



Research Article

The Study of the Collaborative Problem-Solving Competency of Grade-10 Students on Solution using Inquiry-based learning with a set of STEAM Education Experiments

Saowapha Puyuen¹ Juthamas Jitcharoen² Pranorm Saejueng² Supansa Chimjarn² Kornkanok Noulta²
Suparb Tamuang² Kanjana Ongkasin³ Sura Wutti-prom³ Weeranuch Yangchareon⁴ Sonthi Phonchaiya⁵
and Karntarat Wuttisela^{2,*}

¹Bachelor of Education Program, Faculty of Liberal Arts Institute, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

³Department of Physics, Faculty of Science, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

⁴Science and Technology Learning Strand, Narinukun School, Ubonratchathani

⁵The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Bangkok

*Email: karntarat.w@ubu.ac.th

Received <31 March 2024>; Revised <1 May 2024>; Accepted <2 May 2024>

Abstract

This research aimed to study of the collaborative problem-solving competency on the topic of solutions of grade 10 students learning using Inquiry-based learning incorporation with STEAM education experiments. The research design is a one-shot case study. A sample size of 40 was obtained through purposive sampling. The research tools consisted of 5 inquiry-based lesson plans with STEAM education experiments and the scoring rubrics for the competency assessment in collaborative problem solving. The lesson plans of inquiry-based learning, students prepare a solution of 2 M CuSO₄ from CuSO₄·5H₂O. Students experiment with diluting a 2 M solution to 1 M CuSO₄. Students mix 1 M and 2 M CuSO₄ solutions to get a concentration of the mixed solution of 1.5 M CuSO₄. The lesson plans of STEAM education under the topic of solution consisted of natural scented liquid soap, fresh scented bar soap, herbal dishwashing liquid, water balm, and fun with Slurpee. 10 hours were required to complete all lesson plans. By analysing the collaborative problem-solving from the STEAM education worksheets using content analysis to interpret student responses, summarize data, and identify levels of competency according to the PISA collaborative problem-solving assessment framework. The research results showed that the average student's competency in collaborative problem solving in all areas had a score of 2.73 points or 91 percent, which is a high level of competency.

Keywords: Collaborative problem solving, Solution, Inquiry-based learning, STEAM education

การศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา

เสาวภา ปุ้ย¹ จุฑามาส จิตต์เจริญ² ประนอม แซ่จิ่ง² สุพรรณษา ฉิมจารย์² กรรณก นวลตา²
สุภาพ ตาเมือง² กาญจนา องค์กรศิลป์³ สุระ วุฒิพรหม³ วีรณัฐ ยังเจริญ⁴ สนิธิ พลชัยยา⁵ และ กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิสเลา^{2*}

¹หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

⁴กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนนารีนุกูล จังหวัดอุบลราชธานี

⁵สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร

*Email: kamtarat.w@ubu.ac.th

รับบทความ: 31 มีนาคม 2567 แก้ไขบทความ: 1 พฤษภาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 2 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวและประเมินระหว่างเรียนครั้งเดียว กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผน และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ นักเรียนทดลองเตรียมสารละลาย 2 M CuSO_4 จาก $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ นักเรียนทดลองเจือจางสารละลาย 2 M เป็น 1 M CuSO_4 นักเรียนผสมสารละลาย 1 M และ 2 M CuSO_4 ได้ความเข้มข้นของสารละลายผสม 1.5 M CuSO_4 แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะอยู่ภายใต้หัวข้อเรื่อง สารละลาย ได้แก่ สบู่เหลวกลั่นธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร ยาหม่องน้ำ และสเลอปี้ธรรมชาติ โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 10 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากใบงานสะเต็มศึกษาด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อตีความคำตอบของนักเรียนและสรุปข้อมูลและและจัดระดับสมรรถนะของนักเรียนตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA พบว่าสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทุกด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 ซึ่งอยู่ในระดับสมรรถนะสูง

คำสำคัญ: สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สารละลาย การจัดการเรียนรู้สืบเสาะ สะเต็มศึกษา

บทนำ

ความท้าทายของการศึกษาไทยในปี 2567 คือการยกระดับหลักสูตรของทุกโรงเรียนให้เป็นหลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency - based Education) ซึ่งประกอบด้วยสมรรถนะหลัก (Core Competencies) 6 ด้านตามกรอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้แก่ สมรรถนะการจัดการตนเอง สมรรถนะการสื่อสาร สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม สมรรถนะการเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน และสมรรถนะการคิดขั้นสูง การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) เป็นหนึ่งองค์ประกอบของสมรรถนะการคิดขั้นสูง (Office of the Basic Education Commission, 2024) ซึ่งเป็นทักษะที่มนุษย์ต้องใช้ตลอดชีวิต (Bingham, 1998) ความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากวิธีที่บุคคลแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ สามัคคีและมีเหตุผล (Polya, 1971) สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นสมรรถนะที่รวม Hard skills และ Soft skills โดยทักษะการแก้ปัญหาเป็น Hard skills ทักษะการทำงานเป็นทีมคือ soft skills (Laker and Powell, 2011) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ Programme for International Student Assessment (PISA) ในปี 2015 ผลการประเมินของประเทศไทย พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยมีคะแนนเท่ากับ 436 คะแนนซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ทั้งนี้ในการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นักเรียนต้องใช้ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนในการทำภารกิจที่กำหนดในข้อสอบให้สำเร็จลุล่วง โดยการแบ่งปันความเข้าใจที่และรวบรวมความรู้ทักษะและความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา (OECD, 2017)

