)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง สามารถส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

8.1 เนื่องจากมีการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่ได้จากการทดลอง ควรมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ออกมานำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือมุมมองในการเชื่อมโยงระหว่างกัน

8.2 ควรให้นักเรียนได้ฝึกการออกมานำเสนอความคิดของตนเองให้มากกว่านี้ เนื่องจากยังมีนักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้นน้อย และยังช่วยกันคิดเป็นกลุ่มอยู่ทำให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นยังไม่เป็นของนักเรียนแต่ละบุคคล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Artdej R., Meela P., & Sriboonlert S. (2014). The role of model-based inquiry in supporting students' conceptual understanding. **Proceedings of the Australian Conference on Science and Mathematics Education,** 112-119

Brigandt, I. (2016). Why the difference between explanation and argument matters to science education. **Science & Education**, *25*(3), 251-275.

Dass K., Head L. M., & Rushton T. G. (2015). Building an understanding of how model-based inquiry is implemented in the high school chemistry classroom. **Journal of Chemical Education,** 92, 1306–1314.

Jingying W., & Donghui G., & Min J., (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogyon students' inquiry skills in a virtual physics lab. **Computers in Human Behavior**, 49, 658-669.

Harizal Z. M. (2012). Analyzing of students' misconceptions on acid-base chemistry at senior high schools in medan. **Journal of Education and Practice,** 3(15), 65-74.

The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012). **Professional Science Teachers: .** Bangkok, Thailand: inter education supplies

The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2015). **Programme for International Student Assessment 2015.** Bangkok, Thailand: advance printing service co., ltd.

Lehrer, R., & Schuable, L. (2012). Cultivating model-based reasoning in science education. **Handbook of the learning sciences**, New York, USA: Cambridge University Press.

Lombardi, D., Sinatra, M. G., & Nussbaum, M. (2013) Plausibility reappraisals and shifts in middle school students' climate change conception. **Learning and instruction,** 27, 50-62.

McNeill K. L., & Krajcik J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. **Journal of research in science teaching. 44(1), 53-78.**

M.S. Khine, I.M. Saleh (eds.). Model and modeling. **Model and modeling in science education 6.** DOI 10.1007/978-94-007-0449-7_10.

Meela P., & Artdej R. (2017). Model-based inquiry and scientific explanation: Promoting meaning-making in classroom. **Journal of Education Naresuan University,** 19(3), 1-15.

Mulford R. D., & Robinson R. W. (2002). An inventory for alternate conceptions among first-semester general chemistry students. **Chemical Education Research.** 79(6), 739-744

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: an overview. **International Journal of Science Education**, 33(8), 1109-1130.

Prins G. T., Bulte A. M. W., Van Driel J. H., & Pilot A. (2008). Selection of authentic modeling practices as contexts for chemistry education. International Journal of Science Education, 30(14), 1867-1890.

Porntep Juntraukrit (2015). Development of an instructional model by integrating the argument-driven inqury model and model-base leaning approach to promote scientific literacy competencies and rationality of lower secondary school student. **Silpakorn Educational Research Journal** 7(2), 232-248

Supaporn Inboonna. (1998). Misconceptions in acid-base of upper secondary school level students in changwat Nakhon si thammarat **Master of Education Thesis in Science and Technology Education, Graduate School, Prince of Songkla University.**

Windschitl M., Thompson J., & Braaten M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science**

could improve their scientific explanation ability. They were able to identify three components of scientific explanation completely. This research indicates that the model-based inquiry with the model-evidence link was able to support students to have better scientific explanation ability.