

การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

Development of Creative Thinking Skills in Chemistry Subjects Using
Model-Based Learning Integrated with STEM Education Concepts
for Grade 12 Students

ฟาร์ฮา ยูโซ๊ะ¹, ฮามิดะ มุสอ², สะหรี เมธาธนธกรกุล³ และ อติสร ศิริ⁴

Farha Yusoh¹, Hamidah Musor², Zahree Metatanatornkul³ and Adisorn Siri⁴

^{1,2,4}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

³โรงเรียนนราสิกขาลัย

^{1,2,4}Faculty of Education, Prince of Songkla University, Thailand

³Narasikkhalai School, Thailand

Corresponding Author E-mail: adisorn.si@psu.ac.th

Retrieved: February 26, 2023; Revised: April 29, 2023; Accepted: April 30, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) ศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 4) ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 46 คน โรงเรียนนราสิกขาลัย จังหวัดนราธิวาส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โดยการสุ่มแบบยกกลุ่ม ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์และการแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า (1) นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.73$) คิดเป็นร้อยละ 74.53 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 82.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูงมาก และ (4) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$)

คำสำคัญ: ทักษะการคิดสร้างสรรค์; แบบจำลองเป็นฐาน; สะเต็มศึกษา

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop creative thinking skills in the chemistry subjects by using model-based learning integrated with STEM education concepts 2) to study the learning achievement on polymer by using model-based learning integrated with STEM 3) to study the gain scores of students after implementing through model-based learning integrated with STEM, and 4) to study students' satisfaction on learning activities through model-based learning integrated with STEM. The sample was 46 students in Grade 12, Narasikhalai school, Narathiwat province, semester 1, academic year 2022 by cluster random sampling with classroom as a unit of chosen cluster. The research tools consisted of model-based learning integrated with STEM education concepts lesson plans, a creative thinking skill questionnaire, a learning achievement test on the improvement of polymer properties and solving polymer waste problems concept, and a satisfaction toward learning activities questionnaire. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, and paired samples t-test. The results of the research revealed that (1) students had a high level of creative thinking skills ($\bar{X} = 3.73$), accounting for 74.53% (2) Academic achievement after learning was higher than before learning at the statistical significance level of .05 (3) The average gain score was 82.58%, which was at a very high level, and (4) The students' satisfaction toward the model-based learning integrated with STEM education concepts was at a high level. ($\bar{X} = 4.50$)

Keywords: Creative thinking skills; Model-based learning; STEM education

บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกด้านโดยเฉพาะด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และการสื่อสารที่เผยแพร่ไปอย่างรวดเร็ว จึงมีการวางแผนสำหรับการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้มีคุณภาพ เพื่อสร้างคนให้เกิดการพัฒนาศักยภาพอย่างเต็มที่ มีการคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต้องสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้นักเรียนทุกระดับมีความรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (อภิสิทธิ์ ธงชัย, 2555; ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ทักษะการคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะการคิดด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของศตวรรษที่ 21 เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาและสร้างความเจริญความก้าวหน้าให้กับประเทศได้ (วีรศักดิ์ จันทร์สุข, 2564) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเตรียมนักเรียนให้มีทักษะที่จำเป็น และมีรากฐานมาจากทฤษฎีการ

เปลี่ยนแปลงแนวทางการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Clement, 2007) การพัฒนาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดในเนื้อหาเคมีด้วยการสร้างแบบจำลองร่วมกับการอภิปราย ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งนักเรียนจะได้สร้างตัวแทนทางความคิดหรือแบบจำลองทางความคิดจากความเข้าใจเนื้อหาทางเคมีที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมในแบบที่ตนเข้าใจได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นและยังสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ด้วย (อารี พันธมณี, 2545) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพ และพัฒนาประเทศในอนาคต (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม รวมถึงการสื่อสารและความร่วมมือได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสะเต็มศึกษามีแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) (Papert, 1993) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างความรู้ด้วยตนเอง หากนักเรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556)

