การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส ที่มีผลต่อสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Socio-Scientific Inquiry-Based Learning of Acid- Base Chemistry on Grade 11 Students' Evaluating and Designing Scientific Inquiry Competencies

รัชฎาพร สมบัติศรี[1] และ ร่มเกล้า จันทราษี[2*]

Radchadaporn Sombatsri[1] and Romklao Jantrasee [2*]

[1,2] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(Faculty of Education, Khon Kaen University)

บทคัดย่อ

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ซับซ้อนพบในชีวิตประจำวันได้ค้นหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และนำคำตอบไปให้คำแนะนำกับบุคคลอื่นเพื่อประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหานั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง กรด-เบส วิธีการเชิงคุณภาพนำมาใช้กลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 27 คน ที่ศึกษาโรงเรียนแห่งหนึ่งของอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เก็บรวบรวมจากแบบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างนำมาใช้เพื่อประเมินสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหามาวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มจากระดับปรับปรุงเป็นระดับดีขึ้น การวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยจะช่วยให้นักเรียนหาคำตอบบนพื้นฐานของหลักฐานที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และคำนึงถึงการมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อประเด็นปัญหาทางสังคม

คำสำคัญ: สมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

ABSTRACT

Socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL) is an approach which provides students to ask a question about a complex issue found in their daily life, then find out an answer though inquiry-based learning processes and give advice to others in making decisions related such an issue. The purpose of this research was to investigate the impact of SSIBL on the students' competencies to evaluate and design scientific inquiry process of acid-base chemistry. Qualitative methods were applied to gather data from the 27 grade 11 students who studied at a public secondary school located at Muang Khon Kaen, Khon Kaen. The evaluating and designing scientific inquiry competency test and semi-structures interviews were used to assess the student competencies before and after implementation of the SSIBL. Researchers used content analysis to analyze the data. The results indicated that most of the students' improved their competencies from to a high level. This implied that the SSIBL could enhance the students' evaluating and designing scientific inquiry process competencies. It helped them find an answer based on the evidence derived from inquiry process and concerning the participation in society's responsibility on social issues.

KEYWORDS Evaluating and designing scientific inquiry competency, Socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL)

**Corresponding author, E-mail:* romklao@kku.ac.th *Tel. 081-835-1865*

Received: 7 December 2022 / Revised: 28 January 2023 / Accepted: 7 February 2023 / Published online: 15 May 2023

บทนำ

ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) หนึ่งในสมรรถนะที่ PISA ใช้ในการประเมินผลนักเรียน คือ การประเมินและการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ผลการประเมิน PISA ในปี 2018 พบว่าประเทศไทยมีค่าคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ 426 คะแนน ซึ่งถือว่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ที่มีค่าอยู่ที่ 489 คะแนน (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) ผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานในการให้คำอธิบายในสถานการณ์ที่คุ้นเคยในชั้นเรียน แต่ยังขาดความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่มีความซับซ้อน และนักเรียนยังมีจุดอ่อนด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง PISA ในปี 2015 มีการเปลี่ยนแปลง เรียกใหม่ว่า สมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าประเด็นใดเป็นปัญหาที่พิสูจน์ได้หรือไม่ได้ในทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถประเมินหรือออกแบบกระบวนการตรวจสอบได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2561) แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังคงขาดสมรรถนะดังกล่าว

การประเมินและการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญ เนื่องจากการอยู่ในสังคมนักเรียนต้องมีความสามารถประเมินข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์อย่างมีวิจารณญาณ แยกแยะประเด็นปัญหาหรือเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ออกจากประเด็นในเรื่องอื่นๆได้ สามารถบอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ บอกวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ และต้องสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้ (สสวท., 2554) ทั้งนี้ในปี 2018 และ 2015 พบว่าสัดส่วนของข้อสอบที่ใช้ประเมินสมรรถนะนี้ 20-30% ของจำนวนข้อสอบทั้งหมด ซึ่งเป็นหนึ่งในสามของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่ต้อง

ประเมิน สมรรถนะนี้ต้องการมากกว่าความรู้ด้านเนื้อหา (content knowledge) นักเรียนต้องมีทั้งความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (procedural knowledge) และความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและการกำหนดลักษณะที่จำเป็นในกระบวนการสร้างความรู้ในวิทยาศาสตร์ เช่น สมมติฐาน ทฤษฎี และข้อสังเกต รวมถึงการพิสูจน์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากวิทยาศาสตร์ (epistemic knowledge) (OECD, 2019) ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงเป็นที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะในการประเมินและการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยอาศัยหลักฐานประจักษ์พยานที่เพียงพอ มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องจนอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งนำไปสู่การเตรียมนักเรียนให้เป็นพลเมืองที่ฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific literate person) เนื่องจากนักเรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่หลากหลายและเกี่ยวข้องกับตนเอง ชุมชน ท้องถิ่น ประเทศ หรือโลก (Chen et al., 2020)

จากการสังเกตบริบทชั้นเรียนเคมีของกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน ถึงแม้นักเรียนในแผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนยังไม่ครอบคลุมต่อการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิยาศาสตร์เช่น นักเรียนไม่ได้ออกแบบการทดลองด้วยตนเองหรือประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหา หากมีการทดลองนักเรียนก็ลงมือทำตามหนังสือหรือครูผู้สอนบอกเท่านั้น แต่ไม่ได้มีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อหาคำตอบของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิต โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีให้มีประสิทธิภาพนั้นครูควรจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้การปฏิบัติการทดลองหรือการลงมือกระทำจริงผ่านการสืบเสาะหาความรู้ (Dukerich, 2015; Kulatunga, Moog, & Lewis, 2013; Tuba & Sedat, 2015) ฝึกฝนให้รู้จักการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับประเด็นทางสังคมที่เกิดขึ้น (Dudas, Rundgren, & Lundegård, 2022)

ผลการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (Socio-Scientific Inquiry-based Learning: SSIBL) สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Ariza et al., 2021) การจัดการเรียนรู้นี้ได้เชื่อมโยงศาสตร์การสอนสามเสาหลักได้แก่ (1) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Inquiry-Based Science Education: IBSE) เป็นวิธีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นความสนใจของนักเรียนกระตุ้นการเรียนรู้โดยช่วยให้นักเรียนทำการสำรวจด้วยตนเอง (2) การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ (Socio-Scientific issues: SSI) เป็นประเด็นปัญหาจริงปลายเปิดที่เกี่ยวข้องกับการเมือง เศรษฐกิจ และจริยธรรมรวมถึงประเด็นที่นักเรียนต้องเผชิญในชีวิตประจำวันและชุมชน และ(3) การศึกษาความเป็นพลเมือง (Citizenship Education: CE) เน้นการมีส่วนร่วมในการดำเนินการศึกษาอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งนักเรียนสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักฐานและเหตุผล ตั้งใจฟังสิ่งที่ผู้อื่นพูดพิจารณาอย่างรอบคอบรวมถึงการเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่น (Knippels & van Harskamp, 2018) จากการวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนจะได้สำรวจหรือศึกษาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องวิทยาศาสตร์ แล้วค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Ariza, Abril & Quesada (2017) และ Levinson (2018) ซึ่งระบุว่าการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจหลักของการจัดเรียนรู้ SSIBL ซึ่งนักเรียนต้องพยายามค้นหาคำตอบทางสังคมและวิทยาศาสตร์ที่เผชิญในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของ SSIBL ยังช่วยเตรียมนักเรียนให้มีความรู้ เจตคติ และสมรรถนะที่จำเป็นในการทำหน้าที่เป็นพลเมือง โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะได้ทำงานร่วมกัน รับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มแล้วนำไปใช้เพื่อตัดสินใจแก้ปัญหา (Alcaraz-Dominguez & Barajas, 2021) หรือการมีส่วนร่วมรับผิดชอบสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตนเองและชุมชน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้เคมีไปประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัว เช่น สารละลายกรด-เบส pH ของสารอินดิเคเตอร์ เป็นต้น และไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดกับสถานการณ์ปัญหาจริงในชีวิตประจำวันได้ (Dudas, Rundgren, & Lundegård, 2022) จนขาดความสามารถในการตัดสินใจหรือหลงเชื่อข้อมูลต่างๆ เช่น การล้างฟอร์มาลีนที่ปนเปื้อนในอาหารทะเลด้วยโซดา การบริโภคหรือเลือกซื้อน้ำอัลคาไลน์เพื่อสุขภาพ เช่นเดียวกับชั้นเรียนของผู้วิจัย นักเรียนยังอธิบายความรู้เรื่องสารละลายกรด-เบสกับการใช้ประโยชน์ได้ไม่ชัดเจน เช่น ปฏิกิริยาเคมีกับการ

