

**ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา**

**The Effects of Learning Management Based on STEM Education Approach on
Learning Achievement in the Chemistry Course Topic of Organic Chemistry
and Science Creative Thinking of Matthayom Suksa VI Students at Pak Chong
School in Nakhon Ratchasima Province**

ณัฐชา พัฒนา¹ นวลจิตต์ ชาวกีรติพงษ์² และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์³

Natcha Pattana¹ Nuanjid Chaowakeratipong² and Tweesak Chindanurak³

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

^{2,3}รองศาสตราจารย์ ดร.ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

¹Corresponding author. E-mail: tor-ejigo@hotmail.com

Received: February 23, 2019

Revised: March 23, 2019

Accepted: December 2, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ (3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และ (3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที่ ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน (2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เคมีอินทรีย์ มัธยมศึกษา

Abstract

The purposes of this study were to (1) compare the post-learning chemistry learning achievement of Mathayom Suksa VI students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; (2) compare science creative thinking of the students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; and (3) compare the pre-learning science creative thinking of the students who learned by STEM education approach with their post-learning counterpart thinking. The research sample consisted of 78 Mathayom Suksa VI students in two heterogeneous intact classrooms of Pak Chong School in Nakhon Ratchasima province, obtained by cluster random sampling. Then, one class was randomly assigned as the experimental group; while the other class, the control group. The instruments used in this research were (1) learning management plans for learning by using STEM education approach in the chemistry course topic of Organic Chemistry and learning management plans for the traditional learning management; (2) a chemistry learning achievement test on the chemistry course topic of Organic Chemistry; and (3) a scale to assess science creative thinking. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test. The research findings revealed that (1) the post-learning chemistry learning achievement of the students who learned by using STEM education approach and the counterpart learning achievement of the students who learned under the traditional learning management were not significantly different; (2) science creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than the counterpart thinking level of the students who learned under the traditional learning management at the .05 level of statistical significance, and (3) the post-learning science creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than their pre-learning counterpart level at the .05 level of statistical significance.

Keywords: STEM Education, Learning achievement, Science creative thinking, Organic Chemistry, Mathayom Suksa

บทนำ

ในปัจจุบันเป็นยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยีและการสื่อสารที่เผยแพร่ไปอย่างรวดเร็ว ในหลาย ๆ ประเทศจึงมีการเตรียมทรัพยากรบุคคลให้มีความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงนี้ จึงมีการวางแผนสำหรับการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้มีคุณภาพ เพื่อสร้างให้คนเกิดการพัฒนาศักยภาพอย่างเต็มที่ มีการคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจิตสำนึกต่อโลกและสิ่งแวดล้อม การพัฒนาการเรียนการสอนจึงเป็นประเด็นเร่งด่วนของทุกประเทศ

โดยจะต้องสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้เรียนทุกระดับมีความรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2555; ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ดังนั้นประชาชนทุกคนจึงต้องได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม ประกอบกับวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 92) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าประเทศที่มีความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญล้วนเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ให้เจริญก้าวหน้าและสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศ มีปัจจัยสำคัญมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560 - 2564) จึงเน้นในเรื่องการเพิ่มความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ และการเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อยกระดับความสามารถการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการ และคุณภาพชีวิตของประชาชน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560, น. 16) สิ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมได้ คือ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นความสามารถอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่มีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่น ๆ ถือเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ในศตวรรษที่ 21 หากสามารถดึงศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของประชาชนออกมาใช้ได้มากก็ยังมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้ามากเท่านั้น (อริ พันธ์มณี, 2557, น. 2) เพราะความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นโอกาสที่นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์และก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ทำให้นักคนแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็ว และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ได้โดดเด่นกว่าผู้อื่น เพราะโลกของการแข่งขันทำให้ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง พร้อมก้าวสู่ออนาคต (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556, น. 30) สอดคล้องกับนโยบายปัจจุบันของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญกับการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐานในการพัฒนาประเทศ โดยใช้บูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ รวมทั้งมุ่งผลิตกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากจำนวนนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เลือกศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง หากพิจารณาผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในปี 2015 (พ.ศ. 2558) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่ากลุ่มองค์กรเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 493 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบกับผลคะแนนที่ทำการประเมินเมื่อปี 2012 พบว่า มี

คะแนนผลลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน

เคมีเป็นเนื้อหาที่บรรจุไว้ในสาระสารและสมบัติของสาร ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงของสาร มีเนื้อหาเป็นนามธรรม โดยมีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาคเป็นการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของสารที่สังเกตได้ ระดับจุลภาคเป็นการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในระดับอนุภาค ที่ไม่สามารถสังเกตได้ และระดับสัญลักษณ์เป็นการอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่ออธิบายความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างการอธิบายในระดับมหภาคและจุลภาค (ชาตรี ฝ้ายคำตา, 2560, น. 5 - 8) เป็นเหตุผลทำให้ผู้สอนวิชาเคมีต้องใช้วิธีการหลายรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะตามธรรมชาติของวิชาเคมี ซึ่งมีเนื้อหาทั้งความจำและคำนวณ และนอกจากนี้สาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเนื่องมาจากการสอนโดยเน้นการบรรยาย ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เพียงฝ่ายเดียว ไม่ค่อยให้นักเรียนมีกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติร่วมกันเป็นกลุ่ม อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (พัชร รัมพะยอม วิชัยดิษฐ์, 2561, น. 18)

แนวทางหนึ่งในส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และมีความคิดสร้างสรรค์เพื่อเป็นกำลังหลักในการสร้างนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาประเทศได้นั้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนหลักการในศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาบูรณาการและผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างลงตัว ถือเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาทั้งในและต่างประเทศ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะเป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะผ่านการทำกิจกรรม (Activity based) เหมาะสำหรับการใช้ในการศึกษาตั้งแต่ปฐมวัยถึงระดับมัธยมศึกษา (สุทธิดา จารัส, 2560, น. 29; จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และชนิพรธณ จาติเสถียร, 2560, น. 36) นอกจากจะเป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังสามารถพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์วิจารณ์ เป็นต้น (กัสสร ติดมา, 2558; เพชรสิรินทร์ คู่คำ, 2559; เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง, 2560; Mayasari, Kadarohman, Rusdiana, & Kaniawati, 2016)

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีเนื้อหาเรื่องเคมีอินทรีย์เป็นหลัก ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ เช่น สารชีวโมเลกุล เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ เป็นต้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยทั่วไปเน้นการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการนำเอารูปแบบสะเต็มศึกษามาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เพื่อให้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ทักษะกระบวนการ รู้จักวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งมีการพัฒนาทั้งด้านเนื้อหาและทักษะในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 263 คน ซึ่งจัดนักเรียนเข้าห้องเรียนโดยความสะดวก

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 40 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ รูปแบบละ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาารวมรูปแบบละ 18 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน จำนวน 2 ชุดๆ ละ 30 ข้อ แบ่งเป็นชุดก่อนเรียนและชุดหลังเรียน ซึ่งข้อสอบชุดก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง

0.22 – 0.69 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.21 – 0.82 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .934 และข้อสอบชุดหลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.23 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.36 - 0.88 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .972

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบคู่ขนาน จำนวน 2 ชุดๆ ละ 4 ข้อ โดยวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) โดยใช้มีเกณฑ์การให้คะแนนตาม พงมาศ เชื้องช้าง (2552, น. 52 - 53) ซึ่งแบบวัดชุดก่อนเรียนมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.34 - 0.63 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .720 และแบบวัดชุดหลังเรียนมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.43 - 0.53 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .715

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อให้ นักเรียนทุกคนรับทราบและปฏิบัติตามได้ถูกต้อง
2. ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดก่อนเรียนซึ่งเป็นคู่ขนานกับชุดหลังเรียนไปทดสอบกับนักเรียนทั้งสองห้องก่อนการจัดการเรียนรู้
3. ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน
4. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
5. เมื่อทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จตามแผนการจัดการเรียนรู้ จึงทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดหลังเรียน
6. ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ t-test for Independent Sample
2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ t-test for Independent Sample
3. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบ สะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
 - 1) ความตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC
 - 2) ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) ความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตร KR -20 ของ
คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)

4) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรของวินีย์
และซาเบอร์ (Whiney and Saber)

5) ความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตร
สัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ t – test แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent
Sample) และ t – test แบบเป็นอิสระต่อกัน (t-test for Independent Sample)

ผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วย
การจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียน
ด้วยสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	M	SD	t	p
รูปแบบสะเต็มศึกษา	38	13.55	3.31	1.598	.057
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	40	12.33	3.46		