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในเรื่องของคุณภาพการศึกษา นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีแนวโน้มต่ำลง ซึ่งจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบ O-NET และ PISA พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไทยส่วนใหญ่ โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ นักเรียนขาดทักษะการคิด และการสอนในปัจจุบันมุ่งเน้นเพียงแต่การให้ความรู้มาก เพื่อใช้ในการสอบแต่ไม่สอนให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิด ไม่มีการเชื่อมโยงความรู้ที่มีไปใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน (พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556) จากผลการประเมินทักษะของนักเรียนในระดับนานาชาติ (PISA) 2018 เป็นการประเมินศักยภาพของนักเรียนในด้านการใช้ความรู้ ทักษะที่จำเป็น เพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริง โดยเน้นการคิดวิเคราะห์การคิดและหาคำอธิบาย พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) ซึ่งผลคะแนนการทดสอบ PISA ของไทยอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) นอกจากนี้เนื้อหาในรายวิชาเคมีมีความซับซ้อน เป็นนามธรรม และในส่วนที่เป็นทฤษฎีนั้นมีเนื้อหาที่ต้องอธิบายมากมาย โดยเฉพาะเรื่องพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาบทใหญ่ นักเรียนจะต้องเข้าใจในเนื้อหาก่อน จึงจะสามารถวิเคราะห์เนื้อหาหรือประยุกต์ในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ จากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนราสิกขาลัย จังหวัดนราธิวาส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ได้ โดยยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้และไม่ทราบว่าต้องนำความรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์

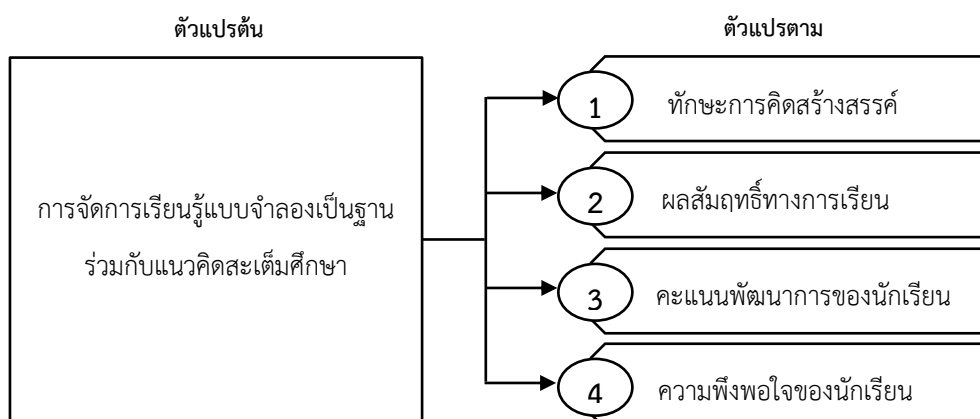
ทางการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับที่ต้องพัฒนา อีกทั้งนักเรียนยังขาดการฝึกฝนกระบวนการคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงาน เมื่อครูจัดกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ชิ้นงานส่วนใหญ่ของนักเรียนไม่ค่อยมีความหลากหลาย โดยไม่ได้คิดสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว ยังขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่ จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ เกิดกระบวนการคิดได้หลากหลายและแปลกใหม่จากเดิม โดยสามารถนำไปประยุกต์ทฤษฎี หรือหลักการได้อย่างรอบคอบและมีความถูกต้อง จนนำไปสู่การคิดค้นและสร้างชิ้นงานที่มีรูปแบบความคิดใหม่ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานตลอดจนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในรายวิชาเคมี เนื่องจากผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ เห็นความคิดเป็นรูปธรรม สามารถเชื่อมโยงความรู้ เข้าใจบทเรียนได้มากขึ้น ตลอดจนทำให้นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงานและนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนราสิกขาลัย จังหวัดนราธิวาส

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
- 3) เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
- 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนนราสิกขาลัย จังหวัดนราธิวาส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมมีนักเรียนทั้งหมด 160 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ใช้การสุ่มแบบยกกุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ได้จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 46 คน

เครื่องมือในการวิจัย

1. เครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 3 แผน รวม 9 คาบ (คาบละ 50 นาที) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	เรื่อง	ผลการเรียนรู้	จำนวน	
			คาบ	นาที
1	การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์	5. อธิบายผลของการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและการสังเคราะห์พอลิเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์	3	150
2	หลักการและแนวคิดในการแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์	6. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และแนวทางการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์	3	150
3	แนวทางและวิธีการแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์	6. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างผลกระทบจากการใช้และแนวทางการกำจัดผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์	3	150
รวม			9	450

