

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี
จากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

DEVELOPMENT OF THE LEARNING ACTIVITY PACKAGE TO ENHANCE SCIENCE
EXPERIMENTAL SKILLS ON THE ELECTROCHEMICAL CELL FROM FRUIT JUICE FOR
9th GRADE STUDENTS

น้ำฝน คูเจริญไพศาล* ศุทธดา หมั่นแก้ว และสิตหทัย ลิเอกวรณเจริญ
Numphon Koocharoenpisal*, Sutthada Mankaew, and Sitahathai Lieagwanjarean

E-mail: numphon@g.swu.ac.th*, sutthada.mankaew@g.swu.ac.th, and
sitahathai.pim@g.swu.ac.th

Received: September 1, 2023

Revised: September 14, 2023

Accepted: October 16, 2023

ABSTRACT

This research was to develop the learning activity package that enhance science experimental skills on the electrochemical cell from fruit juice for 9th grade students and study the implementation of the learning activity package consisting of comparing the students' science experimental skills between before and after learning, and studying the students' science experimental skills comparing the mean score during learning with the 70% criteria of scores. A quasi-experimental research of one-group pretest-posttest design was used in this study. The sample group was one classroom of 9th grade students by cluster random sampling (N = 33). The research tools consisted of: 1) the learning activity package to enhance science experimental skills on the electrochemical cell from fruit juice, 2) the students' work assessment form, and 3) the test of science experimental skills. The statistics for data analysis were mean, standard deviation, percentage, t-test for dependent sample, and t-test for one sample. The results showed that 1) the quality of learning activity package verified by experts was at level of very good, 2) the mean scores of science experimental skills of posttest were higher than those of pretest at the statistically significant .01 level, and 3) the science experimental skills of students have mean scores during learning at 77.67%, which was higher than the 70% criteria at the statistically significant .01 level.

Keywords: Electrochemical cell, Experimental skills, Learning activity package, Science learning

*Corresponding author E-mail: numphon@g.swu.ac.th

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร 10110

Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110 Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ ศึกษาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนกับเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ที่กำหนด การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และมีการเก็บข้อมูลคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียนร่วมด้วย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 33 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) แบบประเมินผลงานการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ และ 3) แบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ค่าสถิติแบบ t-test for dependent sample และค่าสถิติแบบ t-test for one sample ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด 2) ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: เซลล์ไฟฟ้าเคมี, ทักษะการทดลอง, ชุดกิจกรรมการเรียนรู้, การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1. บทนำ

วิธีการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันต้องการส่งเสริมให้สถานศึกษานำหลักสูตรฐานสมรรถนะไปปฏิบัติ โดยจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง และเน้นพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อยกระดับคุณภาพของการศึกษา สอดคล้องกับแผนการปฏิรูปประเทศด้านการศึกษาที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้สู่การเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีจุดเน้นมุ่งต่อยอดการเรียนรู้เพื่อเน้นทักษะพื้นฐานทางการเรียนรู้และการดำรงชีวิต เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาที่อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำให้สูงขึ้น (Office of the National Economic and Social Development Council [NESDC], 2021; 2023, Online) การจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมถึงมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและผู้สอน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้มีความสุขกับการเรียน (Chomchunjai et al., 2022, p. 107; Netrthanon, 2020, p. 109) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และได้ค้นหาความรู้จากกระบวนการสืบเสาะจากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ และการทดลอง โดยนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต (Office of the Basic Education Commission [OBEC], 2017, p. 3) จากข้อมูลโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA ในปี 2018 ที่มีการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนอายุ 15 ปี พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 426 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่มีค่า 489 (OECD คือ Organization for Economic Co-Operation and Development) ซึ่งเห็นว่าความสามารถ ด้านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุง ซึ่งการประเมินของ PISA ให้ความสำคัญกับความสามารถในการนำความรู้และทักษะไปใช้ได้จริงในชีวิตและการทำงานในอนาคต นักเรียนเรียนรู้ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มาน้อยเพียงใด มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดีเพียงใด ผลการประเมินในหมวดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่สาคลให้มีความสำคัญ เพราะถือว่าเป็นตัวชี้บอถึงความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนไทยเกือบร้อยละ 50 มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงระดับพื้นฐานจึงชี้ให้เห็นถึงปัญหาของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2021, pp. 19-20) จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 รายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ 31.45 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์

มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพึงพอใจ (National Institute of Educational Testing Service [NIETS], 2021, Online) ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์

ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะได้คิด ปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้าทดลอง และฝึกฝนการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ให้ได้มาซึ่งความรู้โดยการปฏิบัติและฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ ฝึกการแก้ปัญหา และแสวงหาความรู้ใหม่ ผู้เรียนควรพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นนักสำรวจ นักคิด นักแก้ปัญหา มีพฤติกรรมที่ชอบการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ (Longpoh & Wutchana, 2022, p. 242) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากในการจัดการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์ ดังนั้น นักเรียนควรได้รับการฝึกฝน ค้นคว้า และทดลองด้วยตนเอง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Sedrit et al., 2020, pp. 29-30) การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการค้นคว้า ปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง และมีครูเป็นผู้ให้คำปรึกษา ทำให้ผู้เรียนเกิดความสุข ความภาคภูมิใจ ในผลงานของตนเอง และส่งผลให้มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก (Sopha et al., 2018, p. 111) ชุดกิจกรรมมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเนื่องจากช่วยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนได้อย่างเป็นระบบ มีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและอยากเรียนรู้ การปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้พัฒนากระบวนการคิด และทำงานตามความสามารถตนเองได้เต็มตามศักยภาพ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tebumroon, 2018, pp. 95-108) การเรียนด้วยชุดกิจกรรมเป็นการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยครูมีหน้าที่เตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ คอยแนะนำผู้เรียนหากผู้เรียนมีข้อสงสัย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงศักยภาพในการเรียนรู้ของตนเองออกมาอย่างเต็มที่ (Ngamprakhon et al., 2018, p. 78)

