

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACHIEVEMENT, INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS, AND ATTITUDE TOWARD SCIENCE OF MATHAYOMSUKSA 3 STUDENTS USING STEM EDUCATION ON THE TOPIC OF RICE YOGURT

ดุสิต ทองสุขนอก¹ และ ณัฐกานต์ ศาสตรสูงเนิน^{2,*}

Dusit Tongsuksuk¹ and Natagan Sartsoongnoen^{2,*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹Program in Science Education, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

²Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

*Corresponding author: Email: natagan.s@gmail.com; natagan.s@nrru.ac.th

วันที่รับบทความ 6 กรกฎาคม 2564 วันที่แก้ไขบทความ 28 สิงหาคม 2564 วันที่ตอบรับบทความ 7 กันยายน 2564 วันที่เผยแพร่ เมษายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธราพรสาธิตวิทยา จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 24 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว จำนวน 1 แผน ใช้เวลาสอน 12 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และ 4) แบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้การทดสอบค่าที่ t test (Dependent sample)

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ, เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

The objectives of this research were to compare the science learning achievement, integrated science process skills, and attitude toward the science of Mathayomsuksa 3 students before and after learning through the STEM education learning management on the topic of Rice Yogurt. The sample, obtained through cluster random sampling, was a class of 24 Mathayomsuksa 3 students studying at Thanprasatphet Wittaya school, Nakhon Ratchasima province in the first semester of the 2020 academic year. The research instruments were 1) a 12-hour lesson plan based on STEM education on the topic of Rice Yogurt, 2) a science learning achievement test with 30 questions and four multiple-choice options, 3) a test of integrated science process skills with 30 questions and four multiple-choice options, and 4) a set of rating scale questionnaires with 20 items to assess the students'

attitude toward science. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and t-test for Dependent Samples.

The results revealed that the students' science learning achievement, integrated science process skills, and attitude toward science after learning through the STEM education learning management on the topic of Rice Yogurt were significantly higher than those of before the intervention at the .05 level of significance.

Keywords: STEM Education, Learning Achievement, Integrated Science Process Skills, Attitude toward Science

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดครั้งใหญ่ทั่วโลกของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้เห็นชัดมากขึ้นว่าหากโลกปราศจากวิทยาศาสตร์จะเป็นอย่างไร นอกจากองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ช่วยสร้างความสะดวกสบาย ความมั่นคงปลอดภัย และความเป็นอยู่ที่ดีให้กับมนุษย์อย่างก้าวกระโดดแล้ว วิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูล หรือสารสนเทศ ประเมินสารสนเทศ ประยุกต์ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณและความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นหลักสูตรการศึกษาจึงได้กำหนดให้ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 100)

แม้ว่าความเชื่อมั่นทางวิทยาศาสตร์จะมีความเข้มแข็งมากขึ้นในปัจจุบัน แต่หลาย ๆ คนกลับรู้สึกไม่ฝึกฝนในวิทยาศาสตร์มากนัก ประเทศไทยในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า อัตราค่าจ้างคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ มีแนวโน้ม 20 โนมัลลดลง และนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง อีกทั้งผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวัน รวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2558, หน้า 1) จากการสำรวจทัศนคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในภาคกลางของประเทศไทย สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2556, หน้า 58) พบว่า ผู้เรียนต้องการให้มีการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการเรียนที่หลากหลาย เช่น การให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมนอกห้องเรียน และการทำปฏิบัติการ และต้องการให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนเข้าใกล้ชีวิตจริงของผู้เรียนให้มากที่สุด นอกจากนี้ ผลการสำรวจนี้ยังชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก โดยเฉพาะส่วนที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และบางเรื่องต้องใช้จินตนาการมากกว่าการเรียนรู้จากธรรมชาติที่เห็นได้โดยตรง

จากผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ในปี 2015 เป็นการประเมินการรู้เรื่อง (Literacy) 3 ด้านคือ การรู้เรื่องการอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่อายุ 15 ปี พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับ 2 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนนานาชาติ โดยคะแนนในปี 2015 ไม่สูงขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปเมื่อเทียบกับผลการประเมินในปี 2006 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยยังต้องการการปรับปรุงและพัฒนาเป็นอย่างมาก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558) สอดคล้องกับผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ในส่วนของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนธราพรสาทเพชรวิทยา โดยการเก็บสถิติจากปีการศึกษา 2560-2562 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 24.95, 26.66 และ 25.75 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยในระดับประเทศทุกปีการศึกษา (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาครูผู้สอนเป็นผู้จัดเตรียมกิจกรรม และผู้เรียนไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ทำให้นักเรียนยังขาดการเชื่อมโยงความรู้ กระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองจากการปฏิบัติจริง จึงทำให้นักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ อันได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่แสดงถึงการมีกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้ และพัฒนานตนเองไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556ก) นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เจตคติมีความเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติยังเป็นตัวบ่งบอกพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน (Derek, 2009) สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำอาจเนื่องมาจาก นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความรู้สึกของนักเรียนต่อวิทยาศาสตร์ โดยเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และความตระหนักในการเรียนวิทยาศาสตร์โดยมองว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียน (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556 หน้า 14-18)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนหรือเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ทำให้เกิดองค์ความรู้จากการเรียนรู้และพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนได้อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องพัฒนาการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติโครงงานวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับชุมชน ท้องถิ่น และความสนใจของนักเรียน (จุฬามาต สุขเฉลิม และศิริวรรณ วัฒนวัฒนวรชัย, 2559 หน้า 498-499) นอกจากนี้จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นเนื่องจากบริบทของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ครอบครัวประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก โดยผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญในท้องถิ่น คือ ข้าว อย่างไรก็ตาม จากปัญหาราคาข้าวตกต่ำและไม่แน่นอน การแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มนับเป็นมาตรฐานหนึ่งที่เป็นแนวทางในการพัฒนาการตลาดข้าวไทย (ชมภูนุช หุ่นาค, 2563) อันเป็นจุดเริ่มต้นในการเลือกทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว โดยงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีสมมติฐานการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน อันจะส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นและส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย ผลการศึกษานี้จะช่วยพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กที่เป็นบุคลากรทางวิทยาศาสตร์ของประเทศต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว
3. เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

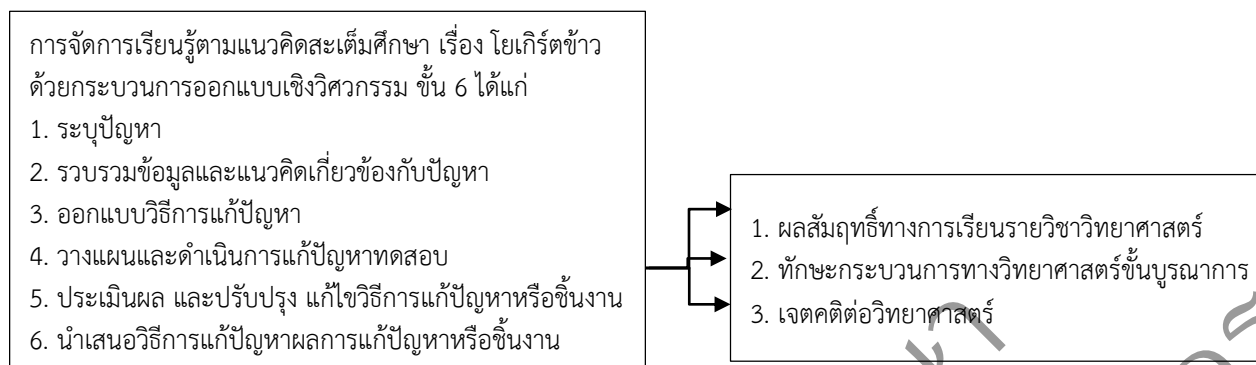
กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้เพื่อศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, หน้า 4) โดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา (Problem identification) 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement)

และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) จากที่กล่าวมา สามารถสรุปกรอบแนวคิดของการวิจัยนี้ได้ดังภาพประกอบ 1

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research methodology) ในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยที่แบบการวิจัยเป็นงานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) ในลักษณะแผนงานวิจัยแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pretest-posttest design)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธราพรสาธิตเพชรวิทยา อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 3 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 85 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธราพรสาธิตเพชรวิทยา อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 24 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 แบบ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (โครงงานวิทยาศาสตร์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 แผน ใช้เวลาในการสอน 12 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนธราพรสาธิตเพชรวิทยา จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของขั้นตอนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน คุณภาพของสื่อการเรียนการสอน การวัดผลและการประเมินผล และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียน และผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเท่ากับ 3.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 หมายถึงมีความเหมาะสมมาก

2. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Item Objective Congruence: IOC) โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.37-0.86 ค่าอำนาจจำแนกรหว่าง 0.20-0.67 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ได้เท่ากับ 0.76

2.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และครอบคลุมสาระการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผ่านการประเมิน

ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.40-0.73 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ได้เท่ากับ 0.80

2.3 แบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ตามมาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 106-108) จำนวน 1 ชุด 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.83

วิธีรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ตามลำดับ ดังนี้

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อเก็บคะแนนเป็นข้อมูลไว้สำหรับการเปรียบเทียบหลังการทดลองสอนเสร็จสิ้นแล้ว
3. ดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใช้เวลา 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
4. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามกำหนดแล้ว ให้นักเรียนทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (ฉบับเดิม)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติอ้างอิง ได้แก่ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบประเมินเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว โดยใช้การทดสอบค่าที่ t test กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t test)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนสูงสุด ต่ำสุด และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (โครงงานวิทยาศาสตร์) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว แสดงผลดังตาราง 1

ตาราง 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลัง 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกอร์ต้าว

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนสุด	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	24	30	16	5	9.42	3.48	14.474*	.000
หลังเรียน	24	30	26	7	16.58	4.96		

*P < .05

จากตาราง 1 พบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 9.42 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 31.40 คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเท่ากับ 16.58 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 55.30 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนสูงสุด ต่ำสุด และผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว แสดงในตาราง 2

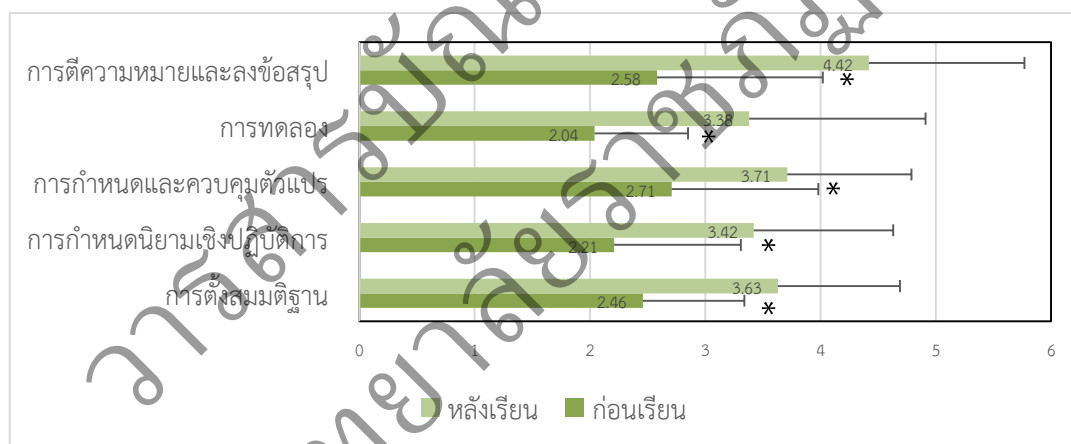
ตาราง 2 เปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลัง 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	n	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	$\bar{X}$	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	24	30	20	7	12.00	4.17	15.856*	.000
หลังเรียน	24	30	27	10	18.54	5.18		