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่
เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียน
ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	n	M	SD	t	p
รูปแบบสะเต็มศึกษา	38	42.42	11.05	4.859*	.000
การจัดการเรียนรู้แบบปกติ	40	26.33	17.62		

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อน
เรียนระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย
รูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา	n	M	SD	t	p
ก่อนเรียน	38	25.68	12.35	6.226*	.000
หลังเรียน	38	42.42	11.05		

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ด้านความคิดคล่องก่อนเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.05 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.48 หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.04 ด้านความคิดยืดหยุ่นก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.37 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.84 ด้านความคิดริเริ่มก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.33 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 11.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.20 และด้านความคิดละเอียดลออก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.58 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.92 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.63 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบความคิด
สร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์	การทดสอบ	n	M	SD	t	p
ความคิดคล่อง (Fluency)	ก่อนเรียน	38	10.05	5.48	4.839*	.000
	หลังเรียน	38	16.03	7.04		
ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)	ก่อนเรียน	38	2.26	1.37	12.962*	.000
	หลังเรียน	38	9.21	2.84		
ความคิดริเริ่ม (Originality)	ก่อนเรียน	38	9.79	4.33	2.060*	.046
	หลังเรียน	38	11.26	2.20		
ความคิดละเอียดลออ (Elaboration)	ก่อนเรียน	38	3.58	3.58	3.112*	.004
	หลังเรียน	38	5.92	2.63		

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทุกด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาให้มีลักษณะเป็นการเรียนรู้บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้เพื่อศึกษาและสืบค้นข้อมูลในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยเป็นการบูรณาการองค์ความรู้และทักษะกระบวนการของ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตัวนักเรียนเอง กระบวนการคิดแก้ปัญหา คิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ และที่สำคัญนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนเรียนแล้วมีความสุข รู้จักการบูรณาการข้ามวิชาหรือสาขาวิชาต่าง ๆ ได้ เน้นการนำความรู้ไปใช้ ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติจริง โดยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดตั้งคำถาม แก้ปัญหา หาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ (นุรอาซิกัน สาและ ญิณี โมพันธุ์ และมัสดี แวดราแมงู, 2560, น. 52; และพัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์, 2561, น. 160) นอกจากนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งเน้นข้อคำถามในการวัดพฤติกรรมในชั้นจำ เข้าใจ นำไปใช้และวิเคราะห์ ไม่ต้องแสดงคำอธิบาย ประกอบกับเนื้อหาในเรื่องเคมีอินทรีย์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง การอ่านชื่อ หมู่ฟังก์ชัน สมบัติทางกายภาพและปฏิกิริยาเคมี ประโยชน์และโทษของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้การท่องจำมากกว่าการประยุกต์หรือการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถเกิดได้จากการจัดการเรียนรู้แบบปกติทั่วไป ไม่ตรงกับลักษณะของสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือกระทำและได้ผลงานออกมา (วชิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 33) ซึ่งหากใช้ข้อสอบแบบอัตนัยหรือข้อสอบที่วัดการคิดขั้นสูง นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาอาจจะมีโอกาสแสดงความสามารถตรงกับที่ได้ฝึกฝนจากกิจกรรมสะเต็มศึกษามากกว่า

ในส่วนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ซึ่งได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการหาข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการคำตอบที่ลึกลงไป เหมาะสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถต่อยอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วชิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 43) ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา (ภพ เลหาไพรบูลย์, 2542, น. 123) ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างแนวคิดจาก

ข้อมูล มีการประเมินและเปรียบเทียบแนวคิดของตนกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง
คำอธิบายเดิมของตนให้ถูกต้องมากขึ้น ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอดิสร บรรหาร (2561) ที่ศึกษา
เปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งพบว่า คะแนน
สัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนของทั้งสองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และจาก
การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาและการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้

2) การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา
กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบ
สะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตาม
สมมติฐานข้อที่ 2 และจากการศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วย
รูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วย
รูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3
ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยความคิด 4 ลักษณะ คือ ความคิดคล่อง
ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อคิดตอบสนองต่อปัญหาหรือเหตุการณ์
ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาจำกัด ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้หลักการทาง
วิทยาศาสตร์เพื่อคิดหาคำตอบให้ได้หลากหลายประเภทหลายทิศทางหลายรูปแบบ ด้านความคิดริเริ่มทาง
วิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจาก
ความคิดของคนอื่นและไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ และด้านความคิดละเอียดลออเป็นความสามารถในการใช้หลักการ
ทางวิทยาศาสตร์ในการขยายความคิดหลักไปสู่รายละเอียดต่าง ๆ

