



การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะใน
ศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION ACTIVITIES FOR CHEMICAL SOLUTION : HIGH
ENERGY GEL TO ENHANCE TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS IN CREATIVITY AND
INNOVATION AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS

ณัฐจิวินันต์ คำชู

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2561

การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนา
ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION
ACTIVITIES FOR CHEMICAL SOLUTION : HIGH ENERGY GEL TO ENHANCE
TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS IN CREATIVITY AND INNOVATION
AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Chemistry)
Faculty of Science Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ณัฐริگانต์ คำชู

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติรี ฝ่ายคำตา)

ที่ปรึกษาร่วม

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แพน ทองเรือง)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	ณัฐริกา ันต์ คำชู
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยรัตน์ ดรบบัณฑิต

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ให้ส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกิจกรรมสะเต็มศึกษาผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเจือจางสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย ผลจากการประเมินพบว่า กิจกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปหาประสิทธิภาพ โดยใช้กับนักเรียนจำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง จำนวนนักเรียนทั้งหมดร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิดทางการเรียนเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง หลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 จากนั้นนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวนนักเรียน 35 คน เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดทางการเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test for dependent samples หลังจากจัดการเรียนรู้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม อยู่ในระดับดีขึ้นไป และมีแนวคิดทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา สารละลาย ความคิดสร้างสรรค์ แนวคิดทางการเรียน



Title	DEVELOPMENT OF STEM EDUCATION ACTIVITIES FOR CHEMICAL SOLUTION : HIGH ENERGY GEL TO ENHANCE TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS IN CREATIVITY AND INNOVATION AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS
Author	NATTHARIKAN KHOMCHU
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Piyarat Doonbhundit , Ph.D.

This research aimed to develop STEM activity on chemical solution topic, high energy gel, to enhance the twenty-first century skills in creativity and innovation for high school students. This STEM activity was evaluated by the experts and composed of three lessons, including the following: 1) the solution concentration; 2) preparation solution, and 3) colligative properties. The evaluation resulted from experts showed that the elements of the STEM activity were correlated at a high criteria. After that, the STEM activities were used with thirty-six students who weren't the sample group to identify the efficiency of the activity. The result of the STEM activity showed a lesson efficiency according to the efficiency criteria that seventy percent of the students had half of the conceptual post-test scores. Then applied the STEM activity for the sample group, consisted of thirty-five tenth grade students from an extra-large secondary school in Bangkok, to improve creativity and innovation skills for the twenty-first century as well as compare the conceptual pre-post test scores of students by a t-test for the dependent sample. The result showed that all students had creativity and innovation skills at a higher level and the conceptual post-test scores were higher than the pre-test scores at a .05 level of significance.

Keyword : STEM education Solution Creativity and Innovation Skill Conception

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัยจาก ผศ.ดร.ปิยรัตน์ ดรมบัณฑิต อาจารย์ที่ปรึกษาหลักปริญญาานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาานิพนธ์ ผู้สละเวลาและให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ชาติรี ฝ่ายคำตา ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.แพน ทองเรือน ผู้ให้ความกรุณาเป็นทั้งกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. มะยุไซะ ภูโน อ.ดร.ชัชฎาภรณ์ พิณทอง และครูรวราดี แก้วจันทิก ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้คำแนะนำ แง่คิดในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีให้เสมอมา ขอคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่อยู่เคียงข้างกันเสมอมา คุณค่าและประโยชน์จากการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