*P < .05

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนเฉลี่ย 12.00 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 40.00 คะแนนหลังเรียนเท่ากับ 18.54 คิดเป็นคะแนนร้อยละ 61.81 นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว จำแนกตามประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แสดงผลดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจำแนกตามประเภทของทักษะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว (เครื่องหมายดอกจัน * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05)

จากภาพประกอบ 2 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทุกทักษะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย 4.42) รองลงมา คือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (คะแนนเฉลี่ย 3.71) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (คะแนนเฉลี่ย 3.63) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (คะแนนเฉลี่ย 3.42) และทักษะที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ทักษะการทดลอง (คะแนนเฉลี่ย 3.38)

ตอนที่ 3 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว แสดงผลดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์	($\bar{X}$)	S.D.	ระดับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	t	P
ก่อนเรียน	1.97	0.30	น้อย	33.830*	.000
หลังเรียน	3.88	0.28	มาก		

*P < .05

จากตาราง 3 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในระดับน้อย (ค่าเฉลี่ย 1.97) หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.88) ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษามาอภิปราย ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่กำหนด ออกแบบการทดลอง วางแผนการดำเนินงาน เลือกใช้อุปกรณ์ ทำการทดลอง บันทึกผล และนำเสนอผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานได้ด้วยตนเอง การที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง และทราบผลการเรียนรู้ของตนเองทันทีหลังเรียนเสร็จในแต่ละครั้ง ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน (รพีพรรณ พงษ์ปลั่ง และนวลศรี ชำนาญกิจ, 2557) นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ยังสอดคล้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีกิจกรรมการสร้างความรู้ การสำรวจค้นคว้า การอธิบาย การขยายความรู้และการประเมินผลการเรียน ซึ่งนักเรียนจะได้หาข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการคำตอบที่ถี่ถ้วนไปจึงเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหา จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (วชิณัฐ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2561) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อุไรวรรณ ภูจำพล และวาสนา กิรติจำเริญ (2560) ที่ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (รัตนดวล วรรณปะเถาว์ และประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2560; รัตนภรณ์ ขาวไชยมหา และปริญ ทนชัยบุตร, 2561; วรรณภา อ่างทอง, บังอร แถวโนนจิว และประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2563) จากการสังเกตผลการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน พบว่า นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในรายวิชาด้วยความตั้งใจ รับผิดชอบ เอาใจใส่ เพียรพยายาม และร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมเป็นอย่างดี ซึ่งอาจจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเนื้อหาสาระที่นำมาจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว เป็นเนื้อหาที่เป็นเรื่องใกล้ตัวของนักเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ สุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย (2554) ที่พบว่า การที่นักเรียนมีความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ดี อาจเนื่องมาจากเป็นเรื่องที่เกิดจากความต้องการของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนสามารถทำโครงงานที่สอดคล้องกับชุมชนและท้องถิ่นของตนเองได้ และสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พลละจิตต์ (2564) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่ง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามมีผลการวิจัยที่ไม่เป็นไปในทางเดียวกัน ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนรายวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน (ณัฐชา พัฒนา, นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2562) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ว่า อาจเกิดขึ้นเนื่องมาจากผู้วิจัยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งเน้นข้อคำถามในขั้นจำ เข้าใจ การนำไปใช้ และวิเคราะห์ แต่ไม่ต้องแสดงคำอธิบาย ซึ่งไม่ตรงกับลักษณะของสะเต็มศึกษาซึ่งเน้นให้นักเรียนได้แสดงผลงานออกมา สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่า แม้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนคิดเป็นคะแนนร้อยละ 55.30 ซึ่งยังไม่เป็นที่พอใจสำหรับครูผู้สอน ซึ่งอาจจะมาจากที่ผู้วิจัยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย ซึ่งไม่ได้วัดผลงานจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยตรง

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของงานวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จึงส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น (นิตยา ภูผาบาง, 2559) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 4) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรรม ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหา หรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556ก) สอดคล้องกับแนวคิดว่าการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เน้นให้นักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยนักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการออกแบบและแก้ปัญหา โดยหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม เน้นการปฏิบัติกิจกรรมผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (ชลธิป สมานิติ, 2557; สิริณภา กิจเอื้อกุล, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับปราชญ์ นันทะแสน และสมทรง สิทธิ (2562) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทุกทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุปหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ที่ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการได้ (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนื่องเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธีระติกุล, 2558; จำลอง อบอุ่น, 2559; รัตนดาวัล วรณปะเกล้า และประสาท เนื่องเฉลิม, 2560)

3. การเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว พบว่า นักเรียนมีคะแนนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน โดยเฉพาะในขั้นตอนการระบุปัญหาซึ่งเป็นขั้นแรกของการจัดการเรียนรู้ ส่วนที่สำคัญคือการทำให้นักเรียนมองเห็นปัญหา โดยครูจัดหาหรือยกสถานการณ์ เช่น การสนทนาโดยใช้ ประเด็นจากข่าว การเล่าเหตุการณ์ การฉายวิดีโอ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพของสภาพจริงในชีวิตประจำวันที่มีอุปสรรค หรือเห็นภาพที่ทำให้เกิดการกระตุ้นให้คิดว่า ควรจะสร้างหรือมีนวัตกรรมที่จะช่วยให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น ผู้เรียนจึงได้เผชิญปัญหาและแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงบริบทแวดล้อมที่สัมพันธ์กับความเป็นจริง (ฐิตวิธดา พลเยี่ยม, 2561) ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้เรียนผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงทำให้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552) ได้กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจได้แก่ ความพอใจ ความศรัทธาและซาบซึ้ง เห็นคุณค่า และประโยชน์ ตระหนักในคุณค่าและโทษ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สอดคล้องกับลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแก้ปัญหา

ทางอื่น ๆ เพื่อศึกษาหาความรู้ให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับการคิดการกระทำที่อาจเป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้น ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวจัดเป็นเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (ปิยะนุช สารสิทธิ์ยศ, 2557) นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โยเกิร์ตข้าว นักเรียนจะได้ทำการทดลองการผลิตโยเกิร์ตข้าวและการทดสอบสารอาหารในโยเกิร์ตข้าว สอดคล้องกับข้อค้นพบที่ว่านักเรียนชอบทำการทดลอง ขณะที่ทำการทดลอง ทำให้เขามีความรู้สึกสนุกสนาน ตื่นเต้น การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านปฏิบัติการ มากขึ้นกว่าปกติ อาจจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ (ฉวรา สี่ที และคณะ, 2559) ผลการศึกษาจากงานวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับข้อค้นพบจากงานวิจัยของ Radu and Ileana (2017) ซึ่งได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษา พบว่า นักเรียนห้องที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนห้องที่จัดการเรียนรู้แบบธรรมดาอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chih, Chin, and Nian (2020) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ดินสอพองอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีต่อนักเรียนที่ไม่ได้มีความสามารถเกี่ยวกับด้านวิศวกรรม พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีความรู้สึกในทางบวกกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และยังมีทัศนคติเปลี่ยนไปเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นราภรณ์ ชัยบัวแดง (2561) ที่ศึกษาเจตคติต่อการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแสของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์เรื่องไฟฟ้ากระแสส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมแบบต่อเนื่องและต้องใช้เวลาพอสมควร ผู้สอนควรจัดสรรวันและเวลาให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อความต่อเนื่องของเนื้อหาและกิจกรรม

1.2 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ครูผู้สอนจึงควรกำหนดปัญหาขอบเขตในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความสามารถและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับตัวแปรด้านอื่น ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของวิธีการจัดการเรียนรู้

2.2 ควรมีการศึกษานวทางการบูรณาการวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ให้เหมาะสมกับบริบทของท้องถิ่นเพื่อให้เกิดประโยชน์กับทั้งผู้เรียน และชุมชนสังคมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 29(3), 148-158.
- จุฑามาศ สุขเฉลิม และศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย. (2559). การพัฒนาความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์เชิงเศรษฐกิจสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และศิลปะ*, 9(2), 494-501.
- จำลอง อบอุ่น. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ชมภูณัฐ หุ่นนาค. (2563). แนวทางการพัฒนาการผลิตและการตลาดข้าวไทย. *วารสารผู้ตรวจการแผ่นดิน*, 13(1), 91-116.
- ชลธิศ สมหาโต. (2557). *การจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM) สำหรับปฐมวัย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฐิติรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา: ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. *วารสารครูพิบูล*, 5(2), 122-135.
- ฉวรา สี่ที และคณะ. (2559). เจตคติต่อการเรียนปฏิบัติการเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารบริหารการศึกษา บัณฑิตศึกษา*, 16(2), 13-23.

- ณัฐชา พัฒนา, นวลจิตต์ เขาวงกตพิงค์ และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, 12(2), 118-132.
- นิตยา ภูผาบาง. (2559). การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ วท.ม. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นราภรณ์ ชัยบัวแดง. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ปิยะนุช สารสิทธิ์ยศ. (2557). การพัฒนาชุดกิจกรรมค่ายวิทยาศาสตร์ เรื่อง การศึกษาและสำรวจสภาพแวดล้อมระบบนิเวศสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.
- ปราณี นันทะแสน และสมทรง สิทธิ. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 16(72), 81-93.
- พิมพ์พิชชา ศาสตราชัย, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานเป็นทีมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 18(81), 41-52.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พลศักดิ์ แสงพรมศรี, ประสาท เนืองเฉลิม และปิยะเนตร จันทร์ธิระติกุล. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(พิเศษ), 401-418.
- มนตรี จุฬาวัดนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท*, 42(185), 14-18.
- รพีพรรณ พงษ์ปลื้ม และนวลศรี ชำนาญกิจ. (2557). การพัฒนาชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, 4(7), 11-24.
- รัตน์ดาวัล วรรณปะเถาว์ และประสาท เนืองเฉลิม. (2560). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารการบริหารและนิเทศการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 8(3), 137-147.
- รัตนภรณ์ ชาวไชยมหา และปริญ ทนันทชัยบุตร. (2561). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ความเป็นน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 12(2), 63-73.
- วรรณภา อ่างทอง, บังอร แฉวโนนจัว และประสาท เนืองเฉลิม. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 14(1), 91-103.
- วศิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย. (2554). การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม เรื่อง โครงงานวิทยาศาสตร์ผลิตภัณฑ์จากท้องถิ่นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Veridian E-Journal, SU*, 5(1), 412-437.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 17(2), 202-205.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). คะแนน O-NET. เข้าถึงได้จาก <https://www.niets.or.th/th/>. 23 เมษายน 2563.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2556ก). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา (STEM Education)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2558). *ผลการประเมิน PISA 2015 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา*. เข้าถึงได้จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/>. 3 ตุลาคม 2562.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 4(1), 55–63.
- อุไรวรรณ ภูจำพล และวาสนา กิรติจำเริญ. (2560). การศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าและแม่เหล็กไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 12(1), 243–249.
- Chih, H. C., Chin, H. Y. and Nian, S. C. (2020). Enhancing STEM competence by making electronic musical pencil for non-engineering students. *ScienceDirect Computers and Education*, 150, 103840.
- Derek, C. (2009). Students' Attitudes Toward Chemistry Lesson: The Interaction Effect between Grade Level and Gender. *Research in Science Education*, 39, 75-91.
- Radu, B. T. and Ileana, M. G. (2017). The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitudes toward Science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383–1395.