ผู้วิจัยได้ดำเนินการการออกแบบและพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และได้คุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.62, S.D. = 0.46) โดยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce Mental Model) ขั้นที่ 2 แสดงออกแบบจำลอง (Express Model) ขั้นที่ 3 ทดสอบแบบจำลอง (Test Model) ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (Evaluate Model) ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง

(Elaboration Model) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) และ ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation stage)

2. แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบประเมินการออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าดัชนีความ สอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยเท่ากับ 1.00 ผู้วิจัยได้พิจารณาทั้งหมด 5 ด้าน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรา ส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert, 1961) มีรายละเอียดดังนี้

ด้านที่ 1 หลักการและแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ด้านที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

ด้านที่ 3 นวัตกรรมการเรียนรู้ (Learning Innovation)

ด้านที่ 4 การวางแผนงานเพื่อผลสำเร็จ (Planning for Effective)

ด้านที่ 5 ประสิทธิภาพของงาน (Efficient Performance)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก รวมทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลา 40 นาที มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67-1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.40

4. แบบสอบถามความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยเท่ากับ 1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะ เต็มศึกษา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตาม แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จำนวน 3 แผน รวมระยะเวลา ทั้งสิ้น 9 คาบ คิดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนการเรียนรู้ครบทั้ง 6 ขั้นตอน โดยดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัยเชิงประมาณ ได้แก่ 1) แบบประเมินทักษะการคิดสร้างสรรค์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ ตามขั้นตอนวิธีการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ทุกประการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนการคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งข้อมูลจากตามขั้นตอนวิธีการ วิจัยที่ได้กำหนดไว้ทุกประการแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ โดยแบ่งการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

1) สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ความโด่งของคะแนนการคิด สร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์และการแก้ปัญหาขยะจากพอลิ เมอร์

2) สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired samples t-test) สถิติเพื่อทดสอบ สมมติฐานการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (บุญชม ศรี สะอาด, 2560)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิด สะเต็มศึกษา ภาพรวมทักษะ 5 ด้าน (n = 46)

รายการประเมิน	ระดับทักษะการคิดสร้างสรรค์			
	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	แปลผล
ด้านที่ 1 หลักการและแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)	3.54	.69	70.87	มาก
ด้านที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)				
1) ความคิดริเริ่ม	3.67	.87	73.48	มาก
2) ความคิดคล่องตัว	3.63	.80	72.61	มาก
3) ความคิดยืดหยุ่น	3.65	.92	73.04	มาก
4) ความคิดละเอียดลออ	3.54	.69	70.87	มาก
ด้านที่ 3 นวัตกรรมการเรียนรู้ (Learning Innovation)				
1) สามารถใช้เทคนิคการสร้างความคิดที่หลากหลาย	3.96	.67	79.13	มาก
2) สามารถประเมินแนวคิดของตนเพื่อปรับปรุงและพัฒนางาน	3.96	.67	79.13	มาก
3) มีความเป็นผู้นำในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการทำงาน	3.78	.70	75.65	มาก
4) เข้าใจสภาพการณ์ที่อาจเป็นข้อจำกัดในการรับความคิดใหม่	3.91	.63	78.26	มาก
5) สามารถดำเนินการให้เกิดการสนับสนุนการนำนวัตกรรมไปใช้	3.22	.66	64.35	ปานกลาง
ด้านที่ 4 การวางแผนงานเพื่อผลสำเร็จ (Planning for Effective)	3.98	.15	79.57	มาก
ด้านที่ 5 ประสิทธิภาพของงาน (Efficient Performance)	3.87	.34	77.39	มาก
ทักษะการคิดสร้างสรรค์โดยภาพรวม	3.73	.65	74.53	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน 9 คาบ คิดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง 30 นาที ทุกแผนดำเนินการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน และได้ทำการประเมินเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้ พบว่า ในภาพรวมทักษะการคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.73$) คิดเป็นร้อยละ 74.53 เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าความสำเร็จของงานตามที่ได้วางแผน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ ($\bar{X} = 3.98$) รองลงมา ความสามารถใช้เทคนิคการสร้างความคิดที่หลากหลาย และสามารถประเมินแนวคิดของตนเพื่อปรับปรุงและพัฒนางาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.96$) ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงช่วงคะแนนค่าเฉลี่ยและร้อยละของจำนวนทั้งหมดในระดับทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (n = 46)