ณัฐริกันต์ คำชู

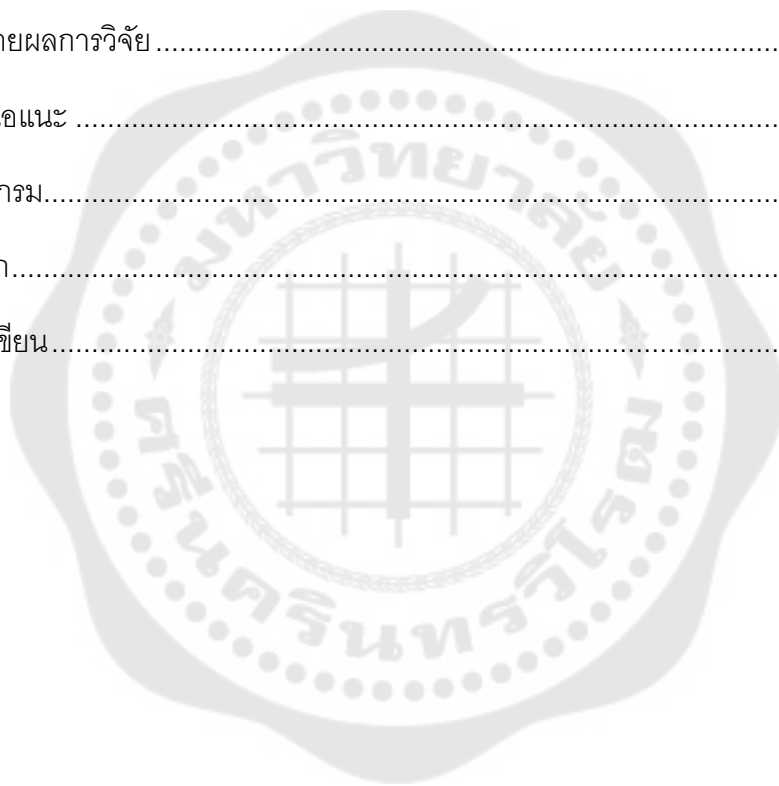
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฆ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
เนื้อหา.....	4
ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....	9
สมมติฐานในการวิจัย.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย.....	11

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย.....	11
1.2 สารละลาย	11
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย	15
2. เจลพลังงานสูง	15
2.1 ข้อมูลทั่วไปของเจล.....	15
2.2 สารอาหารพลังงานสูง.....	16
2.3 กรุงHEMA.....	17
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	21
3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา	21
3.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา	21
3.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา.....	28
3.4 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	30
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา	31
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์	32
4.1 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21	32
4.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์.....	34
4.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์	35
4.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์	37
4.5 แนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์	38
4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์.....	41
5. แนวคิด.....	42
5.1 ความหมายของแนวคิด	42
5.2 แนวคิดคลาดเคลื่อนในวิชาเคมี	42

5.3 แนวคิด เรื่อง สวรรชะลาย	42
5.4 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง สวรรชะลาย.....	43
5.5 การจัดกลุ่มแนวคิด	45
5.6 วิธีการวัดแนวคิด	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	48
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	48
ประชากร	48
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	48
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	48
แบบแผนการทดลอง	52
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	53
ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สวรรชะลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	53
วิธีการหาคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สวรรชะลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	61
ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง สวรรชะลาย.....	64
วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สวรรชะลาย	65
ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	69
วิธีการหาคุณภาพแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	71
การเก็บรวบรวมข้อมูล	72
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	72
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	74

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	74
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	95
ความมุ่งหมายของการวิจัย	95
สมมติฐานในการวิจัย.....	95
วิธีดำเนินการวิจัย	96
สรุปผลการวิจัย	98
อภิปรายผลการวิจัย	98
ข้อเสนอแนะ	107
บรรณานุกรม.....	108
ภาคผนวก.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	164



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ชั้นตอน.....	48
ตาราง 2 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design	52
ตาราง 3 แสดงผลการทดลองของอัตราส่วนใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วนต่อการเกิดเจล ...	54
ตาราง 4 แสดงผลการทดลองปริมาณน้ำตาลทรายต่อการเกิดเจลในอัตราส่วนใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v	55
ตาราง 5 แสดงผลการทดลองปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อการเกิดเจลในอัตราส่วนใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v	56
ตาราง 6 ช่วงเกณฑ์คะแนนในการจัดกลุ่มแนวคิด เรื่อง สารละลาย	67
ตาราง 7 แสดงจำนวนของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนมากกว่า 30 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 50 จากแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย	75
ตาราง 8 แสดงระดับทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง	76
ตาราง 9 แสดงระดับทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง	79
ตาราง 10 แสดงระดับทักษะนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	83
ตาราง 11 แสดงระดับทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	85
ตาราง 12 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมีเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	87