ออกฤทธิ์ของยาลดกรดในกระเพาะอาหาร การเลือกใช้ชนิดและปริมาณยาลดกรดในกระเพาะอาหารให้เหมาะสม หากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นทฤษฎีเพียงอย่างเดียวแต่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ก็จะไม่เกิดประโยชน์ใดๆ ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนจึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีสำรวจตรวจสอบผ่านการสืบเสาะหาความรู้ รวบรวมข้อมูลหลักฐาน วิเคราะห์ การตีความหมายของข้อมูล แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่างๆในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุผล (Berland & Reiser, 2008; Chaimongkol, Chanunan, & Klamtet, 2017) อีกทั้งยังสามารถช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในฐานะพลเมืองที่สามารถแยกแยะ ตรวจสอบประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกิดขึ้นภายในชุมชนของนักเรียนได้ (Ariza, Abril & Quesada, 2017) การวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่มีต่อสมรรถนะในการประเมินและการออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบสของนักเรียน ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันในสังคมได้อย่างมีคุณภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (SSIBL) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนค้นคว้า สำรวจข้อมูลและทำการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเองผ่านการสืบเสาะหาความรู้ สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เข้ากับประเด็นปัญหาทางสังคมที่ซับซ้อนพบในชีวิตประจำวัน มีส่วนร่วมในการสร้างแนวคิด แสดงความคิดเห็น ตัดสินใจอย่างรอบคอบบนพื้นฐานของหลักฐานร่วมกับการให้เหตุผล โดยคำนึงและเคารพในความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ และ 7 ขั้นตอน ได้แก่ ระยะที่ 1 การตั้งคำถาม (ASK): ขั้นตอนที่ 1 การแนะนำสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ คือ ครูนำเสนอประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเผชิญในชีวิตประจำวัน ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดความคิดเห็นเบื้องต้น คือ นักเรียนตั้งคำถามจากประเด็นที่ครูนำเสนอ ขั้นตอนที่ 3 การระบุสิ่งที่จำเป็นต้องรู้ คือ นักเรียนระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ครูกำหนด จากนั้นวางแผนการดำเนินการศึกษาแล้วทำการประเมินขั้นตอนการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลองที่ออกแบบให้สอดคล้องกับคำถามที่กำหนด ระยะที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ (FIND OUT): ขั้นตอนที่ 4 การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยแต่ละคนแสดงความคิดเห็นหรือมุมมองจากประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอหลังจากนั้นทำการทดลองตามที่ออกแบบและบันทึกผลการทดลองที่ได้ ขั้นตอนที่ 5 การอภิปรายสถานการณ์ คือ นักเรียนอภิปรายและสรุปผลการทดลองแล้วนำหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาเชื่อมโยงกับคำถามที่นักเรียนได้กำหนด และให้นักเรียนแต่ละคนแสดงความคิดเห็นหรือมุมมองจากประเด็นปัญหาผลการทดลองที่ได้ และระยะที่ 3 การลงมือปฏิบัติ (ACT): ขั้นตอนที่ 6 การตัดสินใจ คือ นักเรียนนำแนวคิดหรือความรู้ที่ได้บอกต่อกับครอบครัวและจัดทำเป็นวีดีทัศน์เพื่อยืนยันความคิดเห็นของตนเองและเป็นแนวทางในการตัดสินใจ และขั้นตอนที่ 7 การสะท้อนผล คือ นักเรียนตอบคำถามที่ครูถามตามประเด็นที่ใช้สะท้อนผลการศึกษา

2. สมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาหรือคำถามและแยกแยะประเด็นปัญหาที่ต้องการจะศึกษาโดยทำการตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เสนอวิธีการสำรวจจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กำหนดและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ อธิบายและประเมินวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อเป็นการแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและการสรุปข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทำวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงเชิงคุณภาพ รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกรณีศึกษา (case study research) เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึกเป็นอย่างไร ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มเป้าหมายและบริบทที่ศึกษา

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 27 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 9 คน นักเรียนหญิง 18 คน นักเรียนกลุ่มนี้ศึกษาในแผนการเรียนเน้นวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบสอน เป็นนักเรียนที่คละความสามารถในการเรียนรู้ มีความกระตือรือร้นในการเรียน และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนเป็นอย่างดี

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง กรด-เบส จำนวนทั้งหมด 2 แผน แผนละ 5 คาบ รวมทั้งหมด 10 คาบ ดังนี้ 1) pH ของสารละลาย และ 2) สารละลายบัฟเฟอร์ ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับมาจากแนวคิดของ Knippels & van Harskamp (2018) ซึ่งตัวอย่างระยะการจัดการเรียนรู้ (phase) และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ (educational stage) แสดงดัง Table 1

Table 1 แสดงรายละเอียดระยะและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ SSIBL ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สารละลายบัฟเฟอร์ที่เชื่อมโยงกับศาสตร์การสอนสามเสาหลัก SSI IBSE และ CE

ระยะ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรม SSIBL เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์	ศาสตร์การสอน
ตั้งคำถาม	(1) การแนะนำสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ: ครูนำเสนอประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การบริโภคหรือเลือกซื้อน้ำอัลคาไลน์เพื่อสุขภาพ	SSI
	(2) การกำหนดความคิดเห็นเบื้องต้น: นักเรียนตั้งคำถามจากประเด็นที่ครูนำเสนอและร่วมอภิปราย	IBSE CE
	(3) การระบุสิ่งที่จำเป็นต้องรู้: นักเรียนระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ได้กำหนด เช่น วิธีการทดสอบสารละลายบัฟเฟอร์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอินดิเคเตอร์และกรดเบส แล้ววางแผนการดำเนินการออกแบบวิธีการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลอง ประเมินวิธีการสำรวจหรือขั้นตอนการทดลองและแบบบันทึกผลการทดลองให้สอดคล้องกับคำถามที่กำหนดไว้	
สืบเสาะหาความรู้	(4) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์: นักเรียนระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น สัมภาษณ์ผู้ปกครอง และสำรวจร้านค้าในชุมชนเกี่ยวกับการบริโภคหรือเลือกซื้อน้ำอัลคาไลน์เพื่อสุขภาพ และแสดงความคิดเห็นหรือมุมมองจากประเด็นที่ครูนำเสนอแล้วทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองที่ได้	
	(5) การอภิปรายสถานการณ์: ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลอง แล้วนำหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาเชื่อมโยงกับคำถามที่กำหนด และให้นักเรียนแต่ละคนแสดงความคิดเห็นหรือมุมมองประเด็นปัญหาจากผลการทดลองที่ได้	
ลงมือปฏิบัติ	(6) การตัดสินใจ: นักเรียนตัดสินใจนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบต่างๆ เช่น นำความรู้ที่ได้บอกต่อกับครอบครัวเพื่อยืนยันความคิดเห็นของตนเองและเป็นแนวทางในการตัดสินใจ รวมถึงการคำนึงถึงการมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบต่อสังคม เช่น นักเรียนตัดสินใจที่จะเลือกดื่มน้ำอัลคัลไลน์หรือไม่	CE
	(7) การสะท้อนผล: นักเรียนตอบคำถามเพื่อสะท้อนผลการศึกษา เช่น ในการศึกษาครั้งนี้นักเรียนทำอะไรบ้าง และนักเรียนอยากปรับปรุงหรือแก้ไขในขั้นตอนไหนบ้าง เพราะเหตุใด	

2. แบบวัดสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกรด-เบส จำนวน 5 ข้อ เป็นคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยยกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ “การกินอาหารและผลไม้เพื่อให้ความเป็นกรด-เบสของเลือดช่วยป้องกันไวรัสที่ก่อโรคโควิด-19” ซึ่งคำถามครอบคลุมสมรรถนะย่อยที่ต้องการศึกษา แบบวัดนี้ใช้ทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

3. การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์ในการประเมินสมรรถนะของนักเรียน โดยสัมภาษณ์ข้อมูลเพิ่มเติมก่อนและหลังจากที่นักเรียนเขียนตอบในแบบวัด

เครื่องมือต่างๆผ่านการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาและตรวจสอบความเหมาะสม ผลการประเมินคือมีความเหมาะสมในการนำไปใช้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้มีรายละเอียดการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยแสดงดัง Figure 1

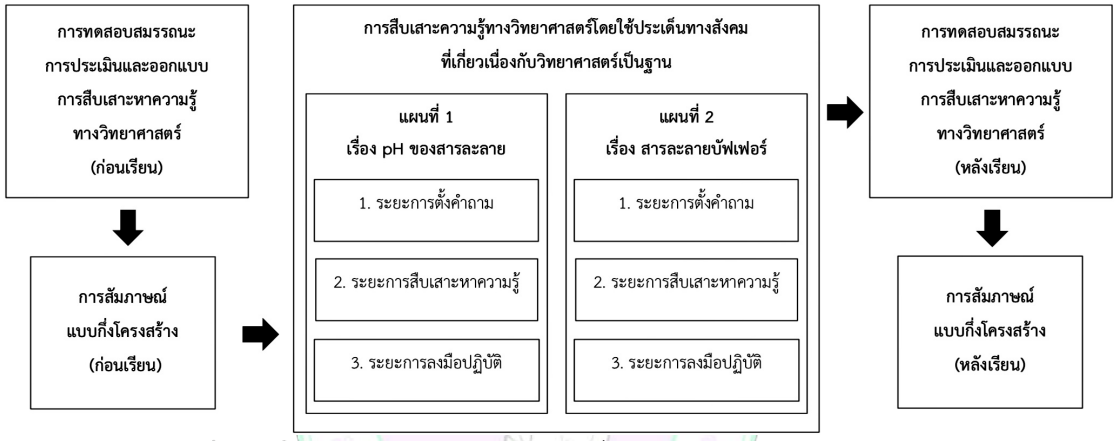

Figure 1 แสดงการดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ด้วยการคำตอบอ่านแบบละเอียด จับใจความตีความ และจับประเด็นจนนำไปสู่ข้อสรุป ดัง Table 2 สำหรับการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบสามเส้า โดยมีการใช้เครื่องมือวิจัยมากกว่า 1 ชนิดเพื่อเก็บข้อมูลชนิดเดียวกัน (method triangulation) แล้วพิจารณาว่าผลสรุปไปในทิศทางเดียวกัน

Table 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่ม	รหัสข้อมูล	ตัวอย่าง
การตั้งคำถาม	C1 (การตั้งคำถามที่ต้องการสำรวจในทางวิทยาศาสตร์) SL1 (นักเรียนคนที่ 1 ที่มีการตั้งคำถามที่แสดงความเข้าใจ ซึ่งคำถามเกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดและสัมพันธ์กับสิ่งที่ศึกษา)	“1.การกินผลไม้ที่มีค่า pH มากกว่า 5.5-8.5 จะทำให้เลือดเป็นด่างได้หรือไม่และส่งผลต่อระบบไหลเวียนเลือดอย่างไร? 2. การทำให้เลือดเป็นด่างส่งผลต่อระบบในร่างกายอย่างไร?”
การแยกแยะคำถาม	C2SL1 (นักเรียนคนที่ 1 ที่แยกแยะคำถามสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำถามถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์)	“ถ้ากินอาหารและผลไม้ที่มีความเป็นกรด-เบส ส่งผลต่อระบบบัฟเฟอร์ ระบบสมดุลกรด-เบสของร่างกายหรือไม่ เพราะว่าสามารถหาค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดโดยตรวจสอบสารละลายบัฟเฟอร์แทนระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายและวัดค่า pH ได้จากยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์”

ผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เรื่อง กรด-เบสที่มีผลต่อสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแสดงดัง Figure 2 และเพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนในแต่ละสมรรถนะ ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดและตัวอย่างแต่ละสมรรถนะย่อย ตามลำดับดังนี้

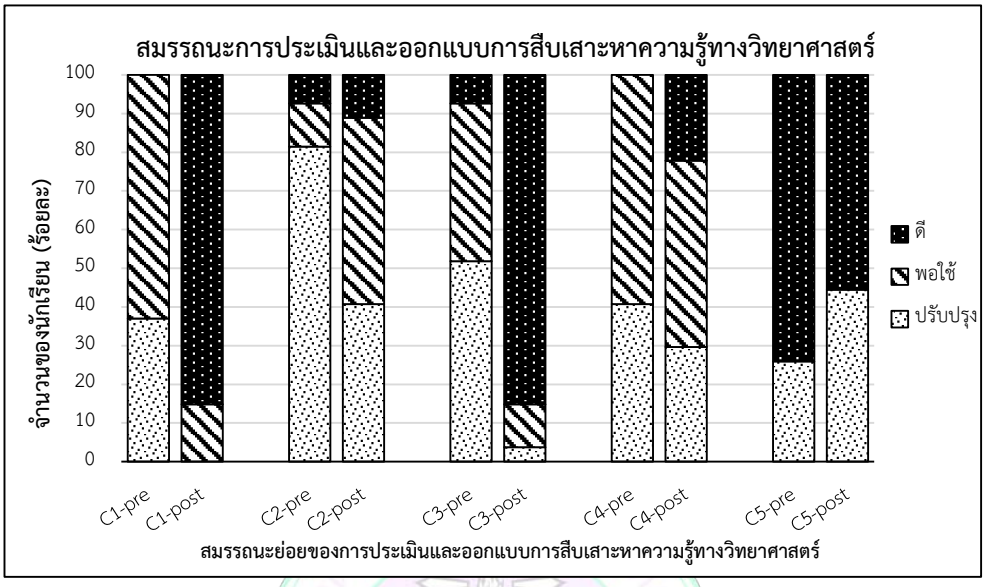

Figure 2 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนตามระดับสมรรถนะของแต่ละสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน

สมรรถนะย่อย 1 (Competency 1(C1)): การตั้งคำถามที่ต้องการสำรวจในทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างคำถาม**ข้อที่ 1** *"บนสังคมออนไลน์ แชร์คำแนะนำในช่วงวิกฤตโรคระบาดโควิด-19 ว่าอาหารกรด เช่น เนื้อสัตว์ แป้งขาว ขนมปังขาว กาแฟ น้ำตาล เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ แหนม หมูยอ ไส้กรอก อาหารสำเร็จรูป ฯลฯ ทำให้เลือดเป็นกรดไวรัสที่ก่อโรคโควิด-19เจริญเติบโตได้ดีและติดต่อได้ง่าย แต่ถ้ากินผลไม้จะทำให้เลือดเป็นด่างไวรัสที่ก่อโรคโควิด-19 เข้าเกาะไม่ได้ "ถ้าเชื่อว่าการกินผลไม้ที่มีค่า pH มากกว่าระดับ pH 5.5-8.5 ของไวรัสที่ก่อโรคโควิด-19 เช่น มะนาว(pH9.9) อะโวคาโด(pH15.6) กระเทียม(pH13.2) มะม่วง(pH8.7) สับปะรด(pH12.7) และส้ม(pH9.2) ซึ่งจะช่วยป้องกันเชื้อโควิด-19 ได้" "* นักเรียนสามารถตั้งคำถามใดได้บ้างเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในสังคมออนไลน์ ซึ่งก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 1 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 62.96 คือ เป็นคำถามที่สื่อความหมายถึงประเด็นที่กำหนด แต่ไม่สัมพันธ์กับสิ่งที่ศึกษา ดังตัวอย่างคำตอบใน Figure 3

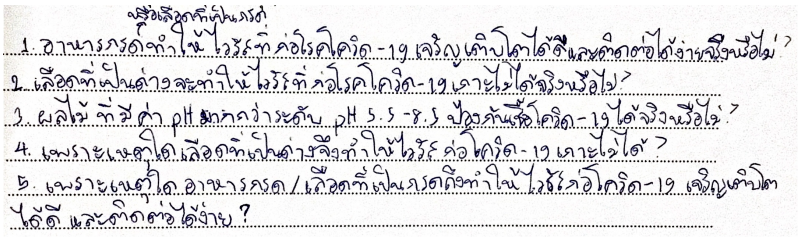

Figure 3 แสดงตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนสมรรถนะย่อย 1 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ของนักเรียนคนที่ 12

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 12 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จากคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ทำไมจึงตั้งคำถามแบบนั้น

นักเรียนคนที่ 12: เพราะว่าถ้าสมมุติเรากินผลไม้ที่เป็นกรดหรือด่างแล้วส่งผลต่อความเป็นด่างของเลือดมีโอกาสไม่ติดโควิดแสดงว่าสมุนไพร เช่น พวกฟ้าทะลายโจร/กระชายขาวพวกนี้ก็อาจจะเหมือนกันกับผลไม้เพราะเขาบอกมาว่ากระชายกันได้ฟ้าทะลายโจรป้องกันได้

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า คำถามของนักเรียนเป็นการตั้งคำถามโดยอาศัยเหตุการณ์ที่เผชิญในปัจจุบันนี้ของโรคโควิด-19และสื่อความหมายถึงประเด็นที่กำหนด เช่น กินฟ้าทะลายโจรหรือกระชายที่เป็นด่างส่งผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเลือดแล้วมีโอกาสช่วยป้องกันการก่อตัวของเชื้อโควิด แต่คำถามของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับการรักษาความเป็นกรดเบสของเลือดโดยระบบบัฟเฟอร์เมื่อรับประทานอาหารที่มีความเป็นกรดเบสเข้าไป

หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 1 อยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.19 คือ เป็นคำถามเกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนด และสัมพันธ์กับสิ่งที่ศึกษาได้ (Figure 4)

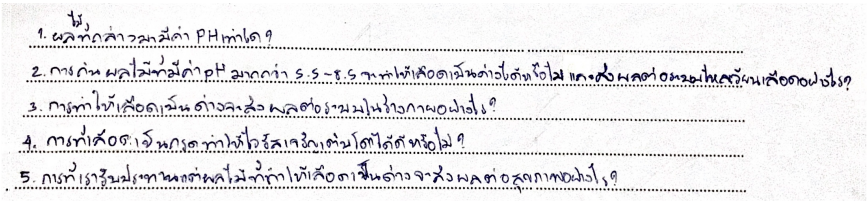

Figure 4 แสดงตัวอย่างคำตอบหลังเรียนสมรรถนะย่อย 1 ซึ่งอยู่ในระดับดีนักเรียนคนที่ 1

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 1 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จากคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ทำไมจึงตั้งคำถามแบบนั้น

นักเรียนคนที่ 1: เพราะว่ายังไม่ทราบอย่างแน่ชัดว่าผลไม้ที่ยกตัวอย่างมามีค่า pH ตรงกับข้อมูลที่ให้มาหรือไม่ และการที่ทำให้เลือดเป็นด่างจะทำให้ไวรัสที่ก่อโรคโควิด-19เข้ามาเกาะไม่ได้นั้นเป็นเรื่องจริงหรือไม่ รวมทั้งการทำให้เลือดเป็นด่างหรือกรดจะส่งผลต่อระบบในร่างกายหรือระบบบัฟเฟอร์แล้วทำให้ความเป็นกรด-ด่างของเลือดเป็นอย่างไรครับ ซึ่งผมต้องการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มา และไขข้อสงสัยเกี่ยวกับประเด็นต่างๆครับ

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและผลสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจว่าการที่เราจะตรวจสอบความถูกต้องของประเด็นปัญหาที่กำหนดให้จะต้องทราบความเป็นกรดเบสของอาหารและผลไม้ก่อนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ แล้วทำการทดสอบหาความเป็นกรดเบสของระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายที่ส่งผลต่อความเป็นกรด-ด่างของเลือดเมื่อมีการกินอาหารและผลไม้ที่เป็นกรด-ด่างเข้าไป ที่นักเรียนมีความเข้าใจเช่นนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีโอกาสได้ตั้งคำถามด้วยตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานดัง Table 1 ทำให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับการรักษาสมดุลกรด-เบสของระบบในร่างกายที่ต้องการศึกษาได้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงการตั้งคำถามที่ต้องการสำรวจในทางวิทยาศาสตร์จากก่อนเรียนไปหลังเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

สมรรถนะย่อย 2 (C2): การแยกแยะได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างคำถาม**ข้อที่ 2** *"จากคำตอบของนักเรียนในข้อ 1 ให้นักเรียนพิจารณาว่าคำถามใดบ้างที่สามารถตรวจสอบโดยวิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ พร้อมระบุเหตุผล"* ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 2 อยู่ในระดับปรับปรุง ร้อยละ 81.48 ดังตัวอย่างคำตอบใน Figure 5

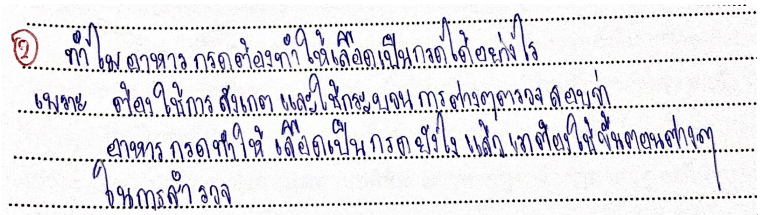

Figure 5 แสดงตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนสมรรถนะย่อย 2 ซึ่งอยู่ในระดับปรับปรุงของนักเรียนคนที่ 13

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 13 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: ที่นักเรียนเลือกคำถามจากข้อที่ 1 มาเหตุใดถึงเลือกคำถามนั้น

นักเรียนคนที่ 13: เพราะอยากรู้ถึงว่าการที่ทานอาหารกรดจะต้องทำให้เลือดเป็นกรดจริงหรือ แล้วถ้าเลือดเป็นกรดจะส่งผลต่อการติดเชื้อโควิด-19 ยังไงคะ

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า นักเรียนเข้าใจว่าการกินอาหารหรือผลไม้เข้าไปส่งผลต่อกลไกของเลือดในร่างกาย แต่เลือดไม่ได้มีหน้าที่ในการรักษาความเป็นกรดเบสของเลือดในร่างกาย ทำให้เห็นว่านักเรียนอาจจะยังไม่เข้าใจการรักษาความเป็นกรดเบสในเลือด ซึ่งนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าคำถามใดบ้างที่สามารถตรวจสอบโดยวิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และไม่สามารถระบุเหตุผลที่นักเรียนไม่ได้ใช้วิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมมาอธิบายคำถามจากประเด็นที่ครูกำหนด

หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 2 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 48.15 นั่นคือนักเรียนอาจจะยังมีความเข้าใจไม่มากพอเกี่ยวกับการรักษาความเป็นกรดเบสในเลือด แต่มีความเข้าใจในการทดสอบหาค่า pH ของผลไม้จากประเด็นปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้ (Figure 6)

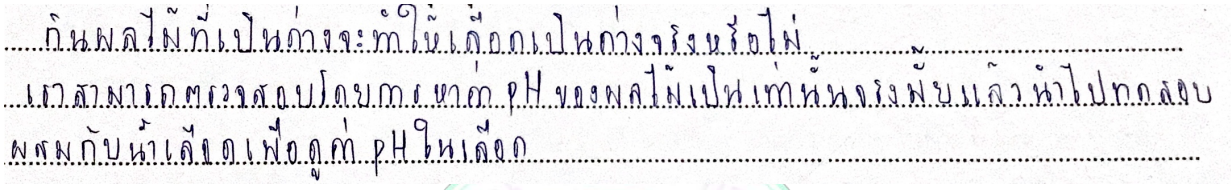

Figure 6 แสดงตัวอย่างคำตอบหลังเรียนสมรรถนะย่อย 2 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ของนักเรียนคนที่ 18

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 18 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จากคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ทำไมจึงตั้งคำถามแบบนั้น

นักเรียนคนที่ 18: เพราะเราสามารถตรวจสอบหาค่า pH ในเลือดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปไหมระหว่างก่อนกินกับหลังกินอาหารพวกนั้นเข้าไป มันสามารถทดสอบได้เร็วในการตรวจสอบหาค่า pH ของผลไม้ก็สามารถรู้ได้เลยว่าเป็นกรดหรือด่างโดยใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ และหนูเห็นว่าการกินอาหารหรือผลไม้ทำให้เลือดและระบบบัฟเฟอร์มีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH น่าจะเป็นคำถามที่เป็นไปได้ค่ะโดยตรวจสอบระบบบัฟเฟอร์ก่อนกินกับหลังกินอาหารพวกนั้นเข้าไปค่ะ

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังเรียนนักเรียนเข้าใจว่าการตรวจสอบหาค่า pH ของเลือดที่เปลี่ยนแปลงไปโดยทำการตรวจสอบหาค่า pH ของผลไม้ด้วยยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ หลังจากนั้นทำการหาค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดด้วยการตรวจสอบระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายก่อนและหลังกินอาหารเข้าไป จะเห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นในการรักษาค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดโดยระบบบัฟเฟอร์ในร่างกาย เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนได้ตั้งคำถาม แล้วร่วมกันพิจารณาคำถามที่ได้ตั้งไว้เพื่อเลือกคำถามที่จะศึกษาของกลุ่มตัวเอง แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการแยกแยะได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนไปหลังเรียน

สมรรถนะย่อย 3 (C3): การวางแผนการดำเนินการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างคำถาม**ข้อที่ 3** *“จากคำตอบในข้อ 2 นักเรียนควรจะเลือกวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีใดบ้าง พร้อมทั้งเสนอวิธีการออกแบบการทดสอบค่า pH ของผลไม้ (ทั้ง 6 ชนิดในข้อ1)”* ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 3 อยู่ในระดับปรับปรุง ร้อยละ 51.85 ดังตัวอย่างคำตอบใน Figure 7

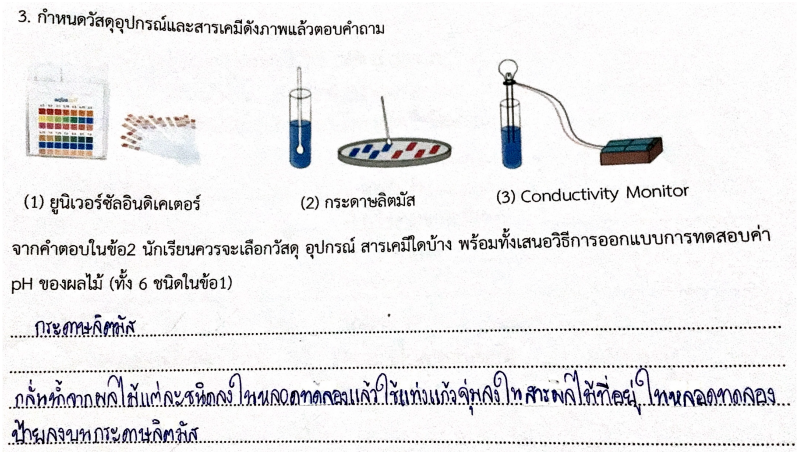

Figure 7 แสดงตัวอย่างคำตอบก่อนเรียนสมรรถนะย่อย 3 ซึ่งอยู่ในระดับปรับปรุงของนักเรียนคนที่ 28

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 28 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: ทำไมเราถึงเลือกใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์/กระดาษลิตมัส/conductivity monitor ในการตรวจสอบคำถามที่เราเลือกไว้ในข้อ 2 และทดสอบค่า pH ให้ครูฟังหน่อยได้ไหมคะ

นักเรียนคนที่ 28: เพราะว่ากระดาษลิตมัสสามารถบอกความเป็นกรดเบสได้ค่ะแล้วใช้ง่ายกว่ายูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ด้วย แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มลงในน้ำผลไม้ที่กลั่นไว้ป้ายลงบนกระดาษลิตมัสเพื่อหาค่า pH ของผลไม้

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนการทดสอบค่า pH ของผลไม้ทั้ง 6 ชนิดได้ แต่ยังไม่มีความเข้าใจในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่จะทดสอบหาค่า pH ของผลไม้ เนื่องจากการใช้กระดาษลิตมัสสามารถบอกความเป็นกรดเบสของผลไม้ แต่ไม่สามารถทราบค่า pH ของผลไม้ได้ ซึ่งการทดสอบหาค่า pH ของผลไม้จะต้องใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

หลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 3 อยู่ในระดับดี ร้อยละ 85.19 เลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองที่สามารถตอบประเด็นปัญหา แสดงอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงอธิบายขั้นตอนการทดลองได้ ดัง Figure 8

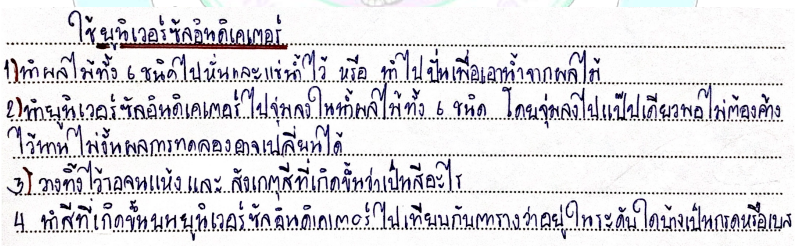

Figure 8 แสดงตัวอย่างคำตอบหลังเรียนสมรรถนะย่อย 3 ซึ่งอยู่ในระดับดีของนักเรียนคนที่ 28

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 28 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: ทำไมเราถึงเลือกใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์/กระดาษลิตมัส/conductivity monitor ในการตรวจสอบคำถามที่เราเลือกไว้ในข้อ 2 และทดสอบค่า pH ให้ครูฟังหน่อยได้ไหมคะ

นักเรียนคนที่ 28: เพราะว่ายูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ให้ค่า pH ที่แม่นยำกว่ากระดาษลิตมัสค่ะ และสามารถนำมาตรวจสอบหาค่า pH ของเลือดหลัง-ก่อนทานอาหารได้