ช่วงคะแนนค่าเฉลี่ย	ระดับทักษะการคิดสร้างสรรค์	จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
4.21 – 5.00	มากที่สุด	16	34.78
3.41 – 4.20	มาก	24	52.17
2.61 – 3.40	ปานกลาง	6	13.04
1.81 – 2.60	น้อย	0	0.00
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด	0	0.00

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีช่วงคะแนนค่าเฉลี่ยของระดับทักษะการคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับมากที่สุด จำนวน 16 คน (34.78%) ระดับมาก จำนวน 24 คน (52.17%) ระดับปานกลาง จำนวน 6 คน (13.04%) ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (n = 46)

ทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Min	Max	Range	$\bar{x}$	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	46	20	3	15	12	9.46	2.82	18.53*	0.0000
หลังเรียน	46	20	12	20	8	18.26	1.77		

*p-value < .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

3. ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระดับพัฒนาการทางการเรียนในรายวิชาเคมีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (n = 46)

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
76 - 100	สูงมาก	30	65.22
51 - 75	สูง	12	26.09
26 - 50	กลาง	4	8.70
0 - 25	ต่ำ	0	0.00

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการวิเคราะห์ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน อยู่ในระดับสูงมาก จำนวน 30 คน (65.22%) ระดับสูง จำนวน 12 คน (26.09%) ระดับกลาง จำนวน 4 คน (8.70%) ตามลำดับ

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (n=46)

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้	4.57	.54	มากที่สุด
2. วิธีการนำเข้าสู่บทเรียนมีความน่าสนใจทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	4.46	.72	มาก
3. เนื้อหาการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีความเหมาะสม	4.57	.54	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ และความคิดเห็น	4.41	.65	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนกล้าคิด กล้าตอบ และกล้าลงมือทำ	4.46	.69	มาก
6. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	4.65	.53	มากที่สุด
7. การจัดการเรียนรู้สามารถเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียนให้เป็นรูปธรรมได้มากขึ้น	4.43	.62	มาก
8. การจัดการเรียนรู้ส่งผลทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21	4.43	.54	มาก
9. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงานใหม่ ๆ โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา	4.57	.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
10. นักเรียนสามารถวางแผน ออกแบบ และลงมือทำได้ด้วยตนเอง	4.43	.65	มาก
11. นักเรียนมีทักษะในการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอผลงานมากขึ้น	4.59	.58	มากที่สุด
12. นักเรียนมีความสุขผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลองและสร้างสรรค์ชิ้นงาน	4.50	.59	มาก
13. นักเรียนสามารถคิดและวิเคราะห์ เกิดทักษะในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง	4.54	.59	มากที่สุด
14. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.50	.66	มาก
15. สื่อการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายทำให้สนุกกับการเรียนและมีส่วนร่วม	4.43	.65	มาก
ความพึงพอใจโดยภาพรวม	4.50	.61	มาก

ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$) โดยเรียงข้อที่มีระดับมากที่สุด เรียงจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ($\bar{X} = 4.65$) นักเรียนมีทักษะในการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอผลงานมากขึ้น ($\bar{X} = 4.59$) และนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงานใหม่ ๆ โดยใช้สะเต็มศึกษา ($\bar{X} = 4.57$) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน 9 คาบ คิดเวลาเป็น 7 ชั่วโมง 30 นาที โดยทุกแผนการจัดการเรียนรู้ดำเนินการเรียนรู้ครบทั้ง 6 ขั้นตอน ในภาพรวมทักษะการคิดสร้างสรรค์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.73$) เนื่องจากรูปแบบและวิธีการสอน โดยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จัดได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) นำไปสู่การออกแบบการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง สร้างองค์ความรู้ ผ่านการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking) การได้ปฏิบัติงาน สร้างสรรค์งาน และนำเสนองานด้วยตัวเอง ผ่านการทำกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สมบูรณ์ที่สุด โดยการเน้นให้นักเรียนบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ไขปัญหา จนนำไปสู่การสร้างชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ ที่มีการเติมสารเติมแต่ง พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer) และกระบวนการวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) แบบจำลองโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ จนนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน 6 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (Produce Mental Model) โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ โดยใช้