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะ (Inquiry-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือทำการทดลองหรือกิจกรรมช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ (National Research Council, 1996) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) (Bybee et al., 2006) งานวิจัยทางการศึกษายืนยันว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะในการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนโดยวิธีปกติกับกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้สูงกว่าในกลุ่มที่เรียนโดยวิธีปกติ (Tornee et al., 2019) เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก็สามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เพราะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน เพื่อสืบเสาะหาความรู้พิจารณาความรู้จากหลักฐานที่ได้สืบค้นมาในการสำรวจตรวจสอบ สืบกรองข้อสรุป และสามารถสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่อนำเสนอในกิจกรรมการโต้แย้ง ที่ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ (Chanphong, 2023)

นอกจากการจัดการเรียนรู้สืบเสาะสามารถเพิ่มสมรรถนะในการแก้ปัญหาได้แล้ว สะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นอีกแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเพิ่มสมรรถนะในการแก้ปัญหาได้โดยการทดลองสะเต็มศึกษาฐานสืบเสาะช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนและการรับรู้ ทั้งยังสนับสนุนให้นักเรียนทำงานร่วมกัน (Karamustafaoglu and Pektaş, 2023) สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน อันจะนำไปสู่การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพร้อมทั้งสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคต (Yakman, 2008) ทั้งยังนำวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ นักเทคโนโลยี วิศวกร ศิลปิน และ นักคณิตศาสตร์มาบูรณาการในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา (Wuttisela, 2022) สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในรายวิชาเคมี นักวิจัยทางการศึกษาได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์ปัญหาเคมีและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเคมี ซึ่งนักเรียนจะได้รับความรู้ที่ลึกซึ้งผ่านความท้าทายของปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง โดยครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน และให้นักเรียนแก้ปัญหาเป็นทีม (Ridwan, Rahmawati and Hadinugrahaningsih, 2017; Hadinugrahaningsih, Rahmawati and Ridwan, 2017) ผลวิจัยพบว่า สะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้ เมื่อให้นักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรมการแก้ปัญหา (Pholsupho, Khamhaengpol and Wattanasarn, 2023) นอกจากนี้ยังมีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Chaidech, Chanunan and Chaiyasit, 2017) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Silachot, Kijkuakul and Chaiyasith, 2020) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบเรียนรู้ร่วมกันร่วมกับสื่อออนไลน์ Padlet เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า (Choomchua and Chanunan, 2021) ดังนั้นงานวิจัยทางการศึกษาข้างต้นยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้และสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ แต่ยังไม่มียานวิจัยที่นำ 2 การจัดการเรียนรู้มารวมกันในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำ 2 การจัดการเรียนรู้มาจัดร่วมกันในเรื่องสารละลาย เพราะผู้เรียนจะมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายผ่านการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ

ก่อน หลังจากนั้นจึงนำความรู้และทักษะเหล่านั้นมาแก้สถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นั่นคือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เป็นแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะทำให้นักเรียนมีความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำงานวิจัยเรื่องนี้เพื่อเปิดโลกทัศน์ให้กับนักเรียนให้ได้สัมผัสกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และนักออกแบบหรือศิลปิน โดยนักวิทยาศาสตร์ทำงานผ่านการสืบเสาะหาความรู้ วิศวกรมีระบบการทำงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่วนนักเทคโนโลยี นักคณิตศาสตร์ นักออกแบบหรือศิลปินเป็นศาสตร์จากแนวคิดสะเต็มศึกษา กล่าวได้ว่าเป็นการปูพื้นฐาน 5 มิติอาชีพ ซึ่งอาจเป็นอาชีพที่นักเรียนได้ทำหลังจากสำเร็จการศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

(1) แบบแผนการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบก่อนการทดลอง (pre-experimental design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเดียวและประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างเรียน (formative assessment) เพียงครั้งเดียว (one shot case study) ในแผนที่ 4-5 ชั่วโมงที่ 6-10 ของการวิจัย เนื่องจากตัวแปรตามไม่สามารถวัดได้ก่อนเรียน เพราะยังไม่ผ่านการสอนหรือการจัดการเรียนรู้มาก่อน

(2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 แผนการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 7 ห้อง รวม 278 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 1 ห้อง รวม 40 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นระดับชั้นที่เรียนเรื่องสารละลายที่ผู้วิจัยคนหนึ่งได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบปฏิบัติงานการสอน เพื่อเป็นโอกาสในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษาต้นสังกัดและพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ตนเองรับผิดชอบโดยตรง