ตาราง 13 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	88
ตาราง 14 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของ สารละลาย.....	89
ตาราง 15 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 2 การเตรียมสารละลาย	91
ตาราง 16 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 3 สมบัติบางประการ ของสารละลาย.....	93
ตาราง 17 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สารละลาย : เจล พลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย.....	124
ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	126
ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย.....	128
ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย.....	130
ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	132
ตาราง 22 แสดงคะแนนแนวคิดหลังเรียนและร้อยละคะแนนของแนวคิดหลังเรียน ของนักเรียน จำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในการหาประสิทธิภาพกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	136
ตาราง 23 แสดงคะแนนแนวคิดก่อนและหลังเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะ เต็มศึกษาวิชาเคมี สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	138
ตาราง 24 แสดงร้อยละคะแนนแนวคิดก่อนและหลังเรียนรายบุคคล ของนักเรียนที่เรียนด้วย กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สารละลาย : เจลพลังงานสูง.....	139

ตาราง 25 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดสร้างสรรค์	145
ตาราง 26 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	148
ตาราง 27 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์.....	152



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	9
ภาพประกอบ 2 แสดงลักษณะใบของกรุงเขมา	18
ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างเพกทินที่ประกอบด้วยมอโนเมอร์กรดกาแลคทูโรนิก	18
ภาพประกอบ 4 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3 ขั้นตอน	24
ภาพประกอบ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ของ Engineering is Elementary	25
ภาพประกอบ 6 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	26
ภาพประกอบ 7 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน	27
ภาพประกอบ 8 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21	34
ภาพประกอบ 9 แสดงสถานการณ์ ภารกิจพาทีมหมูป่ากลับบ้าน และขั้นตอนการระบุปัญหา	57
ภาพประกอบ 10 แสดงข้อมูลเพาเวอร์เจล.....	58
ภาพประกอบ 11 แสดงตัวอย่างบทเรียนเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ.....	59
ภาพประกอบ 12 แสดงตัวอย่างบทเรียนเรื่อง การเจือจางสารละลายจากสารละลายเข้มข้น.....	60
ภาพประกอบ 13 แสดงกิจกรรมที่ให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา	77
ภาพประกอบ 14 แสดงตัวอย่างการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการแปรรูปใบกรุงเขมา.....	78
ภาพประกอบ 15 แสดงตัวอย่างบทบาทหน้าที่ของการเป็นผู้นำในแต่ละฝ่ายของสมาชิกในกลุ่ม	80
ภาพประกอบ 16 แสดงถึงการสื่อสารระหว่างทำงานกันของนักเรียนแต่ละกลุ่ม	81
ภาพประกอบ 17 ความผิดพลาดของบรรจุกฎบัตรของนักเรียนกลุ่มที่หนึ่ง	82
ภาพประกอบ 18 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม	83
ภาพประกอบ 19 แสดงชิ้นงานนวัตกรรมเจลพลังงานสูงที่นักเรียนได้สร้างสรรค์ขึ้นร่วมกันเป็นกลุ่ม	84

ภาพประกอบ 20 แสดงการนำเสนอที่สอดคล้องกับชิ้นงานโดยการแสดงละคร	85
ภาพประกอบ 21 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน A. เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย	90
ภาพประกอบ 22 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน A. เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย	90
ภาพประกอบ 23 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน B. เรื่อง การเตรียมสารละลาย.....	92
ภาพประกอบ 24 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน B. เรื่อง การเตรียมสารละลาย.....	92
ภาพประกอบ 25 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน C. เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย	94
ภาพประกอบ 26 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน C. เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย	94
ภาพประกอบ 27 แสดงเนื้อหาเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ในเล่มกิจกรรม ..	103
ภาพประกอบ 28 แสดงเนื้อหาเรื่อง การเจือจางสารละลาย ในเล่มกิจกรรม	104
ภาพประกอบ 29 แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยประเมินจากการออกแบบ และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ โดยประเมินจากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม	143
ภาพประกอบ 30 แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านนวัตกรรมมากการสร้างสรรค์ โดยประเมินจากชิ้นงาน.....	144