Phakdeevong and Watchana (2021, pp. 113-126) ได้ศึกษาวิจัยการใช้ชุดกิจกรรมการทดลองและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนใช้ชุดกิจกรรม เนื่องจากเป็น การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ สื่อที่ใช้เป็นสื่อที่เป็นรูปธรรมมีความหลากหลาย มีความเหมาะสมกับวัย เนื้อหา และความแตกต่างระหว่างบุคคล นักเรียนได้สืบค้นความรู้และฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง อย่างเป็นขั้นตอน มีครูคอยเสนอแนะ และเปิดโอกาสให้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในห้อง Chema (2020, pp. 41-54) ได้ศึกษาวิจัยและพบว่าการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนฝึกความสามารถในการใช้เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ ในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง และหาข้อสรุปผลการทดลอง นักเรียนได้เรียนรู้และรู้จัก การคิดหาเหตุผลจากการลงมือปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง เกิดเป็นองค์ความรู้ของตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะและสนับสนุน คอยช่วยเหลือในกรณีที่กิจกรรมที่เหมาะสมกับวัย งานวิจัยของ Koocharoenpisal et al. (2022, p. 103) ได้พัฒนาชุด กิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์จากดินญี่ปุ่น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลการเรียนรู้ของ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด เนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงผ่านการเรียนด้วยกระบวนการกลุ่ม มีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูลและเรียนรู้ด้วยตนเอง แลกเปลี่ยนความคิด เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง บันทึกผลการทดลอง และนักเรียนได้ออกแบบและสร้างสรรค์ผลงาน รวมทั้งพัฒนาทักษะการสื่อสาร ผ่านการนำเสนอผลงาน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลอง ฝึกทักษะการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหา สาระเกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยประยุกต์เนื้อหาเกี่ยวกับ การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ เพื่อให้เนื้อหาและกิจกรรมมีความ ทันสมัย แปลกใหม่ และออกแบบกิจกรรมให้แตกต่างไปจากเนื้อหาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเคยเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้ทำ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากเดิม ทั้งนี้ ผู้วิจัยประยุกต์เนื้อหาจากงานวิจัยของผู้วิจัยที่ได้ทำการศึกษา ประสิทธิภาพการสร้างแรงดันไฟฟ้าจากน้ำผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ และผลการวิจัยพบว่า น้ำผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ สามารถ สร้างแรงดันไฟฟ้าได้แตกต่างกันโดยใช้แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบเซลล์กัลวานิกที่ใช้น้ำผักผลไม้แทนสารละลายที่ทำจาก สารเคมี จึงสนใจที่จะนำเนื้อหาเรื่องนี้มาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเมื่อวิเคราะห์หลักสูตรและตัวชี้วัดแล้ว จึงกำหนด กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพราะนักเรียนมีพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องแรงดันไฟฟ้ามาแล้ว และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่ยังขาดประสบการณ์ในการทำทดลองทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก 2-3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2563-2565) นักเรียนต้องเรียนออนไลน์อยู่ที่บ้านเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา

(COVID-19) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ชุดกิจกรรม โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมที่สร้างกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งเป็นการเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ และศึกษาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทักษะการทดลองเป็นทักษะหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญมากในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนา ทักษะการทดลองสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ ทักษะการทดลองจะเกิดขึ้นได้ นักเรียนต้องได้ลงมือปฏิบัติจริง ลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนด้วยตนเอง ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง Vishnu (2021, pp. 27-29) และ Wanpan & Ruangsak (2021, pp. 43-52) อธิบายว่าทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นส่วนสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์แบ่งเป็นการออกแบบและการวางแผนการทดลอง การออกแบบเครื่องมือทดลอง การสร้างเครื่องมือทดลองและการตรวจสอบ การพัฒนาขั้นตอนการทดลอง รวบรวมข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบที่เหมาะสม (การสังเกต การอ่านเครื่องมือและการนำเสนอผลด้วยความถูกต้อง เหมาะสม) และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งทักษะการทดลองสามารถพัฒนาได้จากการใช้ชุดกิจกรรม งานวิจัยของ Manopattanakron (2019, pp. 55-62) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมเพื่อเสริมความรู้ความเข้าใจและทักษะการทดลองของนักเรียน เรื่อง แบคทีเรียและเชื้อราในวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและทักษะการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยจากทุกกิจกรรมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากนักเรียนได้พัฒนาทักษะการทดลองในด้านการออกแบบการทดลอง ด้านการบันทึกและสรุปผล อีกทั้งการสอนโดยใช้การทดลองเป็นการสอนที่ผู้เรียนได้ดำเนินกิจกรรมด้วยตนเอง สมาชิกทุกคนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติ ได้คิดวิเคราะห์และฝึกฝนแก้ปัญหา ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ เนื่องจากชุดกิจกรรมมีความหลากหลาย ทำให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียน ทำให้การเรียนมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ ชุดกิจกรรมเป็นสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน เพราะเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และได้ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อฝึกทักษะการเรียนรู้ต่าง ๆ การสร้างชุดกิจกรรม มีหลักการอย่างเป็นระบบ ออกแบบเนื้อหาให้เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของนักเรียน มีการเรียงลำดับเนื้อหาให้ต่อเนื่อง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยกระบวนการกลุ่ม กิจกรรมมีความน่าสนใจ แปลกใหม่ มีการจัดสื่อเข้าอย่างเป็นระบบและหลากหลาย ทำให้บรรยากาศในการเรียนไม่น่าเบื่อ Chotchum (2019, pp. 57-68) และ Nipornram et al. (2021, p. 154) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เรื่องการตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อาจเนื่องจากชุดกิจกรรมมีความง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เนื้อหาทันสมัยแปลกใหม่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง การออกแบบชุดกิจกรรมมีความน่าสนใจ มีภาพประกอบใบกิจกรรมเหมาะสมต่อการทำกิจกรรม มีกิจกรรมที่หลากหลาย เน้นการทดลอง การสร้างสรรค์การประดิษฐ์ชิ้นงานผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้นักเรียนให้ความสนใจ มีการอธิบายลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมที่ชัดเจนทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้การสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมมีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น เนื่องจากชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองมีขั้นตอนกิจกรรมที่หลากหลาย ที่ช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