ดินน้ำมันซึ่งเป็นตัวแทนของมอนอเมอร์ที่มาเชื่อมต่อกับหลอดพลาสติกเพื่อสร้างพันธะโคเวเลนต์จนเกิดเป็นสายพอลิเมอร์ และมีการเติมสารเติมแต่ง พลาสติกไซเซอร์ ซึ่งเป็นสารเติมแต่งที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสายพอลิเมอร์ และการเติมสารเติมแต่งที่ทำปฏิกิริยาเคมี โดยการเติมกำมะถันในยางพาราภายใต้สภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการวัลคาไนเซชัน ขั้นที่ 2 แสดงออกแบบจำลอง (Express Model) โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ โคพอลิเมอร์แบบสุ่ม แบบสลับ แบบบล็อก และแบบตอกิ่ง ขั้นที่ 3 ทดสอบแบบจำลอง (Test Model) ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง (Evaluate Model) ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง (Elaboration Model) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งในงานวิจัยได้ให้นักเรียนสร้างผลงานธรรมชาติ สร้างสะพาน จากวัสดุพอลิเมอร์ที่มีจำกัด และสร้างชิ้นงานจากวัสดุพอลิเมอร์ที่พบเจอในชีวิตประจำวัน เพื่อลดปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ เช่น ชุดอุปกรณ์การทดลองชุดการไทเทรต DIY เครื่องบดสาร กังหันน้ำ เป็นต้น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน จากนั้นออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยบูรณาการความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluation stage) สอดคล้องกับแนวคิดของ Williams (1970) อ้างถึงใน อารีพันธ์ณี (2545) ที่ว่ากลวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มีกลวิธีที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยงานของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ และคณะ (2563) ได้เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนภรณ์ จุลพูล (2563) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์การชุบโลหะทองแดงด้วยไฟฟ้าที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผลการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้ให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง การปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์และการแก้ปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้แก่ เครื่องกรองน้ำ เครื่องดูดฝุ่น เครื่องรดน้ำต้นไม้ กังหันน้ำ โคมไฟ พัดลมขนาดพกพา และลูกตุ้ม DIY Newton's Cradle ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนมีอิสระในการคิด การแสดงความคิดเห็น เรียนรู้ในสิ่งที่นักเรียนมีความสนใจ ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือทำด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้และความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาโดยบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทาง

วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นอกจากนี้ นักเรียนสามารถเรียนเนื้อหาจากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำเนื้อหาทฤษฎีที่เรียนมาลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวรภัย แสงอรุณ และคณะ (2564) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลลักษณ์ ผ่านเมือง (2560) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา ในรายวิชาเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาเคมี เรื่อง พอลิเมอร์ มีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน อยู่ในระดับสูงมาก จำนวน 30 คน (65.22%) ระดับสูง จำนวน 12 คน (26.09%) ระดับกลาง จำนวน 4 คน (8.70%) ตามลำดับ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่งเสริมนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติได้วางแผน ออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานออกมา สามารถอธิบายความรู้ที่ใช้และเชื่อมโยงกับเนื้อที่เรียนได้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น และส่งผลให้คะแนนพัฒนาการของนักเรียนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา นอกจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการบูรณาการการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตหรือการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นัสนรินทร์ ปือชา (2558) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนสูงขึ้น

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$) โดยเรียงข้อที่มีระดับมากที่สุดเรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ($\bar{X} = 4.65$) นักเรียนมีทักษะในการสืบค้นข้อมูลและการนำเสนอผลงานมากขึ้น ($\bar{X} = 4.59$) และนักเรียนมี

ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิตชิ้นงานใหม่ ๆ โดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา ($\bar{X} = 4.57$) ตามลำดับ เหตุผลที่นักเรียนมีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ฝึกกระบวนการทำงานเป็นทีม นักเรียนมีอิสระในการคิด การวางแผนและออกแบบจนนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงาน นักเรียนสนุกกับการทำกิจกรรม มีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ กันทะวัง (2563) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.49$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ผลการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ครูควรศึกษาแนวคิดการเรียนรู้เชิงสถานการณ์ร่วมกับแนวคิดปรากฏการณ์เป็นฐานให้ชัดเจนว่าที่จะทำให้นักเรียนมีการสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างไร ภายใต้แนวคิดการสร้างองค์ความรู้ในตนเองในชีวิตประจำวันได้อย่างไร เพื่อทำให้นักเรียนได้เกิดสมรรถนะ (Competency) ความสามารถในการใช้ความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ที่ตนเองมีมาประยุกต์ใช้กับการทำงานหรือการแก้ปัญหาต่าง ๆ จนประสบความสำเร็จในระดับใดระดับหนึ่ง

1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา ครูควรอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละขั้นว่ามีความสัมพันธ์สอดคล้องในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้นักเรียนตกผลึกความรู้ ความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามผลการเรียนรู้สูงสุด

1.3 ผลคะแนนพัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา มีความสำคัญ เพราะเป็นค่าที่เป็นตัวเลขจากการเปรียบเทียบผลการวัดพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละคน ครูควรมีการวัดพัฒนาการของนักเรียนตั้งแต่อ่อนเรียน ในช่วงระหว่างเรียน และเมื่อสิ้นสุดการเรียน ซึ่งผลจากการวัดบอกถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนในแต่ละช่วงเวลา หรือในแต่ละระดับชั้น

1.4 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จากผลการศึกษารายข้อมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนได้คาดหวังต่อการจัดการไว้มากตั้งแต่ต้นจึงทำให้ค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ดังนั้นควรเพิ่มเติมข้อคำถามในลักษณะการเขียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมที่จะให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นปัญหาและอุปสรรคในการเรียน เพื่อที่จะสามารถสะท้อนกลับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบแนวทางในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สำคัญ คือ การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยพัฒนาความสามารถของทักษะการคิดระดับสูงต่อไป และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มรายวิชาอื่น ๆ ได้ เช่น รายวิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และคณิตศาสตร์ เป็นต้น ประเด็นสำคัญในการวิจัยครั้งนี้ ควรทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับผลการพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนให้ครบทุกองค์ประกอบ ดังนั้น จึงควรมีการวิจัยและพัฒนาให้นักเรียนในด้านการคิดอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้นักเรียนมีพื้นฐานด้านความคิด ซึ่งจะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดในระดับที่สูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 18(4), 334-348.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จุฑามาศ กันทะวัง. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ทวีป แซ่ฉิม. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี Constructionism เพื่อพัฒนาทักษะการเขียน โปรแกรม App Inventor สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนครสวรรค์พิษณุโลก.
- ธนภรณ์ จุลพูล และคณะ. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยชุดอุปกรณ์การชุบโลหะทองแดงด้วยไฟฟ้าที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 13(1), 205-219.
- นัสรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2564). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2558). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 49-56.
- วิไลลักษณ์ ผ่านเมือง. (2560). *ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา ในรายวิชาเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต)*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วีรศักดิ์ จันทร์สุข. (2564). *ความคิดสร้างสรรค์*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2565, จาก http://www.krurock.com/T33101/TechnoC/TechnoC01_04.php
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. สมุทรปราการ: เนว่า เอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *ผลการประเมิน PISA 2018: นักเรียนไทยวัย 15 ปี รู้และทำอะไรได้บ้าง*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2565, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/issue-2019-48/>
- สิทธิโชค เอี่ยมบุญ และคณะ. (2563). การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสาร "ศึกษาศาสตร์ มจร" คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาจุฬาราชวิทยาลัย*, 8(1), 159-172.
- เสาวรภัย แสงอรุณ และคณะ. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง พันธะเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 21(2), 157-173.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย. (2555). วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์กับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี*, 18, 78-80.
- อารี พันธมณี. (2545). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไยไหม.
- Clement, P. (2007). Introducing the Cell Concept with Both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science and Education*, 16, 423-440.
- Likert, S. (1961). *New Patterns of Management*. New York: McGraw-Hill.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*. New York: Harper Collins Publishers, Inc.
- Williams, F.E. (1970). *Classroom Ideas for Encouraging Thinking and Feeling*. New York: D.O.K Publishing.