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันสังคมโลกกำลังก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 อันเป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในหลากหลายด้าน อาทิ การเมือง เศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี รวมถึงการดำเนินชีวิต และการแปรเปลี่ยนเหล่านี้ทำให้การศึกษาต้องปรับเนื้อหาสาระตามหลักสูตรควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (ไสว พักขาว, 2559) จากการรายงานของภาคีพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning, 2015) ได้ยอมรับว่าหนึ่งในทักษะที่เป็นกุญแจสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Plucker, Kaufman, & Beghetto, 2015) ซึ่งมีจุดเด่นอยู่บนพื้นฐานแห่งการสร้างสรรค์ โดยครอบคลุมไปถึงการคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการใช้นวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (Jane piirto, 2011) นอกจากนี้ความคิดสร้างสรรค์ยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนานักเรียนให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะบทบาทในการคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม (ศิริพงษ์ เพ็ญศิริ, 2550) และเป็นปัจจัยในการส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติอีกด้วย (อารี พันธุ์มณี, 2547)

การจัดการเรียนรู้ของประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงเป็นการสอนแบบดั้งเดิม ได้แก่ การศึกษาแบบเน้นบรรยาย และการสอบแบบท่องจำ นอกจากนี้จะไม่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์แล้ว ยังเป็นการทำลายอีกด้วย (วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์, 2558) จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้แบบเดิมนั้นยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอสำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์แก่นักเรียนในยุคศตวรรษที่ 21 จากปัญหาดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและความจำเป็นในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาชาติที่เน้นการพัฒนาบุคคลให้มีคุณลักษณะที่มีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนั้นควรมีการเตรียมพร้อมนักเรียนให้เป็นผู้ที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์อย่างจริงจัง โดยผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนในทุกระดับชั้น รวมถึงตระหนักในความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในการดำเนินชีวิตในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

การจัดการเรียนรู้ที่สำคัญที่ทำให้เกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนเชิงบูรณาการแนวคิดของ ศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกัน (Bybee, 2010) แต่ในปัจจุบันได้รวมสาขาวิชา สิ่งแวดล้อม (Environment) เศรษฐศาสตร์ (Economics) และแพทยศาสตร์ (Medicine) เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการ เรียนรู้สะเต็มศึกษาอีกด้วย (Zollman, 2012) การจัดการเรียนการรู้ดังกล่าวเป็นการเรียนรู้ผ่าน กิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในชีวิตจริง เพื่อ ส่งเสริมกระบวนการคิด ความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้จากหลายศาสตร์มา บูรณาการในการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) และ สะเต็มศึกษาถูกนำมาประยุกต์ใช้กับวิชาเคมีตามบริบทต่างๆ โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาเคมีในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ เช่น กิจกรรมตามล่าผู้ร้ายโจรกรรมสูตรซ็อกโกแลต (Marle et al., 2014) กิจกรรมก่อตั้งบริษัทน้ำมัน (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559) และกิจกรรมโรงงานผลิตสบู่ (เพชรศิ รินทร์ ตุ่นคำ, 2559) ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถกระตุ้น ให้นักเรียนเกิดการบูรณาการความรู้เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึง ส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะ การทำงานเป็นทีม อันเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 (Nabais & Costa, 2017) แต่อย่างไรก็ ตามการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาวิชานี้ ยังมีกิจกรรมที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมไม่ มากนัก ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาประเทศไทยตาม โมเดลขับเคลื่อนความมั่งคั่งของประเทศด้วยนวัตกรรม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559)

ดังนั้น การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาที่นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมนั้น ผู้วิจัยได้ใช้ เนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจำนวนมาก (Dahsah & Coll, 2007) (สุนทร พรจำเริญ, 2543) (ปฏิวัติ ศรีทิพย์ศักดิ์, 2559) รวมทั้งไม่สามารถเชื่อมโยง ความรู้ เรื่อง สารละลาย เข้ากับชีวิตประจำวันได้ (ลัดดาวัลย์ บุรณะ & จรรยา ดาสา, 2560) โดย กิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเชื่อมโยงกับสมุนไพรไทยในการนำไปสู่ชิ้นงานนวัตกรรมโดยใช้ ไบ กรุงเขมา เป็นสมุนไพรที่มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวด (ญาริปีวีร์ ปักแก้ว, 2553) แก้โรคหืดหอบ และคลายกล้ามเนื้อ (Mukerji & Bhandari, 1959) โดยไบกรุงเขมามีลักษณะเด่นในการเกิดเป็น เจลเมื่อสกัดด้วยน้ำ เนื่องจากมีส่วนประกอบของเพคติน (Pectin) ในปริมาณสูง (Arkarapanthu, Chavasit, Sungpuag, & Phuphathanaphong, 2005) ซึ่งคุณสมบัติของเพคตินมีส่วนช่วยในการ