Sungthong and Phumkeaw (2020, pp. 24-25) อธิบายว่า เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยารีดอกซ์ โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ครึ่งเซลล์ที่มาต่อเข้าด้วยกัน แต่ละครึ่งเซลล์ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่จุ่มลงในสารละลาย เรียกว่า อิเล็กโทรด (Electrode) ขั้วที่จ่ายอิเล็กตรอนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า ขั้วแอโนด (Anode) เป็นขั้วลบ (-) และขั้วที่รับอิเล็กตรอนเกิดปฏิกิริยารีดักชัน เรียกว่า ขั้วแคโทด (Cathode) เป็นขั้วบวก (+) โดยขั้วไฟฟ้าแต่ละครึ่งเซลล์เชื่อมต่อกันด้วยเส้นลวดตัวนำและต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า และเชื่อมวงจรภายในให้ครบวงจรโดยใช้สะพานเกลือต่อระหว่างสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์ โดยจะเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารในเซลล์และมีไอออนบวก ไอออนลบ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงกัน สารละลายที่ใช้ทำสะพานเกลือ เช่น สารละลาย

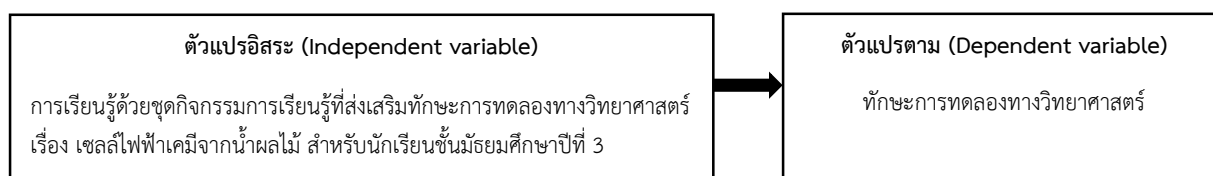
โพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) มีการนำเซลล์กัลวานิกมาใช้ประโยชน์ทั่วไป เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ (Jansrimai et al., 2020, p. 70; Sawangpop et al., 2017, pp. 421-428) งานวิจัยของ Tan and Pee (2020, pp. 81-89) ศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าเคมีของแบตเตอรี่ ผักและผลไม้ โดยได้จับคู่ขั้วไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ประกอบไปด้วย เหล็ก ทองแดง แมกนีเซียม สังกะสี อะลูมิเนียม ผักและผลไม้ ได้แก่ มะนาว มันฝรั่ง กีวี แอปเปิล ส้ม และเกรปฟรุต พบว่าหลอดไฟ LED สว่าง สรุปได้ว่าผักและผลไม้สามารถทำให้เกิด แรงดันไฟฟ้าแทนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสารเคมีได้ นอกจากนี้ Khattiyavong et al. (2014, pp. 146-154) พัฒนาชุด การทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนที่ทำจากเส้นด้าย ชุดอุปกรณ์นี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะ ได้แก่ ทองแดง เงิน สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม และแมกนีเซียม โดยใช้สะพานเกลือที่ทำจากเส้นด้ายชุบด้วยสารละลายเกลือที่แตกตัวง่าย พบว่าเส้นด้าย ที่ชุบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) แต่จะมีอายุการใช้งาน ที่ค่อนข้างสั้น และอาจเกิดเป็นตะกอนหากใช้กับขั้วไฟฟ้าที่เป็นสังกะสี เงิน และตะกั่ว ส่วนเส้นด้ายที่ชุบด้วยสารละลายอิมัลชัน โพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) มีความเสถียรมากกว่า และทำให้เซลล์มีศักย์ไฟฟ้าสูง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีเนื้อหา เกี่ยวกับเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในชุดกิจกรรม จะเน้นการใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ พื้นฐานที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้และฝึกปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง งานวิจัยนี้ออกแบบเนื้อหากิจกรรมใหม่ให้ทันสมัย แตกต่าง จากเนื้อหาเดิมที่มีอยู่ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติกิจกรรมใหม่ ๆ และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ ไปใช้ประโยชน์ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อน เรียนและหลังเรียน (One-group pretest-posttest design) และเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนกับ เกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด

กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนำชุดกิจกรรมที่สร้างไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีแนวคิดการวิจัย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานของการวิจัย

1. ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ มีคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด

ขอบเขตการวิจัย

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2565 ภาคเรียนที่ 2 ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา พัฒนาการ รัชดา จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 11 ห้องเรียน มีนักเรียน 467 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 33 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับหลักการออกแบบและสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกที่ใช้ น้ำผลไม้แทน สารละลายอิเล็กโทรไลต์ องค์ประกอบที่ใช้ทำเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก การใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทาง วิทยาศาสตร์ เช่น มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องชั่งน้ำหนัก เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้

ขั้นตอนการวิจัย มีวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและงานวิจัย เช่นการพัฒนาชุดกิจกรรม ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ เพื่อนำเนื้อหาหาวิเคราะห์ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และขอบเขตเนื้อหาที่จะใช้ในการออกแบบกิจกรรม ศึกษาการสร้างเครื่องมือในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น การสร้างแบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินผลงานนักเรียน และศึกษาการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาและทดลองการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาออกแบบชุดกิจกรรม

นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาออกแบบกิจกรรมการทำการทดลองการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรม ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสารและอุปกรณ์ที่ใช้ และวิธีการในการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมี จากการทดลองพบว่า น้ำผลไม้เมื่อละลายน้ำสามารถแตกตัวให้ไอออนได้ แล้วสร้างแรงดันไฟฟ้าได้ จึงสามารถนำน้ำผลไม้มาใช้แทนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยน้ำผลไม้แต่ละชนิดจะสร้างแรงดันไฟฟ้าได้ต่างกัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและบทความวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกผลไม้ 6 ชนิด ได้แก่ แตงโม แคนตาลูป แตงร้าน ส้ม สับปะรด และมะเขือเทศ เพื่อนำน้ำผลไม้เหล่านี้มาใช้เป็นสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์ของแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี ทั้งนี้ขั้นตอนหลักในการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมี คือ การนำส่วนประกอบต่าง ๆ มาเชื่อมกันเป็นวงจรโดยใช้สายไฟพร้อมปากคีบสีดำและสีแดง ออกแบบกิจกรรมการทดลองและทำการทดลองสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีในห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดสารเคมี วัสดุและอุปกรณ์ และเวลาสำหรับทำกิจกรรมให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดกิจกรรมกับนักเรียน โดยสรุปสาระสำคัญของการทดลอง ที่แบ่งเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้ความยาวของสะพานเกลือที่ต่างกัน และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้ความยาวของขั้วไฟฟ้าต่างกัน สร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ 1) แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ที่มีสะพานเกลือที่ทำจากเส้นด้ายชนิดฝ้ายชุบด้วยสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร ที่มีความยาวต่างกัน ดังนี้ แบบที่ 1 แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี 2 ขั้ว ที่ใช้สะพานเกลือยาว 15 และ 20 เซนติเมตร แบบที่ 2 สร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี 2 ขั้ว ที่ใช้สะพานเกลือยาว 20 และ 30 เซนติเมตร ผลการทดลอง พบว่า แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบที่ 2 สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่า จึงมีความเหมาะสมในการนำไปสร้างเป็นกิจกรรม 2) แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ที่มีขั้วไฟฟ้าที่ทำจากโลหะชนิดสังกะสีและโลหะชนิดทองแดงที่มีความยาวต่างกัน (พื้นที่ผิวต่างกัน) ดังนี้ แบบที่ 1 สร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี 2 ขั้ว ที่ใช้ชนิดสังกะสีและโลหะชนิดทองแดงที่จุ่มลงในน้ำผลไม้ ความยาว 3 และ 4 เซนติเมตร แบบที่ 2 สร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี 2 ขั้ว ที่ใช้ชนิดสังกะสีและโลหะชนิดทองแดงที่จุ่มลงในน้ำผลไม้ความยาว 3 และ 5 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบที่ 2 สร้างแรงดันไฟฟ้าได้ดีกว่าจึงเลือกไปออกแบบกิจกรรมในชุดกิจกรรม

การทดลองที่ 2 สร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ 6 ชนิด ได้แก่ แตงโม แคนตาลูป มะนาว ส้ม สับปะรด และมะเขือเทศ ที่นำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยเลือกใช้คูน้ำผลไม้ที่มีชนิดต่างกัน และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้แต่ละคู่โดยสังเกตแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์ พบว่า คูน้ำผลไม้ที่มีชนิดต่างกันส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้แตกต่างกัน จึงสามารถนำน้ำผลไม้ 6 ชนิด มาออกแบบกิจกรรมได้

การทดลองที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่นำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน โดยนำน้ำผลไม้มาเตรียมที่ความเข้มข้น 25%, 50% และ 100% w/w เพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของน้ำผลไม้มีความเข้มข้นต่างกันแต่ละคู่ โดยวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์ พบว่า แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นต่างกันสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้แตกต่างกัน โดยคูน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าคูน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า แต่แรงดันไฟฟ้าต่างกันไม่มากและเพื่อเป็นการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่า เน้นความประหยัด ความพอเพียง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้น้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นน้อยมาออกแบบกิจกรรม โดยจากการทดลองการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี พบว่า การทดลองที่ 1 แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ที่มีสะพานเกลือและขั้วไฟฟ้าแบบที่ 2 การทดลองที่ 2 แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ 6 ชนิด พบว่า แตงโม แคนตาลูป แตงร้าน

ส้ม สับปะรด และมะเขือเทศ สามารถนำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ได้ และการทดลองที่ 3 แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ที่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน เตรียมที่ความเข้มข้น 25% และ 50% w/w มีความเหมาะสมในการนำไปออกแบบกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดกิจกรรม และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก ใช้เวลา 1 คาบ กิจกรรมที่ 2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ ใช้เวลา 2 คาบ และกิจกรรมที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน ใช้เวลา 1 คาบ รวม 3 กิจกรรม ใช้เวลา 4 คาบ (คาบละ 50 นาที)
2. แบบประเมินผลงานการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ ใช้เกณฑ์รูบริคแบบแยกส่วน (Analytic rubric score) แบ่งเกณฑ์การประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ 1) การออกแบบวางแผนขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 2) การใช้อุปกรณ์ในการทดลอง 3) การปฏิบัติการทดลอง และ 4) การบันทึกและสรุปผลการทดลอง โดยมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน
3. แบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 25 ข้อ (35 คะแนน) ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (20 คะแนน ข้อละ 1 คะแนน) และข้อสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ (15 คะแนน ข้อละ 3 คะแนน) ใช้เวลาทำแบบวัดทักษะ 40 นาที
4. แบบประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน และตอนที่ 2 แบบประเมินคุณภาพชุดกิจกรรม โดยใช้รูปแบบของการประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มีลักษณะเป็น 5 ระดับ แบ่งรายการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านการจัดกิจกรรม 2) ด้านเนื้อหา 3) ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ และ 4) ด้านองค์ประกอบอื่น ๆ
5. แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. แบบตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างทักษะการทดลองกับข้อคำถามของแบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วย 3 กิจกรรม มีจุดประสงค์การเรียนรู้ และลักษณะของกิจกรรม ดังนี้

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของกิจกรรมในชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้

กิจกรรม	จุดประสงค์การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม
กิจกรรมที่ 1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก (ใช้เวลา 50 นาที) กิจกรรมที่ 1.1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้สะพานเกลือที่มีความยาวต่างกัน กิจกรรมที่ 1.2 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีความยาวต่างกัน	1. อธิบายหลักการทำงานของเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี 3. ทดลองการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ 4. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้ความยาวของสะพานเกลือต่างกัน 5. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ใช้ความยาวของขั้วไฟฟ้าต่างกัน	เรียนรู้หลักการทำงานของเซลล์ไฟฟ้าเคมีแบบเซลล์กัลวานิก และขั้นตอนการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ ทดลองเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีเมื่อใช้สะพานเกลือที่ทำจากเส้นด้ายชนิดฝ้ายชุบด้วยสารละลายโพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ความเข้มข้น 0.01 โมลต่อลิตร ที่มีความยาวต่างกัน (พื้นที่ผิวต่างกัน) และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ขั้วไฟฟ้าที่ทำจากโลหะชนิดสังกะสีและโลหะชนิดทองแดงที่มีความยาวต่างกัน (พื้นที่ผิวแตกต่างกัน) ในการจุ่มลงในสารละลายที่ทำจากน้ำผลไม้ และสังเกตแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์
กิจกรรมที่ 2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ (ใช้เวลา 100 นาที)	1. อธิบายขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ 2. ออกแบบและสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ 3. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้น้ำผลไม้ชนิดต่างกัน	ออกแบบแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่สร้างแรงดันไฟฟ้าได้ต่างกัน ทดลองสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่นำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ด้วยการเลือกใช้น้ำผลไม้ชนิดต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแต่ละคู่ และสังเกตแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์