จากผลการวิจัยการเรียนรู้สะเต็มศึกษบนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาเป็นฐาน
เป็นการจัดกิจกรรมที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรม
เพื่อช่วยลำดับความคิดการออกแบบแก้ปัญหาและดำเนินงานตามขั้นตอนได้ ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อให้
เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ง่ายขึ้น (สุทธิดา จำรัส, 2560 น. 19) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็ม
ศึกษา ประกอบด้วย 1) ขั้นก่อนทำกิจกรรม เป็นการทบทวนองค์ความรู้และนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นทำกิจกรรม
เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามรูปแบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการกลุ่ม มีขั้นตอนย่อย ได้แก่ ขั้นระบุ
ปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการ
แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 3) ขั้นขยายความรู้และสรุป เป็นขั้นสำหรับการขยายองค์ความรู้เพิ่มเติมและร่วมกัน
สรุปเนื้อหาที่สำคัญ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้สอดคล้องเป้าหมายของสะเต็มศึกษา แต่ละ
ขั้นตอนของกิจกรรมมีการใช้เทคโนโลยีในการค้นคว้าหาข้อมูลและออกแบบผลงาน นักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็น
กลุ่ม โดยเน้นให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง
นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองผลิตภัณฑ์ บรรลุภัณฑ์ การทดสอบผลิตภัณฑ์ และการนำเสนอผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง

หลายครั้งในแต่ละบทเรียน ทำให้มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะซึ่งเมื่อได้รับการฝึกบ่อยครั้ง จะทำให้มีทักษะเพิ่มขึ้น เป็นไปตามทฤษฎีการฝึกฝนของธอร์นไดค์ (Thorndike, 1966, pp. 28-29) นอกจากนี้ยังมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างสร้างสรรค์และคิดในสิ่งที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 201) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ลักษณะ ซึ่งการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติที่ใช้อยู่รูปแบบการเรียนรู้ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น แม้ว่านักเรียนจะมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ฝึกจัดระบบความคิดและการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง แต่หากสถานการณ์ไม่น่าสนใจ จะทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 156 - 157) อาจจะทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนต่ำกว่านักเรียนกลุ่มทดลอง โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของเพชรสิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ที่พบว่าทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ประกอบกับงานวิจัยของอับดุลยามีน หะยีชาแดร์ (2560) ซึ่งพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์การหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาและการวางแผนการแก้ปัญหาอันจะนำไปสู่การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี มีการวางแผนการทดลองหรือสร้างชิ้นงานโดยแสดงเป็นแผนผังการทดลอง (flowchart) มีการนำเสนอผลงาน และรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนต่างกลุ่ม นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้ให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ โดยบูรณาการความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งนอกจากจะประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ (สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7) เนื่องจากสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองโดยบอกเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล วางแผนการทำงาน คำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุงชิ้นงานให้สมบูรณ์ขึ้นได้ (ภัสสร ติดมา, 2558) นอกจากนี้สะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้น จากการออกแบบให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง เป็นผลให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดร่วมกับการเชื่อมโยงความรู้ สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการเรียนรู้ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ (วสิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 20) ถือเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการที่ครูจัดสถานการณ์ที่ส่งเสริมความยืดหยุ่น ความคล่องในการคิด และความคิดริเริ่มในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของนักเรียน นักเรียนมีการระดมพลังสมองเพื่อการตั้งสมมติฐานและทดสอบสมมติฐาน ส่งเสริมการคิดและจินตนาการในทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการคิดแบบอเนกนัยผ่านกิจกรรมต่าง ๆ (De Cecco, 1968, p. 459; ฌ็องพียง ฌีรณพิทย์, 2539, น. 54) จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาได้ทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับงานวิจัยของ

อดิสร บรรหาร (2561) ที่พบว่า ความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่อความสามารถในการคิด
สร้างสรรค์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดย
บูรณาการเนื้อหา ทักษะวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) คณิตศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิง
วิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้การทดลอง
ครูจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ให้เข้ากับความเหมาะสมด้านนักเรียน เนื้อหา วัสดุ
อุปกรณ์ ลดการบรรยายหรือท่องจำเนื้อหา ซึ่งจะส่งผลให้การจัดการกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมากขึ้น