คู่มือฉบับคอเลสเตอรอล (Kelley & Tsai, 1978) และสามารถยังยั้งการหดเกร็งของกล้ามเนื้อได้ (Vardhanabhuti & Ikeda, 2006) โดยประโยชน์ของไบโกรูเมมาดังกล่าว นำมาซึ่งการพัฒนา เพาเวอร์เจล (Power gel) อาหารพลังงานสูงที่จำหน่ายตามท้องตลาดสู่ผลิตภัณฑ์เจลพลังงานสูง (High energy gel) จากสมุนไพรไทยธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง สารละลาย ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และส่งเสริมการเห็นคุณค่าของสมุนไพรไทย ที่มีสรรพคุณทางยาและประโยชน์มากมาย (Salguero, 2010) (Jacobsen & Salguero, 2014) แต่นับวันยิ่งจะเลือนลางสูญสิ้นไป โดยกิจกรรมดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาทั้งด้านเนื้อหาเรื่อง สารละลาย และทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแก่นักเรียน หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิด เรื่อง สารละลาย ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการความรู้ เรื่อง สารละลาย ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเชื่อมโยงกับปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ได้แก่ เจลพลังงานสูง จากสมุนไพรพื้นบ้าน คือ ไบโกรูเมมา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1.ระบุปัญหา 2.รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5.ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6.นำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมกับการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารละลาย ควบคู่ไปด้วยระหว่างการทำกิจกรรม

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน เป็นนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 311 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 35 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

2.1 ประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2.3 แนวคิด เรื่อง สารละลาย

เนื้อหา

เนื้อหาในวิชาเคมี (เพิ่มเติม) สารเคมีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่อง สารละลาย ซึ่งมี 3 ผลการเรียนรู้ ได้แก่ 1) คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ 2) อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด และ 3) เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลา 15 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนบูรณาการเชื่อมโยง เนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานนวัตกรรมเจลพลังงานสูง จากสมุนไพรไทยพื้นบ้าน ได้แก่ ใบกรุงเขมา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ ที่บูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชา ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมา ดังนี้

วิศวกรรม (E) หมายถึง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา : นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ ถ้ำหลวง : ภารกิจพา ทีมหมูป่ากลับบ้าน และระบุปัญหาจากสถานการณ์ ได้แก่ ต้องลำเลียงอาหารพลังงานสูงเข้าไป ภายในถ้ำเพื่อเร่งฟื้นฟูร่างกายก่อนถูกนำตัวออกมาจากถ้ำ โดยจำลองสถานการณ์เป็นรูปแบบ รายการการแข่งขันทำอาหาร (Mysterious chef) โดยมีกล่องปริศนา (Mystery Box) ได้แก่ ใบ กรุงเขมา ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ต้องนำมาสร้างสรรคอาหารเจลพลังงานสูง (High energy gel)

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูล : นักเรียนต้องสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ใบกรุงเขมา ได้แก่ ลักษณะทั่วไป กลไกการเกิดเจล สรรพคุณ การประยุกต์ด้านอาหาร และเจลพลังงานสูง หรือ เพาเวอร์เจล (Power gel) ที่จำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งเป็นอาหารเติมพลังในรูปแบบที่รับประทาน ง่าย พกพาสะดวก และร่างกายสามารถดูดซึมเอาไปใช้เป็นพลังงานได้ทันที โดยมีส่วนประกอบ หลัก ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน และน้ำตาลทราย

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา : นักเรียนต้องเขียนร่วมกันร่างต้นแบบ แสดงรายละเอียดของเจลพลังงานสูงที่นักเรียนจะสร้างขึ้นจากใบกรุงเขมา ได้แก่ ชื่อชิ้นงาน พลังงานต่อ 1 หน่วยบริโภค รสชาติ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส รวมทั้งแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่ม ตามความเหมาะสม ลงในกระดาษเพื่อกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาเจลพลังงานสูงจากใบ กรุงเขมา