ตารางที่ 1 (ต่อ) ลักษณะสำคัญของกิจกรรมในชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้

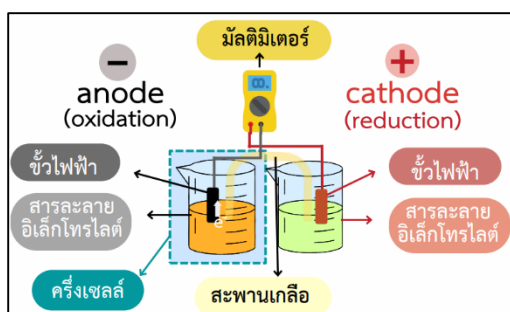
กิจกรรม	จุดประสงค์การเรียนรู้	ลักษณะกิจกรรม
กิจกรรมที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน (ใช้เวลา 50 นาที)	1. อธิบายขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน 2. เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ความเข้มข้นของน้ำผลไม้ต่างกัน	ออกแบบแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน ที่สร้างแรงดันไฟฟ้าได้ต่างกัน ทดลองสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่นำมาใช้เป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน และเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแบบจำลองแต่ละคู่ที่วัดด้วยมัลติมิเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

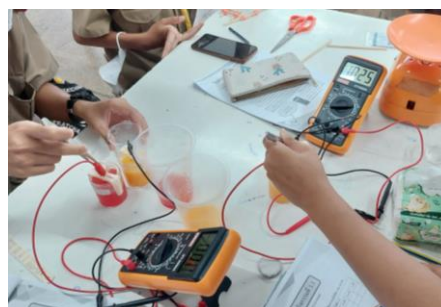
นำชุดกิจกรรมที่สร้างส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพ และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของชุดกิจกรรม ผลการประเมินพบว่า ชุดกิจกรรมมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence, IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกกิจกรรม ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดว่าค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าระหว่าง 0.50-1.00 และนำผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมมาวิเคราะห์ โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) นำคะแนนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51-5.00 หมายถึง มากที่สุด 3.51-4.50 หมายถึง มาก 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง 1.51-2.50 หมายถึง น้อย 1.00-1.50 หมายถึง น้อยที่สุด ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.23 แสดงว่าชุดกิจกรรมมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมให้สมบูรณ์ขึ้นนำแบบวัดทักษะที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยแบบวัดที่สร้างมีข้อสอบจำนวน 32 ข้อ แบ่งเป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และข้อสอบอัตนัย จำนวน 7 ข้อ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินจำนวน 3 ท่าน พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องของทักษะการทดลองกับข้อคำถามของแบบวัดทักษะ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมิน จึงเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างโดยแบ่งเป็นข้อสอบปรนัยจำนวน 20 ข้อ และข้อสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ

ขั้นตอนที่ 5 การทดลองใช้ชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้กับกลุ่มตัวอย่างและเก็บรวบรวมข้อมูล

นำชุดกิจกรรมไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 33 คน ใช้เวลาทั้งหมด 4 วัน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยวันที่ 1 ให้นักเรียนทำแบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ ใช้เวลาในการสอบ 40 นาที วันที่ 2 ให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก 1 คาบ วันที่ 3 นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2 การออกแบบและสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิกจากน้ำผลไม้ 2 คาบ วันที่ 4 นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน 1 คาบ เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบทั้ง 3 กิจกรรมแล้ว จึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ฉบับเดิมกับที่ใช้ก่อนเรียน และในการจัดกิจกรรมผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง และเก็บข้อมูลระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมร่วมด้วยเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลและนำผลการปฏิบัติกิจกรรมในชุดกิจกรรมของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเก็บคะแนนระหว่างเรียนร่วมด้วย



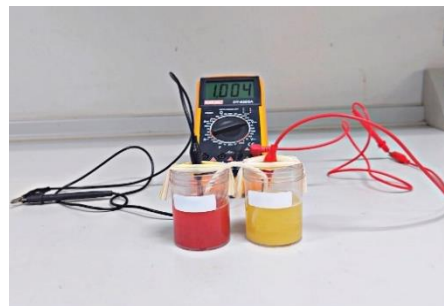
รูปที่ 2 ส่วนประกอบเซลล์กัลวานิก



รูปที่ 3 นักเรียนสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก



รูปที่ 4 นักเรียนปฏิบัติกรทดลองสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นต่างกัน



รูปที่ 5 แบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติค่า t -test for dependent samples และวิเคราะห์คะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนจากใบกิจกรรมทั้ง 3 กิจกรรม มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ใช้สถิติค่า t -test for one sample โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics Base 22.0

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ

ชุดกิจกรรมที่สร้างเป็นสื่อการเรียนรู้ประเภทสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อใช้สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเน้นพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ นักเรียนได้พัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลองวิทยาศาสตร์ ได้บันทึกผล สรุปผล และอภิปรายผล โดยองค์ประกอบของชุดกิจกรรมประกอบด้วยชื่อชุดกิจกรรม คำชี้แจง ชื่อกิจกรรม จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม ใบกิจกรรม คำถามท้ายกิจกรรม ใบความรู้ และเกณฑ์การประเมินผลงาน แบ่งการประเมินทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 วิธี ได้แก่ 1) การประเมินระหว่างเรียนจากการปฏิบัติกิจกรรม แบ่งเป็น 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภทเซลล์กัลวานิก กิจกรรมที่ 2 การออกแบบและสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ และกิจกรรมที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ที่มีความเข้มข้นต่างกัน และ 2) การประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ

ระดับคุณภาพ	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้		
	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. ด้านการจัดกิจกรรม			
1.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับชั้นของนักเรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 กิจกรรมส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 กิจกรรมมีความหลากหลาย น่าสนใจ	5.00	0.00	มากที่สุด
1.5 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
1.6 ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมอธิบายละเอียดชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.7 วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้มีความเหมาะสมกับกิจกรรม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.8 คำถามท้ายกิจกรรมมีจำนวนข้อเหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด
1.9 คำถามท้ายกิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.10 คำถามท้ายกิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสมกับนักเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยด้านการจัดกิจกรรม	4.87	0.17	มากที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ

ระดับคุณภาพ	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้		
	$\bar{X}$	SD	ระดับคุณภาพ
2. ด้านเนื้อหา			
2.1 เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.67	0.58	มากที่สุด
2.3 เนื้อหาที่มีความง่ายเหมาะสมกับนักเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 การจัดลำดับเนื้อหาที่มีความต่อเนื่อง	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 ภาษาที่ใช้อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม	4.67	0.58	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อหา	4.67	0.58	มากที่สุด
3. ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ			
3.1 การเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนากิจกรรมทดลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการทดลอง	5.00	0.00	มากที่สุด
3.3 กิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม	5.00	0.00	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	5	0.00	มากที่สุด
4. ด้านองค์ประกอบอื่น ๆ			
4.1 คำชี้แจงในชุดกิจกรรมมีความชัดเจน	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2 ขนาดของตัวอักษรในชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
4.3 ขนาดของเล่มชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด
4.4 การเรียงลำดับหัวข้อของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด
4.5 การจัดวางองค์ประกอบได้เหมาะสม	4.33	0.58	มาก
คะแนนเฉลี่ยด้านองค์ประกอบอื่น ๆ	4.53	0.58	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.77	0.23	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพชุดกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.77 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.23 แสดงว่า ชุดกิจกรรมมีคุณภาพในระดับมากที่สุด และแต่ละด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

4.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรม

ผลการเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน

การทดสอบ	N	แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	%	SD	ร้อยละความก้าวหน้า (%)	t.	Sig.
ก่อนเรียน	33	ปรนัย	20	5.88	29.39	2.27	26.75	21.644**	.000
		อัตนัย	15	0.00	0.00	0.00			
		รวม	35	5.88	16.80	2.27			
หลังเรียน	33	ปรนัย	20	14.42	72.12	1.90			
		อัตนัย	15	0.81	5.45	1.24			
		รวม	35	15.24	43.55	2.06			

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 3 พบว่า ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ คะแนนข้อสอบปรนัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 16.80 และข้อสอบอัตนัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 0.00 รวมคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 คิดเป็นร้อยละ 16.80 ส่วนหลังเรียน ข้อสอบปรนัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.42 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.12 และข้อสอบอัตนัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 5.45 รวมคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 43.55 มีร้อยละความก้าวหน้า 26.75 และจากการทดสอบด้วยสถิติ t-test for dependent sample พบว่า ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4.3 ผลคะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลคะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน โดยเก็บคะแนนจากการปฏิบัติกิจกรรมและบันทึกข้อมูลในชุดกิจกรรม และแบบประเมินผลงานการสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และร้อยละ (%) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรม	วิธีการวัด	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	%
กิจกรรมที่ 1 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีประเภท เซลล์กัลวานิก	ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.1	10	7.52	1.80	75.15
	ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.2	10	4.58	2.11	45.76
	คำถามท้ายกิจกรรมที่ 1	10	7.00	0.00	70.00
	คะแนนรวม	30	19.09	3.36	63.64
กิจกรรมที่ 2 การออกแบบและสร้างแบบจำลอง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้	ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2	20	14.91	1.96	74.55
	คำถามท้ายกิจกรรมที่ 2	8	6.91	0.29	86.36
	แบบประเมินผลงานการสร้างแบบจำลอง เซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้	12	8.58	0.87	71.46
	คะแนนรวม	40	30.39	2.70	75.98
กิจกรรมที่ 3 การสร้างแบบจำลองเซลล์ไฟฟ้าเคมี จากน้ำผลไม้ที่ความเข้มข้นต่างกัน	ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3	20	18.61	2.15	93.03
	คำถามท้ายกิจกรรมที่ 3	10	9.58	0.56	95.76
	คะแนนรวม	30	28.18	2.11	93.94
ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวม		100	77.67	4.63	77.67

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.67 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.67 กิจกรรมที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.09 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 63.64 กิจกรรมที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.39 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.98 กิจกรรมที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.18 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 93.94

จากนั้นเปรียบเทียบร้อยละคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนที่ได้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for one sample แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

คะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์	N	$\bar{X}$	SD	t	Sig
	33	77.67	4.63	9.517**	.000

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 5 พบว่า ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 77.67 จากคะแนนเต็ม 100 คิดเป็นร้อยละ 77.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สรุปผลได้ว่า ผลการประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการใช้ชุดกิจกรรม พบว่าทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.88 คิดเป็นร้อยละ 16.80 ส่วนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 43.55 จากคะแนนเต็ม 35 คะแนน ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัยได้ว่า ชุดกิจกรรมมีเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีการคำนึงถึงระดับชั้นของนักเรียน และเน้นการทดลอง กิจกรรมพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น มัลติมิเตอร์ ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ เครื่องวัดค่าพีเอช การเขียนขั้นตอนการทำกิจกรรมมีการจัดลำดับเนื้อหาให้มีความต่อเนื่อง อธิบายขั้นตอนให้ชัดเจน นักเรียนสามารถปฏิบัติได้ ออกแบบวาดภาพประกอบขั้นตอนการทำกิจกรรมให้เหมาะสม