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังเรียนนักเรียนเข้าใจว่าการตรวจสอบหาค่า pH ของเลือดก่อนและหลังกินอาหารโดยเลือกใช้ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ให้ค่า pH ที่แม่นยำกว่ากระดาษลิตมัสจึงสามารถใช้ในการตรวจสอบหาค่า pH ของระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายเพื่อระบุค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดได้ เนื่องจากนักเรียนมีโอกาสได้วางแผนการดำเนินการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยการออกแบบวางแผนการดำเนินการศึกษา ออกแบบการทดลอง และแบบตารางบันทึกผลการทดลองในกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยการเขียน วาด หรือจากสารเคมีและอุปกรณ์ที่เตรียมให้ ทำให้นักเรียนมีการวางแผนการดำเนินการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ให้อยู่ระดับดีขึ้นได้

สมรรถนะย่อย 4 (C4): การประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดให้ในเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างคำถาม**ข้อที่ 4** *"เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในข้อ1 นาย A และนาย B ได้ออกแบบวิธีการศึกษาดังนี้ นาย A: ใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ในการทดสอบ pH ของน้ำลายหลังจากรับประทานผลไม้ เมื่อทำการบ้วนน้ำลายลงในภาชนะแล้วจุ่มกระดาษวัด pH ให้มิดรอ 15 วินาที พบว่ากระดาษเปลี่ยนสีและนำไปเปรียบเทียบกับสีสเกลที่ติดไว้ข้างกล่องจะทำให้ทราบค่า pH ของน้ำลาย และนาย B: ใช้วิธีทดสอบ pH ของเลือดจากความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) หลังจากรับประทานผลไม้ เมื่อทำการเจาะเลือดแล้วนำมาวิเคราะห์ โดยศึกษาจากความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกรดหรือด่างที่ควบคุมโดยไต พบว่าหากต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดบอกถึงมีสภาวะกรดจากกระบวนการเมตาบอลิซึม และหากสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดบอกถึงมีสภาวะด่างจากกระบวนการเมตาบอลิซึม จากการออกแบบการทดลองของนาย A และ B นั้น ให้นักเรียนพิจารณาข้อดีและข้อจำกัดในเรื่องใดบ้าง และผลการทดลองของสองคนนี้จะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ถ้าหากนักเรียนต้องการทดลองจะเลือกแนวทางการทดลองของนาย A หรือนาย B เพราะเหตุใด"* ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าสมรรถนะย่อย 4 นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 59.26 และ 48.15 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามหลังเรียนร้อยละของจำนวนนักเรียนในระดับดีเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน (ดัง Figure 2) นั่นคือนักเรียนสามารถบอกข้อดี ข้อจำกัด บอกข้อแตกต่างของผลการทดลอง แต่ไม่สามารถระบุเหตุผลในการเลือกการทดลองสัมพันธ์กับความเป็นกรดเบสของเลือด ดังตัวอย่างคำตอบใน Figure 9

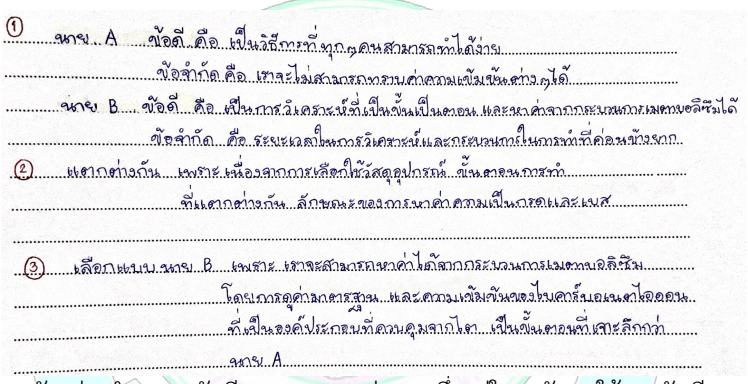
① นาย A ข้อดี คือ เป็นวิธีการที่ทุกๆคนสามารถทำได้ง่าย
ข้อจำกัด คือ เราจะไม่สามารถวัดค่าความเข้มข้นด่างๆได้
นาย B ข้อดี คือ เป็นการวิเคราะห์ที่เป็นขั้นเป็นตอน และสามารถวัดกระบวนการเมตาบอลิซึมได้
ข้อจำกัด คือ ระยะเวลาในการวิเคราะห์และกระบวนการในการทำที่ค่อนข้างยาก
② แตกต่างกัน เพราะ เนื่องจากการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการทำ
ที่แตกต่างกัน ลักษณะของการหาค่าความเป็นกรดเบสแตกต่าง
③ เลือกแนวทาง นาย B เพราะ เราจะสามารถหาค่าได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึม
โดยการดูค่ามาตรฐาน และความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตไอออน
ที่เป็นองค์ประกอบที่ควบคุมจากไต เป็นขั้นตอนที่เจาะลึกกว่า
นาย A

Figure 9 แสดงตัวอย่างคำตอบหลังเรียนสมรรถนะย่อย 4 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ของนักเรียนคนที่ 19

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 19 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: เราบอกครูได้ไหมว่าคำตอบที่เราตอบแบบนั้น เราต้องการบอกอะไรครู และทำไมถึงเลือกแนวทางของนาย A หรือ นาย B ในการตรวจสอบความถูกต้องหรือประเด็นปัญหาของข้อมูลในข้อ1

นักเรียนคนที่ 19: ข้อดีข้อเสียของนาย A ที่เลือกตอบแบบนั้น เพราะคิดว่าโดยรวมๆของทั้งสองคนแล้ว ทั้งในรูปแบบของการทำ ขั้นตอน วิธีการทำต่าง ๆของนาย A นั้น ดูจะทำได้ง่าย ไม่วุ่นวายในแต่ละขั้นตอน แต่กลับคิดว่าการที่เราได้ทำอะไรที่มันดูง่ายๆแล้วอาจจะมีข้อเสียนั่นก็คือความแม่นยำของค่าต่าง ๆ อาจมีการคลาดเคลื่อนได้ง่ายกว่า ข้อดีข้อเสียของนาย B วัสดุอุปกรณ์ในการเลือกใช้งานดูมีความแม่นยำที่สูงกว่าของนาย A เพราะทั้งลำดับขั้นตอน กระบวนการที่ทำอาจมีความเป็นไปได้ที่มากกว่า ข้อเสียคือค่ามาตรฐานที่บอกกรดด่างที่อาจเกิดข้อผิดพลาดได้เหมือนกัน ซึ่งอาจเพราะด้วยวิธีการทำที่มีการผิดพลาดในบางขั้นตอน จุดเล็กๆน้อยๆที่ไม่ได้สังเกตก็อาจทำให้ผลของค่ากรดด่างเปลี่ยนแปลงได้ เลือกแนวทางการทดลองของนาย B เพราะแนวทางและวิธีในการใช้งานดูมีความแม่นยำและดูเจาะลึกกว่าของนาย A การที่จะเจาะเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่ากรด-เบสนั้นอาจจะเป็นวิธีที่คิดว่าค่อนข้างยาก แต่คิดว่าผลลัพธ์และผลที่จะได้รับนั้นจะดีกว่า ไม่เลือกใช้วิธีของนาย A เพราะการใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ในการทดสอบ pH สามารถบอกได้เพียงการเปรียบเทียบกับสีสเกลที่ติดอยู่ข้างกล่อง ผลในการหาค่าอาจคลาดเคลื่อนได้ง่ายและสีที่ได้อาจเลอะกับสีอื่นๆจนทำให้สีเปลี่ยน

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังเรียนนักเรียนเข้าใจว่าการหาค่าของความเป็นสภาวะกรด-เบสหลังจากรับประทานผักผลไม้โดยใช้วิธีทดสอบ pH ของเลือดจากความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตไอออน

(นาย B ตามข้อมูลที่กำหนดให้ใน Figure 9) และทำการเจาะเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์ศึกษาถึงค่ามาตรฐานที่กำหนดบอกสภาวะได้ ซึ่งเป็นแนวทางใช้งานที่มีความแม่นยำกว่าการใช้กระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ที่อาจให้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและประเมินวิธีการทดลองเพื่อตรวจสอบประเด็นปัญหาร่วมกันในกลุ่มก่อนทำการทดลอง และเมื่อได้ผลการทดลองนักเรียนประเมินผลของกลุ่มตัวเองว่ามีความบกพร่องหรือผิดพลาดในส่วนใด ทำให้นักเรียนได้ข้อมูลใหม่เพิ่มเติมจากความรู้เดิม เพื่อปรับปรุงแก้ไขใหม่ในการทดลองต่อไปให้ดีกว่าเดิม

สมรรถนะย่อย 5 (C5): การอธิบายและประเมินวิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและการสรุปข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทำวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย

ตัวอย่างคำถาม**ข้อที่ 5** ซึ่งถามว่า *"จากการศึกษาในข้อ4 หากบุคคลที่นักเรียนเลือกแล้วต้องการให้ผลการทดลองออกมาน่าเชื่อถือ นักเรียนควรวางแผนการทดลองเพิ่มเติมอย่างไรบ้าง"* ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย 5 อยู่ในระดับดี ร้อยละ 74.07 และ 55.56 ตามลำดับ นั่นคือนักเรียนระบุข้อมูลการทดลองเพิ่มเติมที่เพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลการทดลองได้ ดังตัวอย่างคำตอบใน Figure 10

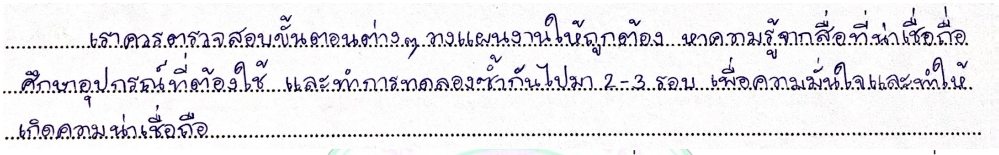

Figure 10 แสดงตัวอย่างคำตอบหลังเรียนสมรรถนะย่อย 5 ซึ่งอยู่ในระดับดีของนักเรียนคนที่ 19

ผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 19 เพิ่มเติม แสดงดังต่อไปนี้

ผู้วิจัย: จากคำตอบที่เราตอบครูมาเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลองอย่างไร

นักเรียนคนที่ 19: ควรจะตรวจสอบถึงกระบวนการ วิธีการใช้งาน การใช้เครื่องมือ หาแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหลากหลายเว็บไซต์และการลองทำการทดลองซ้ำกันหลายรอบเพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการทดลอง

หากพิจารณาคำตอบทั้งจากการเขียนตอบและบทสัมภาษณ์จะเห็นว่า หลังเรียนนักเรียนเข้าใจว่าการเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลองจะต้องทำการตรวจสอบกระบวนการ วิธีการใช้งานของเครื่องมือจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและการทำการทดลองซ้ำหลายๆรอบ เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดและยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองได้

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยจะอภิปรายแต่ละสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

การตั้งคำถามที่ต้องการสำรวจในทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ ลักษณะคำถามของนักเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกเป็นการตั้งคำถามที่สื่อความหมายถึงประเด็นที่กำหนด แต่ไม่สัมพันธ์กับสิ่งที่ศึกษา ส่วนอีกกลุ่มเป็นการตั้งคำถามโดยอาศัยเหตุการณ์ที่เผชิญในชีวิตประจำวันแต่คำถามของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนด ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้ด้านเนื้อหา (content knowledge) เรื่อง pH ของสารละลายและสารละลายบัฟเฟอร์ แต่หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ตั้งคำถามอยู่ในระดับดี เนื่องจากกิจกรรมในระหว่างเรียนเริ่มต้นด้วยขั้นตอน (1) การแนะนำสถานการณ์ที่ต้องเผชิญในชีวิตประจำวันของเรื่องกรด-เบส เช่น การล้างฟอร์มาลินในอาหารทะเลด้วยโซดา และการบริโภคหรือเลือกซื้อน้ำอัลคาไลน์เพื่อสุขภาพ ซึ่งนักเรียนคุ้นเคยจึงทำให้นักเรียนอยากเรียนรู้มากขึ้นและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้วิชาเคมี การประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงความรู้เข้ากับประเด็นปัญหาที่พบเจอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phabchai (2020) ที่กล่าวว่า การใช้สถานการณ์ที่อยู่รอบตัวจะเป็นจุดผลักดันให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิด หลักการ และสิ่งต่างๆได้ดีขึ้น โดยช่วยสร้างความสนใจในการเรียนรู้เรื่องกรด-เบสในรายวิชาเคมี อีกทั้งในขั้นตอน (2) การกำหนดความคิดเห็นเบื้องต้น นักเรียนแต่ละคนได้ตั้งคำถามที่จะศึกษา รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนในกลุ่ม การคิดตอบคำถามและลง

มือปฏิบัติการทดลองอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ใหม่เกี่ยวกับ pH ของสารละลายและสารละลายบัฟเฟอร์ในการรักษาสมดุลกรดเบสของระบบในร่างกายมาตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการศึกษาได้

การแยกแยะได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจากนักเรียนไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับ pH ของสารละลาย รวมทั้งสารละลายบัฟเฟอร์กับการรักษาความเป็นกรดเบสในร่างกาย แต่หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจไม่มากพอหรือขาดความรู้ด้านเนื้อหาเกี่ยวกับการรักษาความเป็นกรดเบสในเลือด แต่มีความเข้าใจการทดสอบค่า pH ของสารละลายมากขึ้น ทั้งนี้อาจมาจากกิจกรรมในระหว่างเรียนขั้นตอน (2) การกำหนดความคิดเห็นเบื้องต้น ครูให้นักเรียนพิจารณาคำถามที่กำหนดไว้และเลือกคำถามที่จะศึกษาของกลุ่ม ซึ่งนักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยน แสดงแนวคิดของตนเองอย่างหลากหลายผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อแยกแยะระหว่างคำถามที่เป็นและไม่เป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้มั่นใจที่จะใช้คำถามที่นำไปสู่การหาคำตอบของประเด็นปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Watayotha (2019) และ Phabchai (2020) ที่กล่าวว่าการใช้บริบทในการจัดกิจกรรมจะช่วยให้นักเรียนได้ใช้ประสบการณ์เดิมในการวิเคราะห์ความรู้ที่ได้รับเพื่อเชื่อมโยงสู่การอภิปรายลงข้อสรุปในบริบทนั้นๆได้ จึงทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาการแยกแยะได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น แม้จะยังไม่สามารถพัฒนาไปสู่ระดับดีได้

การวางแผนการดำเนินการตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปรับปรุง เป็นไปได้ว่านักเรียนมีความไม่เข้าใจในประเด็นปัญหาและข้อมูลที่จำเป็นที่ครูกำหนดให้จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถเลือกใช้วิธีการทดสอบค่า pH ที่เหมาะสมกับประเด็นปัญหา และนักเรียนอาจเกิดความยุ่งยากในการออกแบบการทดลองมากกว่าการตั้งคำถาม (Kruit et al., 2018) แต่หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีการวางแผนการดำเนินการอยู่ในระดับดี เนื่องจากกิจกรรมในระหว่างเรียนขั้นตอน (3) การระบุสิ่งที่จำเป็นต้องรู้และ (4) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นี้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระบุเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่ได้กำหนดและนำเสนอวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ไขประเด็นปัญหา เช่น ออกแบบวิธีการทดลอง วางแผนการดำเนินการ และประเมินวิธีการตรวจสอบประเด็นปัญหาร่วมกันในกลุ่ม รวมทั้งการลงมือทำการทดลองจริงเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์จึงช่วยให้เข้าใจขั้นตอนที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สร้างความรู้จนเกิดความรู้ด้านกระบวนการ (procedural knowledge) (Dukerich, 2015; Kulatunga, Moog, & Lewis, 2013; Tuba & Sedat, 2015) จึงทำให้นักเรียนสามารถตอบของคำถามที่ตั้งไว้โดยพิจารณาและตัดสินใจข้อมูลจากประเด็นทางสังคมที่กำหนดให้

การประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดให้ในเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือนักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างวิธีการทดสอบ pH ของเลือดกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สำหรับความยุ่งยากที่พบมีนักวิจัยกล่าวไว้ว่า สมรรถนะย่อยนี้ต้องใช้ความรู้ด้านญาณวิทยา (epistemic knowledge) ซึ่งนักเรียนต้องประเมินและกำกับการเรียนรู้ด้วยตนเองว่าวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาที่ดำเนินไปนั้นเหมาะสมหรือไม่และลงข้อสรุปได้สมเหตุสมผลอย่างไร (Kruit et al., 2018) นอกจากนี้ในระหว่างเรียนครูไม่ได้ให้นักเรียนทำการทดสอบ pH ของเลือดจากความเข้มข้นของไบคาร์บอเนตไอออนและน้ำลาย เนื่องจากการทดสอบ pH ของเลือดโดยตรงค่อนข้างทำได้ยากในชั้นเรียนเพราะต้องใช้เครื่องมือเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งในชั้นเรียนไม่มีเครื่องมือสำหรับการทดลองนี้ ครูจึงได้ปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบ pH ของเลือดให้เหมาะสมกับเนื้อหาสารละลายบัฟเฟอร์ในบทเรียน ผ่านกิจกรรมในขั้นตอน (5) การอภิปรายสถานการณ์ ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายระบบบัฟเฟอร์ในร่างกายที่สำคัญ เช่น คาร์บอเนตไอออน ไฮโดรเจน และโปรตีน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามหลังเรียนมีนักเรียนบางส่วนสามารถพัฒนามาสู่ระดับดีเพิ่มขึ้น โดยกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอน (2) การกำหนดความคิดเห็นเบื้องต้น, (4) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และ (7) การสะท้อนผล ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินคำถามที่ได้ตั้งไว้เพื่อระบุคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ได้ประเมินวิธีการทดลองว่าใช้ขั้นตอนที่เหมาะสมหรือไม่และเสนอวิธีการที่อาจตอบคำถามดังกล่าวร่วมกันในกลุ่มก่อนเริ่มทำการทดลอง (Mat Noor, 2021) รวมทั้งครูและนักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายว่ามีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดในส่วนใดจากประเด็นปัญหาที่ศึกษา ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น (Alcaraz-Dominguez & Barajas, 2021)

การอธิบายและประเมินวิธีการต่าง ๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและการสรุปข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทำวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบาย ก่อนและหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี นักเรียนเข้าใจว่าการทำการทดลองซ้ำๆ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีทิศทางเดียวกันและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง ซึ่งกิจกรรมระหว่างเรียน แต่ละกลุ่มได้นำผลการทดลองมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบและยืนยันผลการทดลองที่ได้ โดยครูคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ถามคำถาม รวมทั้งในขั้นตอนนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการศึกษา จึงส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายและประเมินวิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลและการสรุปข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการทำวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยอธิบายได้ในระดับดี

จึงสามารถสรุปได้ว่า แต่ละสมรรถนะย่อยของการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้ทั้งความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้ด้านญาณวิทยา จึงทำให้ผลการวิจัยหลังเรียนบางสมรรถนะย่อยดีเพิ่มขึ้นและบางสมรรถนะย่อยอยู่ในระดับพอใช้ แต่ในภาพรวมถือว่านักเรียนมีสมรรถนะการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ดี

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานควรให้นักเรียนได้ฝึกการแยกแยะได้ว่าคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และการประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดให้ในเชิงวิทยาศาสตร์ในบทเรียนอื่นก่อนหน้าเรื่องกรดเบส เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้เดิมที่มีมาปรับใช้กับความรู้ใหม่ที่ได้รับจนเกิดเป็นการอธิบายหรือการให้เหตุผลที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

2. การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานมีส่วนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีสมรรถนะในการประเมินและออกแบบการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยสามารถออกแบบวิธีสำรวจตรวจสอบผ่านการสืบเสาะหาความรู้ รวบรวมข้อมูล แล้วนำความรู้ไปใช้ในการอธิบายหรือลงข้อสรุปต่าง ๆในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุผล ดังนั้นครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับหลักฐานผ่านการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อตอบคำถามสำคัญจากประเด็นที่ครูกำหนด

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การติดตามผลการศึกษาในระยะเวลายาวของนักเรียนในการนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาบอกต่อกับผู้อื่น เช่น ครอบครัวและบุคคลในชุมชน เป็นต้น เพื่อเห็นผลของการตัดสินใจจากประเด็นปัญหาที่เผชิญในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาการเป็นพลเมืองเพิ่มเติม

References

Alcaraz-Dominguez, S., & Barajas, M. (2021). Conceiving Socioscientific Issues in STEM Lessons from Science Education Research and Practice. *Education Science, 11*(5), 238.

Ariza, M.R., Abril, A.M., & Quesada, A. (2017). Design and evaluation of teaching materials for Responsible Research and Innovation. *Sisyphus-J. Educ, 5*(3), 28-43.

Ariza, M.R., Christodoulou, A., van Harskamp, M., Knippels, M.C.P.J., Kyza, E.A., Levinson, R. et al. (2021). Socio-Scientific Inquiry-Based Learning as a Means toward Environmental Citizenship. *Sustainability, 13*(20), 11509.

Berland, L.K., & Reiser, B.J. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education, 93*(1), 26-55.

Chaimongkol, P., Chanunan, S., & Klamtet, J. (2017). 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, Y.C., Pan, Y.T., Hong, Z.R., Weng, X.F., & Lin, H.S. (2020). Exploring the pedagogical features of integrating essential competencies of scientific inquiry in classroom teaching. *Research in Science & Technological Education, 38*(2), 185-207.

Dudas, C., Rundgren, C.J., & Lundegård, I. (2022). Exploratory Considerations in Chemistry Education—Didactic Modelling for Complexity in Students' Discussions. *Science & Education (2022).*

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

Knippels, M.C., & Van Harskamp, M. (2018). An educational sequence for implementing socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). *Science and society, 100*(371), 46-50.

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.

Kruit, P.M., Oostdam, R.J., Van den Berg, E., & Schuitema, J.A. (2018). Assessing students' ability in performing scientific inquiry: Instruments for measuring complex science skills in primary education. *Research in Science and Technological Education, 36*(4), 413-439.

Levinson, R. (2018). Introducing socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). *School Science Review, 100*(371), 31-35.

Mat Noor, M.S.A. (2021). Assessing secondary students' scientific literacy: A comparative study of suburban schools in England and Malaysia. *Science Education International, 32*(4), 343-352.

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

Phabchai, P. (2020). Developing scientific literacy in the topic of acid-base using context-based learning management for grade 11th students. *Journal of Education Naresuan University. 22*(3), 164-176.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2561). *The result of PISA 2015 in mathematic literacy, reading literacy and scientific literacy*. Bangkok: Aroonprinting. [in Thai]

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2554). *Professional science teacher Guidelines for Effective Teaching.* Bangkok: Inter Education Supplies. [in Thai]

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

Watayotha, K. (2019). Creative thinking of the learners with constructivist multimedia learning environment and augmented reality to promote creative thinking on the topic of product creation by technological process for grade 8 students**.** *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts), 12*(2), 499-518.