(3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย จำนวน 5 แผน โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 10 ชั่วโมง สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เป็นการจัดเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนได้แก่ แต่ไม่ได้ใช้ชุดการทดลองสะเต็มศึกษา สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-5 ใช้ชุดการทดลองสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ทั้งนี้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 5 ดำเนินการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาขั้นที่ 1-3 และ 4-6 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 การทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเอง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเตรียมสารละลายบริสุทธิ์ จำนวน 3 ชั่วโมง เตรียมสารละลาย 2 M CuSO₄ จากสารบริสุทธิ์คือ copper(II) sulfate หรือจุนสี (CuSO₄·5H₂O) ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจาง จำนวน 2 ชั่วโมง นักเรียนคำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO₄ เป็น 1 M CuSO₄ ซึ่งสารละลาย 1 M CuSO₄ นี้สามารถนำไปใช้ได้ในการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลายผสม จำนวน 2 ชั่วโมง นักเรียนคำนวณและทดลองผสม 2 M CuSO₄ 25 mL ผสมกับ 1 M CuSO₄ 25 mL ความเข้มข้นของสารละลายผสมเป็น 1.5 M การทดลองเรื่องการเตรียมสารละลาย ถ้าโรงเรียนไม่มี copper(II) sulfate แนะนำให้นำเกลือมาผสมสัฟสมอาหารก่อนจากนั้นค่อยให้นักเรียนเอาเกลือไปชั่งแล้วเตรียมสารละลาย จะทำให้สารละลายมีสีง่ายต่อการอ่านปริมาตรของเหลวที่ส่วนโค้งล่างของผิวของเหลว (meniscus) และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสีกับความเข้มข้นของสารละลายได้ด้วย อย่างไรก็ตามไม่ควรเตรียมสารละลายต่างทับทิม (KMnO₄) แล้วทิ้งลงในแหล่งน้ำ เนื่องจากว่าสารละลายต่างทับทิมมีองค์ประกอบหลักคือโลหะหนักแมงกานีส เมื่อทิ้งสารละลายต่างทับทิมจะทำให้น้ำมีการปนเปื้อนและอาจส่งผลเสียโดยเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติและอาจเกิดการสะสมโลหะหนักจนส่งผลกระทบต่อในระยะยาวได้ โดยโลหะหนักแมงกานีสนั้นถ้าร่างกายรับในปริมาณที่มากเป็นเวลานาน สามารถทำให้เกิดอาการไม่มีเรี่ยวแรง เคลื่อนไหวร่างกายได้ลำบาก และอาจจะเกิดอาการคล้ายโรคจิตเภทบวกกับโรคพาร์กินสันได้ สำหรับในเด็กเล็กถ้ารับแมงกานีสในปริมาณมากจะทำให้เด็กเรียนรู้ได้ช้าและความจำสั้นกว่าเด็กปกติ (Levy and Nassetta, 2003; McMillan, 2005; Santamaria and Sulsky, 2010)

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

แผนที่	เรื่อง	จำนวน ชั่วโมง	การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา
1	การเตรียม สารละลายบริสุทธิ์	3	คำนวณและทดลองเตรียมสารละลาย 2 M CuSO ₄ 25 mL จากสารบริสุทธิ์คือ copper(II) sulfate
2	การเตรียม สารละลายเจือจาง	1	คำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO ₄ เป็น 1 M CuSO ₄ 25 mL
3	การเตรียม สารละลายผสม	2	คำนวณและทดลองผสม 2 M CuSO ₄ 25 mL ผสมกับ 1 M CuSO ₄ 25 mL ความเข้มข้นของสารละลายผสมเป็น 1.5 M
4	สมบัติบางประการ ของสารละลาย	2	กิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่ 1) สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ 2) สบู่ก้อนหอมสดชื่น 3) น้ำยาล้างจานสมุนไพร 4) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ 5) สเลอปี้หรรษา โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาขั้นที่ 1-3 ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
5	สมบัติบางประการ ของสารละลาย	2	กิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่ 1) สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ 2) สบู่ก้อนหอมสดชื่น 3) น้ำยาล้างจานสมุนไพร 4) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ 5) สเลอปี้หรรษา โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาขั้นที่ 4-6 ได้แก่ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย จำนวน 4 ชั่วโมง นักเรียนทำการทดลองสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ และสเลอปี้หรรษา โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกทำการทดลองสะเต็มศึกษากลุ่มละ 1 เรื่อง จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนได้แก่ (1) ศึกษาหลักสูตรมาตรฐานและตัวชี้วัด (2) วิเคราะห์เนื้อหาวิชา สารการเรียนรู้และระยะเวลาของแผนการจัดการเรียนรู้ (3) ศึกษาวิธีสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ (4) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ (5) ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนและทางด้านเคมีจำนวน 3 ท่านเป็นผู้ตรวจสอบความสอดคล้องเนื้อหาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้คะแนนรวมเฉลี่ย 4.38 เป็นแผนที่มีความเหมาะสมมาก (6) ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ

3.2 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยเป็นการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะออกเป็นส่วน ๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อยได้แก่ (1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ (3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับได้แก่ระดับสูง กลางและต่ำ คะแนนเป็น 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยปรับปรุงจากงานวิจัยของ Chaidech, Chanunan, and Chaiyasit (2017)

(4) การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนและผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย

2. จัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเวลา 10 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ 5 ขั้นตอนใช้เวลา 6 ชั่วโมง ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ และขั้นที่ 5 ประเมิน แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอนเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (National STEM Education Center, 2014) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะเรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ท้าทายความคิดของนักเรียนด้วยคำถามว่า ให้บอกความแตกต่างระหว่าง สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 และ 6 โมลาร์ นักเรียนคิดว่า สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันนี้ จะสามารถทำให้มีความเข้มข้นเท่ากันได้หรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา นักเรียนสืบค้นสูตรที่ใช้ในการคำนวณการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น จากนั้นคำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO₄ เป็น 1 M CuSO₄

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้ (1) ในการเตรียมสารละลายมีการใช้อุปกรณ์ใดบ้าง (2) ในการหากรัมที่ต้องการใช้ ใช้สูตรใดในการคำนวณ (3) ในการหาปริมาตรที่ต้องการใช้ในการเจือจาง ใช้สูตรใดในการคำนวณ (4) ในการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น เพราะเหตุใดจึงต้องใช้ปิเปตต์ในการตวงปริมาตรของสารละลาย