ภาษาที่ใช้เข้าใจง่ายและชัดเจน และในชุดกิจกรรมมีใบความรู้ให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีคำถามท้ายกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ การสร้างชุดกิจกรรมเป็นไปตามหลักการ และมีองค์ประกอบต่าง ๆ เหมาะสม กิจกรรมมีความแปลกใหม่แตกต่างไปจากกิจกรรมในหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ กิจกรรมคำนึงถึงระดับความยากง่ายของนักเรียน จึงทำให้เหมาะสมกับระดับวัยและชั้นของนักเรียน จึงทำให้ชุดกิจกรรมมีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้พัฒนาทักษะการทดลองของนักเรียนให้สูงขึ้นได้อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง พบว่าคะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 15.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 43.55 โดยคะแนนจากแบบทดสอบปรนัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.12 และแบบทดสอบอัตนัยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 5.45 ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนตอบคำถามของข้อสอบอัตนัยได้น้อยมาก บางคนไม่ตอบ บางคนตอบแต่อธิบายไม่ชัดเจน จากเหตุนี้ ผู้วิจัยคิดว่า น่าจะมาจากข้อสอบอัตนัยอาจมีความยากเกินไป และมีคำถามที่เน้นการคิดวิเคราะห์หลายข้อ เน้นการอธิบายให้เหตุผล เน้นการอธิบายเพื่อตรวจสอบทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายและสรุปผล และเวลาในการทำข้อสอบอาจให้เวลาน้อยเกินไป แนวทางการแก้ไขคือ ควรมีการปรับแก้ไขเกี่ยวกับแบบทดสอบให้มีคุณภาพเหมาะสมกับนักเรียน มีความยากเหมาะสม และให้เวลาในการทำแบบทดสอบเพิ่มมากขึ้น และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการทำปฏิบัติการ นักเรียนบางคนยังไม่มีทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น มัลติมิเตอร์ในการวัดแรงดันไฟฟ้า และเครื่องวัดค่าพีเอชในการวัดค่าความเป็นกรดเบสของน้ำผลไม้ การใช้เครื่องชั่งในการชั่งน้ำหนัก และการใช้ฟอว์เซพคิปปะพานเกลียวที่ทำจากเส้นด้าย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยชุดกิจกรรม จำเป็นต้องคำนึงถึงความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ การออกแบบกิจกรรมต้องมีความยากง่ายเหมาะสม กำหนดเวลาในการจัดกิจกรรมให้เหมาะสม รวมทั้งกำหนดเวลาในการวัดผล ประเมินผลให้เหมาะสม นอกจากนี้ในการปฏิบัติกิจกรรมนักเรียนจะได้ฝึกบันทึกข้อมูล ฝึกตอบคำถามท้ายกิจกรรม เช่น การบันทึกผลการทดลองในรูปแบบของตาราง การสร้างตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง และการสรุปผลการทดลอง แต่นักเรียนบางส่วนเขียนอธิบายไม่ค่อยได้จึงส่งผลทำให้เมื่อสอบด้วยข้อสอบอัตนัยทำให้ได้คะแนนน้อย และเมื่อพิจารณาคะแนนทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่าหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียน มีร้อยละความก้าวหน้า 26.75 % แต่คะแนนหลังเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 43.55 ซึ่งเป็นคะแนนที่ไม่สูง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนทำข้อสอบอัตนัยไม่ทันและทำไม่ได้ และข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่มีคำถามวัดการคิดวิเคราะห์จำนวนมาก อาจจะทำให้มีความยากเกินไป ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมสามารถพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ชุดกิจกรรมจึงเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ดี สามารถนำไปใช้เพื่อการพัฒนาทักษะของนักเรียนได้ นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ปฏิบัติกิจกรรมและฝึกการคิด การแก้ปัญหา ผ่านการทำงานแบบกลุ่ม ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อน ๆ สร้างบรรยากาศในการเรียนให้น่าเรียน กระตุ้นความสนใจของนักเรียน จากงานวิจัยของ Hongkhon (2022, pp. 1-10) พบว่าการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงได้ลงมือปฏิบัติกับสิ่งที่จริง โดยมีครูช่วยเตรียมสื่อ ใช้คำถามกระตุ้นและแนะนำนักเรียนให้คิด ลงมือทำ และสื่อความหมายข้อมูลออกมาในขั้นสรุป ตามที่ Darmaji et al. (2019, pp. 293-298) ได้ศึกษาและพบว่ากรณีที่นักเรียนลงมือทำปฏิบัติการทดลองจริงด้วยตนเองทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ตรงเข้ากับเนื้อหาทฤษฎี ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการทดลองเพิ่มขึ้น และจากงานวิจัยของ Idris et al. (2022, pp. 155-170) การทดลองทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ เนื่องจากนักเรียนได้ปฏิบัติจริงและสามารถบูรณาการความรู้ที่ได้รับและทำความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ผ่านประสบการณ์ที่ได้ทำด้วยตนเอง นอกจากนี้ Shana and Abulibdeh (2020, pp. 199-215) พบว่าการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติมีความสำคัญต่อการพัฒนาทักษะและความรู้ของผู้เรียนซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างความรู้ทางทฤษฎีและการปฏิบัติ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และส่งเสริมความสุขในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (Bunpho et al., 2022, pp. 290-308) จากเหตุผลดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้เรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีจากน้ำผลไม้ได้พัฒนาทักษะการทดลองให้สูงขึ้นได้

6. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ก่อนให้นักเรียนทำกิจกรรม ควรให้ความรู้เบื้องต้นแก่นักเรียนเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก การใช้เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องมัลติมิเตอร์ เพื่อให้นักเรียนมีทักษะพื้นฐานและสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ทันเวลาที่กำหนดในชุดกิจกรรม อีกทั้งเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายของอุปกรณ์และเครื่องมือ หากนักเรียนมีพื้นฐานด้านทักษะการทดลองน้อย หรือขาดประสบการณ์การใช้เครื่องมือควรเพิ่มเวลา