2) ครูควรดูแลและให้คำแนะนำและชี้แนวทางให้กับนักเรียนตลอดการทำกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหา
ในสถานการณ์ที่กำหนด เนื่องจากกิจกรรมรูปแบบสะเต็มศึกษามีการใช้เทคโนโลยีและการทำงานผ่าน
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นสิ่งใหม่ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยทุกขั้นตอนมีความสำคัญอันจะ
ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นอกจากนี้
จะต้องจัดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำแนวคิดในการแก้ปัญหาและชิ้นงานของกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชักถาม
และโต้แย้ง เป็นการฝึกให้เหตุผล ยอมรับความคิดของผู้อื่น

3) ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา มีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามา
บูรณาการในการทำกิจกรรมสำหรับการสืบค้นข้อมูลเพื่อสังเคราะห์ในการสร้างชิ้นงาน ประกอบกับครูอาจจะต้อง
ใช้สื่อ นวัตกรรม หรือแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้อง จึงจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือ
คอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

4) จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่านักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมี
คะแนนไม่แตกต่างกัน อาจจะเป็นเพราะการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ซึ่งความรู้ด้านความจำ
เข้าใจ นำไปใช้และการวิเคราะห์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะของสะเต็มศึกษาที่ต้องแสดงคำอธิบาย การสร้างสรรค์
และใช้เหตุผล ครูจึงควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัย โดยนักเรียนอาจมีโอกาสดูแลความสามารถที่ได้รับการฝึกฝน
ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

5) ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรในการ
จัดการกิจกรรมเพื่อให้กระบวนการดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และทักษะจากการจัด
กิจกรรมรูปแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งหากมีกิจกรรมอื่นของโรงเรียนเข้ามา เช่น กิจกรรมหน้าเสาธง กิจกรรมวันสำคัญ
กีฬา เป็นต้น จะทำให้การดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้และผลที่คาดหวังไว้ไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้
ครูผู้สอนจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนหรือกิจกรรมให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่มี

6) เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดละเอียดลออหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จึงควรเพิ่มคำสั่งให้นักเรียนสร้างและนำเสนอชิ้นงานโดยใช้การสังเกตในในรายละเอียดของชิ้นงาน จะช่วยให้เพิ่มความสามารถด้านความคิดละเอียดลออให้มากขึ้นได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรทำการวิจัยการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาในเนื้อหาอื่น ๆ ของวิชาเคมีกับนักเรียนในระดับช่วงชั้นต่าง ๆ โดยการปรับกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหา ระดับชั้น และวัยของนักเรียน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวาง

2) ควรมีการวิจัยและพัฒนาการออกแบบกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้กิจกรรมที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้

3) ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการจัดการการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสาร หรือทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ 21

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ:

ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ดีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และชนิพรรณ จาติเสถียร. (2560). การพัฒนาวิชาชีพครูแบบร่วมมือ เรื่อง STEM สำหรับครูปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 10(2), 35 – 53.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). หน่วยที่ 3 สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี. ใน *ประมวลสารชุดวิชาสื่อ นวัตกรรมและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ หน่วยที่ 1 – 5*. (น. 1 - 45). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล.

นุรอานีกัน สาและ ณัฐนิ โมพันธุ์ และมัสดี แวดราแมดู. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 4(1), 42-63.

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ. และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

พัชรีย์ ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์. (2561). การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. ลพบุรี:

โรงพิมพ์ลพบุรีดีไซน์.

พจมาศ เชื้อช้าง. (2552). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลำห้วยวิทยามูลนิธิ จังหวัดปัตตานี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์).

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, นนทบุรี.

เพชรศิริพันธ์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีน และลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

ภัตสร ติดมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

วชิณิส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM (สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21. สมุทรปราการ: เนว่าเอ็ดดูเคชัน.

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201 – 207.

สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(2), 13 – 34.

สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท., 42(89), 7 – 10.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2564. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

อดิสร บรรหาร. (2561). การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2555). วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี, 18, 78 - 80.

ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.
และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

- อับดุลยามีน หะยีบาเคร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.
- อารี พันธุ์ณี. (2557). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- De Cecco, J. P. (1968). *The Psychology of Learning and Instruction*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). *Exploration of student's creativity by
integrating STEM knowledge into creative products*. AIP conference.
- Thorndike, E. L. (1966). *Human learning*. Cambridge: The MIT Press.