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ นักเรียนเตรียมสารละลายเจือจางในชีวิตประจำวัน จากสถานการณ์ Covid-19 ที่ผ่าน มา สิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตไม่ว่าจะเป็น หน้ากากอนามัยและสเปรย์แอลกอฮอล์ที่ต้องมีความเข้มข้น 70% ขึ้นไป ในช่วงที่มีโรคระบาด จึงทำให้แอลกอฮอล์ขาดตลาดเป็นอย่างมาก หากนักเรียนมีแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 95% นักเรียนจะทำการเจือจางอย่างไรเพื่อให้ได้สเปรย์แอลกอฮอล์ปริมาณเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5 ประเมิน ครูประเมินการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนและจากการทำแบบฝึกหัด

ตารางที่ 2 สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่อง

1. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังอาบน้ำ ชำระล้างร่างกายด้วยสบู่เหลว เมื่ออาบน้ำเสร็จนักเรียนรู้สึกระคายเคืองผิวหนังและรู้สึกถึงผิวที่แห้งกร้าน และพบว่าผิวยังคงหลงเหลือสิ่งสปรกอยู่ นักเรียนต้องการผลิตสบู่เหลวใช้เอง ที่อ่อนโยนต่อผิวและกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กุหลาบ มะลิ ลาเวนเดอร์ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตสบู่เหลวได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สบู่เหลวมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
2. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง น้ำยาล้างจานสมุนไพร
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังรับประทานอาหารเที่ยงที่โรงเรียน ซึ่งเมื่อนักเรียนทานเสร็จจึงนำภาชนะใส่อาหารไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ พบว่าภาชนะใส่อาหารยังมีคราบมันและสิ่งสกปรกเคลือบภาชนะอยู่ นักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้เองที่สามารถนำสารจากธรรมชาติ เช่น พืชหรือผลไม้ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตน้ำยาล้างจานได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
3. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สบู่ก้อนหอมสดชื่น
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังอาบน้ำ ชำระล้างร่างกายด้วยสบู่ก้อน เมื่ออาบน้ำเสร็จนักเรียนรู้สึกระคายเคืองผิวหนังและรู้สึกถึงผิวที่แห้งกร้าน และพบว่าผิวยังคงหลงเหลือสิ่งสปรกอยู่ นักเรียนต้องการผลิตสบู่ก้อนใช้เอง ที่อ่อนโยนต่อผิวและกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กุหลาบ มะลิ ลาเวนเดอร์ ขมิ้น ทานาคา ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตสบู่ก้อนได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
4. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ
“วันหนึ่งนักเรียนทำกิจกรรมกลางแจ้ง ในวิชาสุขศึกษา ปรากฏว่านักเรียนเกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เกือบที่จะเป็นลมไป และได้รับการพกข้าจากการเล่นกีฬา จึงทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าตามร่างกาย เมื่อนักเรียนใช้ยาหม่องน้ำเพื่อบรรเทาอาการ ทั้งสุดดมและทาบริเวณที่รู้สึกฟกช้ำ เมื่อสุดดม นักเรียนมีอาการแสบโพรงจมูกเป็นอย่างมาก และบริเวณที่ทา เกิดผดผื่นบริเวณจุดที่มีความอ่อนโยน นักเรียนต้องการผลิตยาหม่องที่เป็นมิตรอ่อนโยนต่อผิวและเมื่อสูบดมไม่เกิดการระคายเคืองกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กลิ่นดอกไม้ สมุนไพรเย็น ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตยาหม่องน้ำได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว”
5. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สเลอบี้หรรษา
“วันหนึ่งนักเรียนพาเพื่อนมาทำรายงานที่บ้าน ในช่วงเดือนเมษายน พบว่าวันนี้อากาศร้อนเป็นพิเศษ นักเรียนจึงตัดสินใจที่จะทำสเลอบี้ให้เพื่อนๆ ได้รับประทานกัน โดยร่วมกันหาวิธีการทำสเลอบี้ ซึ่งใช้ตุ๋นเย็นในการทำให้น้ำหวานแข็งตัวเป็นสเลอบี้เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง พบว่า น้ำหวานที่นำไปแช่นั้น ไม่เกิดการแข็งตัวใดๆเลย นักเรียนต้องการทำสเลอบี้ที่รวดเร็วมากกว่านี้ โดยใช้สิ่งรอบตัวที่มีมาเป็นส่วนประกอบในการทำสเลอบี้หรรษา ที่สามารถทำได้จริงและรวดเร็ว”

(5) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากใบงานสะเต็มศึกษาตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน (1) การจัดระเบียบข้อมูล (2) การทำดัชนีหรือกำหนดรหัสข้อมูล (coding) (3) การกำจัดข้อมูลหรือสร้างข้อสรุปชั่วคราว (4) การสร้างบทสรุป (5) การพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ (Buasan, 2008) เพื่อตีความคำตอบของนักเรียนและสรุปข้อมูลและจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของนักเรียนตามแนวทางของ PISA 2015 (OECD, 2017) และเกณฑ์แปลผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะหลัก	ระดับสูง 3 คะแนน	ระดับกลาง 2 คะแนน	ระดับต่ำ 1 คะแนน
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญ ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงาน และการวางแผน ได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระบุปัญหาและข้อมูลที่สำคัญไม่ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	- เลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน - วางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงาน และการวางแผนและนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง	- เลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน - วางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา และนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา - วางแผนการดำเนินงาน ไม่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ หรือเขียนการวางแผนที่เป็นขั้นตอนที่ไม่ถูกต้อง
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	- ระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ - คำนึงถึงเป้าหมายของปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงานมากขึ้น	สร้างโครงสร้างของกลุ่มโดยการแบ่งหน้าที่ ปฏิบัติตามหน้าที่ของตนเอง และปรับความเข้าใจ ตรวจสอบติดตามการทำงานของสมาชิกคนอื่น ๆ ในระหว่างการทำงานได้ - สื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มตลอดการทำงาน	แก้ปัญหาด้วยตนเองมากกว่าการมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม

ตารางที่ 4 เกณฑ์แปลผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ระดับคะแนน	ระดับสมรรถนะ	คำอธิบาย
2.51 – 3.00	สูง	ระบุปัญหา ระบุหรือไม่เหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่และมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่
1.51 – 2.50	กลาง	ระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่แต่ไม่มีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่
1.00 – 1.50	ต่ำ	ระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาไม่ได้ มีการแบ่งหน้าที่แต่ไม่มีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา จากคำตอบของนักเรียนในใบงานสะเต็มศึกษา แล้วจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน โดยมี

ประเด็นที่ศึกษาแยกตามสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และด้านการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งเกณฑ์การประเมินสร้างขึ้นตามเกณฑ์ของ PISA 2015 โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ 1 คะแนน ระดับกลาง 2 คะแนน และระดับสูง 3 คะแนน ผลการวิจัยดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรายกลุ่ม

สมรรถนะหลัก	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	คะแนนสมรรถนะเฉลี่ย
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.20
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม	2.67	2.67	2.67	2.67	3.00	2.73

จากตารางที่ 5 สมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 แสดงว่านักเรียนระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่และมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ โดยทุกกลุ่มได้คะแนนเฉลี่ย 2.67 คะแนนยกเว้นกลุ่มที่ 5 ที่ได้คะแนนเต็มทุกสมรรถนะเนื่องจากกลุ่มที่ 5 ให้เหตุผลว่าเพราะอะไรน้ำแข็งกับเกลือจึงสามารถทำสเลปี้ได้ การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับการทดลองสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาดำเนินการผ่าน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การเชื่อมโยง การวางแผน การพัฒนา การร่วมมือ และการถ่ายทอด โดยให้นักเรียนทำโครงการตู้ปลาทอง นักเรียนใช้ pH ที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดสภาวะ pH ที่ดีที่สุดของปลาทอง และการติดตั้งออกซิเจนในตู้ปลา (Ridwan, Rahmawati and Hadinugrahaningsih, 2017) และกิจกรรมสะเต็มศึกษามลพิษไฟฟ้าของ LED ขนาดเล็กโดยใช้แหล่งสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากธรรมชาติ เช่น มะนาว เลมอน แอปเปิ้ล และน้ำเกลือ (Rahmawati *et al.*, 2019)

เมื่อพิจารณารายสมรรถนะพบว่าสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันและการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มได้คะแนนเต็มทุกกลุ่ม ส่วนการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.20 คะแนนเนื่องจาก

สมรรถนะหลักที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน นักเรียนระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญ ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานคือปัจจัยที่มีผลต่อปัญหานั้น ในขั้นที่ 1 ระบุปัญหา และการวางแผน ได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้และระบุปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อรายเคื่องของฟิว คราปสิ่งสกปรกบนภาชนะใส่อาหารและการแข็งตัวของน้ำหวาน และเสนอแนะวิธีแก้ปัญหา (ภาพที่ 1ก)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

1.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นี้คืออะไร

ลักษณะใส่อาหารโหลสกปรก สดวันมัน และตามสิ่งสกปรกเหลืออยู่

1.2 คราบสิ่งสกปรกบนภาชนะใส่อาหาร เกิดจากปัจจัยใดบ้าง

ชนิดของอาหาร, ชนิดของภาชนะใส่อาหาร, ประสิทธิภาพของน้ำยาล้างจาน

1.3 คราบสิ่งสกปรกบนภาชนะใส่อาหาร ส่งผลต่อชีวิตอย่างไร

ส่งผลต่อสุขภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากร่างกายได้รับสารปนเปื้อนหรือสารพิษในภาชนะอาหาร

1.4 ยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดคราบสิ่งสกปรกบนภาชนะใส่อาหาร

น้ำยาล้างจาน น้ำยาคำความสะอาด

(ก)

สาร	สูตรเคมี/สูตรโครงสร้าง
หัวเชื้อ N70	$C_{12}H_{25}NaO_4S$ Sodium lauryl ether sulfate (SLES)
สารซักฟอก F24	$C_{18}H_{37}NaO_2S$
ผงซัก EMAL	$C_{12}H_{25}NaO_4S$ Sodium Lauryl Sulfate (SLS)
ผงซัก Sodium chloride	$NaCl$ Sodium chloride

(ข)

ภาพที่ 1 สมรรถนะหลักที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ผลงานนักเรียนในขั้นที่ 1 (ก) และขั้นที่ 2 (ข)
ในขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลนักเรียนยกตัวอย่างส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์และสืบค้นสูตรเคมีและสูตรโครงสร้างของสารที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 1ข

สมรรถนะหลักที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา นักเรียนเลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน นักเรียนทุกกลุ่มวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา และนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง ในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและขั้นตอนการผลิต การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สเลปี้หรรษา นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องสมบัติคอลลิเกทีฟ การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลว

กลืนธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร และทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การเตรียมสารละลาย สารละลายผสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน สมุนไพรที่แต่ละกลุ่มเลือกและเหตุผลที่เลือกสมุนไพร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สารละลายผสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน สมุนไพรที่แต่ละกลุ่มเลือกและเหตุผลที่เลือกสมุนไพร