ในการทำกิจกรรมให้มากขึ้น และแบ่งกลุ่มนักเรียนประมาณ 4-5 คนต่อกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และควรส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะของการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล การบันทึกข้อมูล และสรุปผลการทดลอง เพราะการใช้ชุดกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องบันทึกผลการทดลอง ออกแบบตารางบันทึกผล ใช้แผนภาพในการอธิบายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น และควรพัฒนาทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น ควรมีการทำวิจัยที่ให้นักเรียนได้ออกแบบและทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย และสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา และใช้จริงในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ควรมีการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้ออกแบบและสร้างกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่ ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะทางสังคม และทักษะการสื่อสาร และควรมีการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และส่งเสริมให้นักเรียนทำแบบทดสอบอัตนัยที่เน้นการคิดวิเคราะห์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ รัชดา จังหวัด กรุงเทพมหานคร ที่ให้ผู้วิจัยทำการทดลองงานวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 33 คน ซึ่งทั้งคุณครูและนักเรียนได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอรับรองว่า การดำเนินงานวิจัยและการนำเสนอผลการวิจัยได้คำนึงถึงหลักจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ โดยผู้วิจัยได้ผ่านการอบรม และได้รับประกาศนียบัตรการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ที่จัดอบรมจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- Bunpho, S., Saksuparb, K., & Haemaprasith, S. (2022). Development of an active learning activity package to promote science learning happiness and creativity. *Silpakorn Educational Research Journal*, 14(2), 290-308. (in Thai)
- Chemae, S. (2020). The learning experiences by using a set of science experiment activities to develop scientific process skills for preschool children in 3rd kindergarten. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 3(8), 41-54. (in Thai)
- Chomchunjai, W., Plangprasopchok, S., & Sokhuma, K. (2022). The effects of learning management using active learning on ratio, proportion and percentage for Mathayomsuksa 1 students. *Rajabhat Rambhai Barni Research Journal*, 16(2), 102-108. (in Thai)
- Chotchum, T. (2019). The development of the science learning package on 12th grade students on electrochemistry science content using the student team achievement division (STAD) learning technique. *NRRU Community Research Journal*, 14(1), 57-68. (in Thai)
- Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Irdianti, I. (2019). Physics education students' science process skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 8(2), 293-298.
- Hongkhon, C. (2022). Promotion science skills of early childhood children by using a series of scientific experiments. *Journal of Early Childhood Education Management*, 4(1), 1-10. (in Thai)
- Idris, N., Talib, O., & Razali, F. (2022). Strategies in mastering science process skills in science Experiments: A systematic literature review. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 155-170
- Jansrimai, W., Supatchaiyawong, P., & Dawan, S. (2020). Inquiry-based learning for develop concepts at the microscopic levels of galvanic cells through the creation of stop motion work pieces. *Thaksin University Library Journal*, 9(1), 58-78. (in Thai)

- Khattiyavong, P., Jarujamrus, P., Supasorn, S., & Kulsing, C. (2014). The development of small scale and low-cost galvanic cells as a teaching tool for electrochemistry. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 5(2), 146-154. (in Thai)
- Koocharoenpisal, N., Kaewlaead, R., Lhaokor, N., & Chatsanguanchai, P. (2022). Development of science activity packages on creating invention from air dry clay for 9th Grade students. *Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 14(39), 103-116. (in Thai)
- Longpoh, R., & Wutchana, U. (2022). Comparison of science process skills of Grade 8 students on the topic of earth and natural resources which have been taught by scientific learning games and 3-step model. *Journal of Modern Learning Development*, 7(11), 240-253. (in Thai)
- Manopattanakron, K. (2019). The development of learning activity package in biology in a lesson on bacteria protists and fungi for enhance understanding and experimental skills of twelfth grade students. *Ramkhamhaeng Research Journal of Humanities and Social Sciences*, 22(2), 55-62. (in Thai)
- National Institute of Educational Testing Service. (2021). Summarized results of the basic national educational test (O-Net), grade 9, academic year 2021. <https://www.niets.or.th/uploads/editor/files/O-NET/rapid%20report%20M3-2564.pdf>. (in Thai)
- Netrthanon, S. (2020). The effect of using active learning process on learning behavior and learning attitude for internship student-teachers. *Sripatum Chonburi Journal*, 16(4), 100-110. (in Thai)
- Ngamprakhon, S., Sangnont, K., & Tanapanyo, P. (2018). Learning management innovation, theory to practice. *Mahachula Academic Journal*, 5(Special edition), 74-82. (in Thai)
- Nipornram, K., Thakan, S., & Koocharoenpisal, N. (2021). Development of science activity packages on egg quality testing to enhance integrated science process skills for high school students. *Journal of Rangsit University: Teaching & Learning*, 15(2), 154-172. (in Thai)
- Office of the Basic Education Commission. (2017). *Indicators and core learning content science learning group (revised version 2017) according to the basic education core curriculum, 2008*. Printing House of the Agricultural Co-operative Federation of Thailand. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2021). *Country reform plan (revised version)*. <http://nscr.nesdc.go.th/cr/>. (in Thai)
- Office of the National Economic and Social Development Council. (2023). *Master plan under the national strategy (2023-2037) (amended version)*. http://nscr.nesdc.go.th/wp-content/uploads/2022/12/NS_file-23NS-261265.pdf. (in Thai)
- Phakdeevong, A., & Watchana, U. (2021). Development of integrated scientific process skills with Facebook trial activity series on pure substances of Mathayomsuksa 1 students. *NEU Academic and Research Journal*, 11(2), 113-126. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). *PISA 2018 assessment results of reading mathematics, and science*. <https://pisathailand.ipst.ac.th>. (in Thai)
- Sawangpop, M., Jarujamrus, P., Amatongchai, M., Tamuang, S., & Chairam, S. (2017). Fabrication of simple galvanic cells using cotton thread to investigate electrochemistry. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(2), 421-428. (in Thai)
- Sedrit, E., Prabhong, U., & Vonganusith, V. (2020). The development of learning activity package on atom and properties of elements for Mathayomsuksa 4 based on inquiry cycle (5E) model and cooperative learning. *Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 12(33), 27-38. (in Thai)

- Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). Science practical work and its impact on students' science achievement. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 199–215.
- Sopha, N., Pansuppawat, T., & Chusab, N. (2018). The development of science process skills using scientific learning activity package based on inquiry cycles (5Es) entitled “light energy” for Prathomsuksa 4. *Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 10(29), 111-119. (in Thai)
- Sungthong, P., & Phumkeaw, P. (2020). The development of science process skills of Mathayomsuksa 4 students using experimental activities package on properties of elements and compounds. *Sisaket Rajabhat University Journal*, 14(2), 24-25. (in Thai)
- Tan, M. X., & Pee, M. G. Y. (2020). Electrochemistry hands-on activity on fruit battery with cost and design optimization. *Journal of Laboratory Chemical Education*, 8(3), 81-89.
- Tebumroon, P. (2018). The development of chemical bonds learning activity package based on constructivist learning approach and analytical thinking process for undergraduate students. *Journal of Education Research*, 13(2), 95-108. (in Thai)
- Vishnu, T. A. (2021). Science experimental skills. *International Journal of Science and Engineering*, 6(8), 27-29.
- Wanpan, W., & Ruangsak, W. (2021). The development of scientific process skills with the observational skill packages on classification and experiment for Grade 6 students in Satit elementary school, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University. *ARU Research Journal*, 8(3), 43-52. (in Thai)