กลุ่มที่	ผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน	สารละลายผสม	สมุนไพรที่เลือก	เหตุผลที่เลือกสมุนไพร
1	สบู่เหลวกลืนธรรมชาติ	SLES + หัวเชื้อสบู่เหลว + ผงซัก NaCl + สารเพิ่มฟอง	กุหลาบ	หอม
2	สบู่ก้อนหอมสดชื่น	กลีเซอริน + น้ำผึ้ง + ทานาคา	ทานาคา	สรรพคุณ
3	น้ำยาล้างจานสมุนไพร	SLES + F24 + EMAL + มะกรูด	มะกรูด	หาง่าย
4	ยาหม่องน้ำ	พืมนเสน + การบูร + ยูคาลิปตัส	ยูคาลิปตัส	หอม

จากตารางที่ 6 การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลวกลืนธรรมชาติ สารละลายผสมคือ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) หรือ หัวเชื้อ N70 หัวเชื้อสบู่เหลว (Potassium Soap Liquid) ผงซัก NaCl และสารเพิ่มฟอง การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่ก้อนหอมสดชื่น สารละลายผสมคือ กลีเซอริน (Glycerin) น้ำผึ้งและทานาคา การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องน้ำยาล้างจานสมุนไพร สารละลายผสมคือ SLES สารซักดราป F24 ผงฟอง EMAL และมะกรูด การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ สารละลายผสมคือพืมนเสน การบูร และยูคาลิปตัส สมุนไพรที่เลือกคือ กุหลาบเพราะหอม ทานาคาเพราะสรรพคุณ มะกรูดเพราะหาง่าย ยูคาลิปตัสเพราะหอม นักเรียนเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาตามเหตุผลในการเลือกวิธีดำเนินการสั้น ๆ และไม่แสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นทั้ง 4 กลุ่มจึงได้คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรายกลุ่มเท่ากับ 2 คะแนน ผลงานวิจัยสอดคล้องกับ Suaklun (2019) ซึ่งเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.52 คะแนน (ร้อยละ 70.28) หลังเรียนนักเรียนยังมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก สอดคล้องกับ Sriwichai (2017) ซึ่งจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคะแนนเต็ม 18 นักเรียนได้ 12.61 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70.05

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาดำเนินการที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

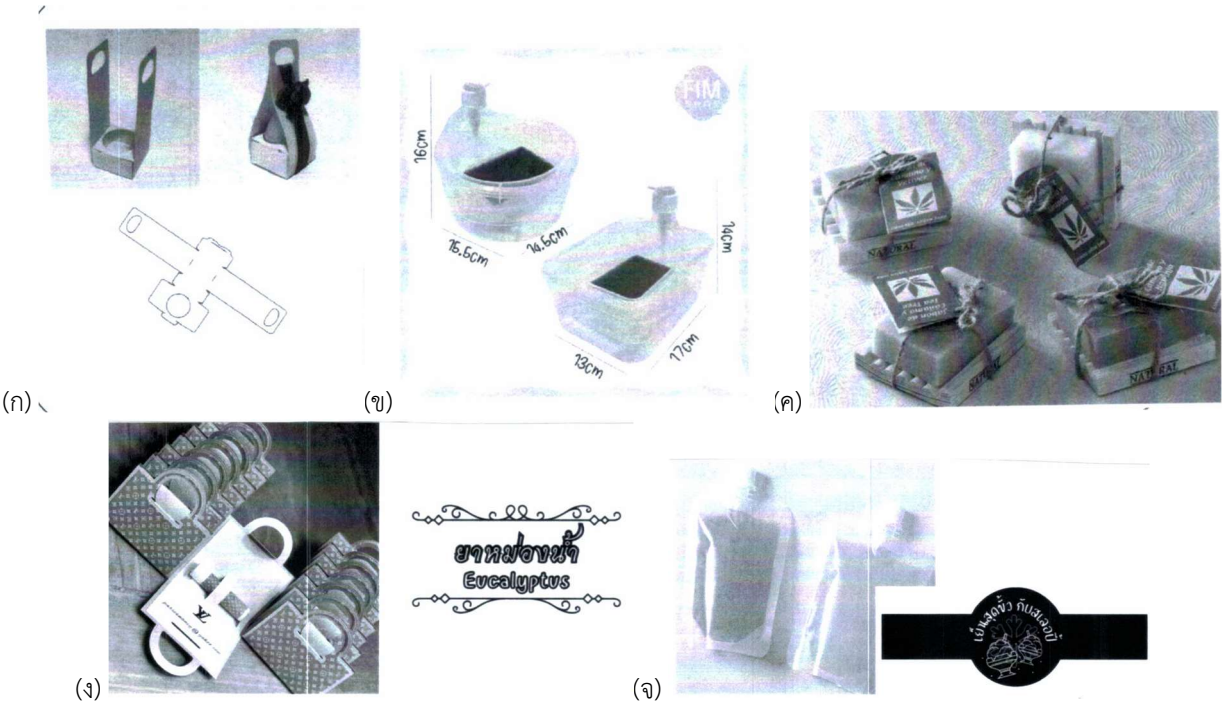
ขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล นักเรียนทดสอบผลิตภัณฑ์ทำให้พบปัญหาและหาแนวทางการแก้ปัญหา (ภาพที่ 2) อีกครั้งเช่นเดียวกับในขั้นที่ 1 แต่ขั้นที่ 1 เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ส่วนในขั้นที่ 5 นี้เป็นปัญหาที่นักเรียนพบระหว่างทำการทดลองสะเต็มศึกษา กล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ทำให้นักเรียนพบปัญหาและหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 วงรอบ

ทดสอบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
สี	สีใส ไม่ใสทามน้ำ เป็นคราบใส ใสข้างนอก	เติมสี เพื่อให้เกิดความใสให้ทามมากขึ้น ทล.ด้วยความเย็นลงนั้น
กลืน	กลืนหอมเมื่อเป็นฟอง 10% ไม่นอมคือมีอมมาก	เติมกลิ่นกุหลาบ เพิ่ม
การเกิดฟอง	ฟองมากจัดไป อาจทำให้เมื่อให้ใช้ทั้งความนุ่มส่วไว้ด้านใน	ลดปริมาณฟอง ในอัตราส่วนน้อยลง
ความชุ่มชื้น	เมื่อใช้แล้วเกิดความแห้งเล็กน้อย	เพิ่มปริมาณความชุ่มชื้น เช่น เราใส่สีกแทนหาน้ำจระเข้ , ใบชาค , ทาถก

ภาพที่ 2 คำตอบของนักเรียนในขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล

สำหรับกลุ่มที่ทำการทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องสบู่เหลวกลืนธรรมชาติ นักเรียนพบปัญหาเรื่องสีจึงเติมสีเพื่อให้ทราบว่า เป็นกลืนกุหลาบ สำหรับเรื่องกลืนนักเรียนได้เติมกลืนเพิ่มเพื่อเลียนแบบธรรมชาติ สบู่เหลวกลืนธรรมชาติมีฟองมากเกินไป นักเรียนแก้ปัญหาโดยลดสารเพิ่มฟองเป็นการนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ เมื่อล้างเกิดความแห้งเล็กน้อย นักเรียนเติมสารเพิ่มความชุ่มชื้น เช่น การสกัดจากว่านหางจระเข้ ใบบัวบกและแตงกวา

ขั้นที่ 6 การสรุปผล และนำเสนอผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม ซึ่งมีความโดดเด่นในด้านศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 3 นวัตกรรมของนักเรียนในการทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง (ก) สบู่เหลวกลืนธรรมชาติ (ข) น้ำยาล้างจานสมุนไพร (ค) สบู่ก้อนหอมสดชื่น (ง) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ และ (จ) สเลอบีธรรมชาติ

จากภาพที่ 3 การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลวกลืนธรรมชาติ ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายขนมไส้ ไล่ (ภาพที่ 3ก) น้ำยาล้างจานสมุนไพร บรรจุภัณฑ์เป็นแบบ 2in1 ขวดปั๊มใส่น้ำยาล้างจานพร้อมที่เก็บฟองน้ำซึ่งนวัตกรรมนี้ไล่ได้ ทั้งน้ำยาล้างจานและฟองน้ำ (ภาพที่ 3ข) สบู่ก้อนหอมสดชื่น ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายแพลายน้ำ (ภาพที่ 3 ค) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ ยาหม่องน้ำขนาด 10 x 6 cm ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายกระเป๋ (ภาพที่ 3ง) สเลอบีธรรมชาติ บรรจุภัณฑ์ที่เลือกสรรมา มีลักษณะง่ายต่อการตี (ภาพที่ 3จ) นักเรียนทำสเลอบีจากน้ำชาที่สามารถทำให้เป็นส เลอบีได้เช่นเดียวกับวิธีการทำสเลอบีที่ใช้น้ำอัดลมและน้ำส้มคั้น ผลงานนวัตกรรมที่โดดเด่นในขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผลคือ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้น่าซื้อ ทั้งยังประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง เป็นการพัฒนาศิลปะอุตสาหกรรม (Manual arts) คือ ศิลปะ ที่อาศัยทักษะที่มีความเฉพาะเจาะจง หรือเทคนิคที่จำเป็นสำหรับสร้างวัตถุเพื่อการอุตสาหกรรม เช่น งานออกแบบเครื่องจักสาน และทอผ้า งานออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

สมรรถนะหลักที่ 3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ คำนึงถึงเป้าหมายของ ปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงาน จะเห็นได้จากนักเรียนมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่และหน้าที่ของสมาชิกทุกคน ตามความเชี่ยวชาญของนักเรียนแต่ละคน ดังภาพที่ 4

สมาชิกคนที่	เหตุผลในการแบ่งหน้าที่	หน้าที่
1	ขอบหุด	นำเสนอ
2	ขอบวางแผนและลายมือสวย	ห้งหน้าทีมและเขียนรายงาน
3	ขอบทคลอง	นำทีมทคลอง
4	ขอบสืบค้นข้อมูล	สืบค้นข้อมูลสูตรเคมีและสูตรโครงสร้างของสาร
5	เคยนำเสนอโครงงาน	นำเสนอ
6	ถนัดด้านศิลปะและสร้างสรรค์	นำทีมออกแบบบรรจุภัณฑ์
7	คนที่ใช้กล้องเก่ง	ถ่ายวิดีโอ
8	ที่บ้านมีร้านขายของ	คำนวณต้นทุนกำไร

ภาพที่ 4 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของกลุ่มของทุกกลุ่มได้คะแนนสมรรถนะอยู่ในระดับสูงเพราะนักเรียนทุกกลุ่มระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ คำนึงถึงเป้าหมายของปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงานมากขึ้น ดังภาพที่ 4 ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Silachot, Kijkuakul and Chaiyasith (2020) แต่มีส่วนเพิ่มเติมในส่วนของการศิลปะที่มาส่วนในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การคำนวณต้นทุนกำไรเหมือนนักคณิตศาสตร์และการถ่ายทำวิดีโอ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะสมศึกษา ทำให้นักเรียนมีสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และด้านการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม สมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 โดยสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันและการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มได้คะแนนเต็มทุกกลุ่ม ส่วนการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.20 คะแนน ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปต้องให้นักเรียนระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และควรเพิ่มคำถามที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหา ตัวอย่างใบงานพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยสะสมศึกษาและคำถามการเตรียมสารละลายเพื่อทดลองสะสมศึกษาเรื่องสบู์เหลวกลั่นถูกลาบ สามารถสแกนดูคำถามและแนวคำตอบได้จาก QR code ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างใบงานพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยสะสมศึกษา

ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มเวลาในการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจะได้มีเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนออกขายสู่ท้องตลาด เช่น ค่า pH การระคายเคืองผิว ความแห้งกร้าน ปริมาณสิ่งสกปรกที่เหลืออยู่ และควรให้นักเรียนประเมินตนเองเรื่องความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

References

Bingham, P.G. (1998). The Necessity of a perception-approach to definite distance perception: Monocular distance perception to guide reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(1), 146-168.

- Buasan, R. (2008). **Qualitative research in education**. Bangkok: Modern words.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness**. USA: Colorado Springs.
- Chaidech, T., Chanunan, S. and Chaiyasit, W.C. (2017) Development of Collaborative Problem Solving Competency Using Research-Based Learning According to STEM Education in Fossil Fuels and Products (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 8(1), 51 – 66.
- Chanphong, T. (2023). The Implementation Argument Driven Inquiry Approach to Enhance Collaborative Problem-Solving Competency on the Topic of The World And Natural Disasters for Prathomsuksa 6 Students (in Thai). **M.Ed. Independent Study in Science Education**. Phitsanulok: Naresuan University.
- Choomchua, H. and Chanunan, S. (2021). Enhancing 11th Grade Students' Collaborative Problem Solving Competency by using Collaborative Problem-Based Learning Approach (CPBL) with the use of Padlet Application on the topic of Electrochemistry. **Journal of Education Naresuan University**, 23(3), 358 – 370.
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y. and Ridwan, A. (2017). Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STEAM integration. In **AIP Conference Proceedings** (Vol. 1868, No. 1). AIP Publishing.
- Karamustafaoğlu, O. and Pektaş, H. M. (2023). Developing students' creative problem solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. **Education and Information Technologies**, 28(6), 7651-7669.
- Laker, D. R. and Powell, J. L. (2011). The differences between hard and soft skills and their relative impact on training transfer. **Human resource development quarterly**, 22(1), 111-122.
- Levy, B. S. and Nassetta, W. J. (2003). Neurologic effects of manganese in humans: a review. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, 9(2), 153-163.
- McMillan, G. (2005). Is electric arc welding linked to manganism or Parkinson's disease?. **Toxicological reviews**, 24, 237-257.
- National Research Council. (1996). **National Science Education Standards**. Washington DC: The National Academy Press.
- National STEM Education Center. (2014). **STEM Education Network Handbook**. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Ministry of Education.
- OECD. (2017). **Pisa 2015 Collaborative Problem-Solving Framework**. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%200.pdf>. April 21, 2024.
- Office of the Basic Education Commission. (2024). Competency - based Education (in Thai). Retrieved 29 March 2024, from **CBE Thailand**: <https://cbethailand.com/>
- Pholsupho, P. Khamhaengpol, A. and Wattanasarn, H. (2023). Development of Creative Thinking of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Solution by Using STEAM Education (in Thai). **Journal of MCU Peace Studies**, 11(6), 2321-2334.
- Polya, G. (1971). **How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method**. New Jersey: Princeton University Press.
- Rahmawati, Y., Agustin, M. A., Ridwan, A., Erdawati, E., Darwis, D. and Rafiuddin, R. (2019). The development of chemistry students' 21 century skills through a STEAM project on electrolyte and non-electrolyte solutions. In **Journal of Physics: Conference Series** (Vol. 1402, No. 5, p. 055049). IOP Publishing.
- Ridwan, A., Rahmawati, Y. and Hadinugrahaningsih, T. (2017). STEAM integration in chemistry learning for developing 21st century skills. **MIER Journal of Educational Studies Trends & Practices**, 7(2), 184-194.

- Santamaria, A. B. and Sulsky, S. I. (2010). Risk assessment of an essential element: manganese. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, 73(2-3), 128-155.
- Silachot, S., Kijkuakul, S., and Chaiyasith, W. C. (2020). Development Of Collaborative Problem Solving Competency On 11th Grade Students By Using Problem Based Stem Learning Management In The Topic Of Electrochemistry (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 22(3), 248-261.
- Sriwichai, T. (2017). Problem-Based Learning to Promote Learning Achievement and Scientific Reasoning on Fundamental Chemistry in the topic of Chemical Reaction for 10th Grade Students (in Thai). **Master Of Arts in Teaching Science**. Bangkok: Rangsit University.
- Suaklun, P. (2019). Effects of Learning using Historical Approach on Scientific Reasoning Abilities and Chemistry Learning Achievement of Upper Secondary School Students (in Thai). **Master of Education in Science Education**. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Tornee, N., Bunterm, T., Lee, K. and Muchimapura, S. (2019). Examining the effectiveness of guided inquiry with problem-solving process and cognitive function training in a high school chemistry course. **Pedagogies: An International Journal**, 14(2), 126-149.
- Wuttisela, K. (2022). **9 New Paradigms of STEM Education** (in Thai). Ubon Ratchathani, Ubon Ratchathani University Press.
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. **Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design and Engineering Teaching**, Salt Lake City, Utah, USA.