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา : นักเรียนต้องกำหนดลำดับ ขั้นตอนการสร้างเจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมา และดำเนินการงานตามทีออกแบบและวางแผน ไว้ โดยระหว่างการทำกิจกรรมจะมีผู้นำ (Leader) ในแต่ละขั้นตอน ได้แก่ ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต

ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ และฝ่ายนำเสนอผลงาน และระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนจะได้ศึกษา เนื้อหาเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และ จากสารละลายเข้มข้น และสมบัติบางประการของสารละลาย โดยกำหนดให้นักเรียนรายงาน ส่วนประกอบของเจลพลังงานสูงในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ รวมทั้งการคำนวณปริมาณพลังงาน ของเจล

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา : นักเรียนต้องทดสอบ และประเมินเจลพลังงานสูงที่สร้างขึ้น โดยเกณฑ์การประเมินจะมาจาก 2 ส่วน ได้แก่

5.1 จากที่นักเรียนออกแบบและวางแผนไว้ ได้แก่

ปริมาณพลังงาน หมายถึง พลังงานของเจลพลังงานสูงใน 1 หน่วยปริมาตร ซึ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 90 ± 150 กิโลแคลอรี ตามวัสดุที่ใช้ ซึ่งเทียบจากเพาเวอร์เจล (Power Gel) มาตรฐาน ต่อ 1 หน่วยปริมาตร

รสชาติ หมายถึง รสชาติมีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจาก เพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากรสชาติเดิมของใบกุ่มเขมาอย่างชัดเจน

สี หมายถึง มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากสีเดิมของใบกุ่มเขมาอย่างชัดเจน

กลิ่น หมายถึง มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากกลิ่นเดิมของใบกุ่มเขมาอย่างชัดเจน

เนื้อสัมผัสแบบเจล หมายถึง มีความสอดคล้องกับการออกแบบ มีลักษณะที่ แข็งและกึ่งเหลวอย่างชัดเจน

5.2 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเจล

การขับน้ำออก (Syneresis) หมายถึง การแยกตัวของน้ำในเจลพลังงานสูง จากใบกุ่มเขมาระหว่างการเก็บรักษา 20 นาที โดยค่าเกณฑ์การยอมรับอัตราการขับน้ำออกจาก เจลพลังงานสูงต้องไม่เกินร้อยละ 10 (ดัดแปลงจาก (N. Banerjee et al., 2011)) ถ้าเจลพลังงาน สูงจากใบกุ่มเขมายังมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามที่ออกแบบ และสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพเจลข้างต้น นักเรียนต้องปรับปรุง และแก้ไขชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการ ออกแบบ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเจล

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอผลการแก้ปัญหา : นักเรียนต้องนำเสนอการแก้ไขปัญหา ผ่านกระบวนการสร้างชิ้นงาน จากสถานการณ์ โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจ

วิทยาศาสตร์ (S) หมายถึง เนื้อหาเรื่อง สารละลาย ได้แก่ ความเข้มข้นของ สารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย และการทดสอบ คุณภาพเจล (Syneresis)

เทคโนโลยี (T) หมายถึง การสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อแสวงหาข้อมูลในการทำกิจกรรม และการใช้เทคโนโลยีเพื่อนำเสนอชิ้นงาน

คณิตศาสตร์ (M) หมายถึง การชั่ง ตวง วัด วัดจุดติบ และการคำนวณความเข้มข้นของ สารละลายในหน่วยต่าง ๆ

3. เจลพลังงานสูง (High energy gel) หมายถึง เจลที่ได้จากการสกัดใบกรูเซมา กับ สารละลายที่เกิดจากการผสมระหว่างตัวทำละลาย (Solvent) ได้แก่ น้ำ กับ ตัวละลาย (Solute) ได้แก่ วัตถุติบต่าง ๆ ตามที่นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบตามความคิดและจินตนาการ โดยสารอาหารพลังงานสูงที่ใช้ในกิจกรรมนี้ ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทรีน และน้ำตาลทราย ซึ่งเป็นสารอาหารที่ร่างกายสามารถดูดซึมได้ง่าย ให้พลังงานแก่ร่างกายอย่างรวดเร็ว และเป็นส่วนประกอบหลักของ เพาเวอร์เจล (Power Gel) ที่จำหน่ายตามท้องตลาด

4. แนวคิด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์เดิม หรือจากการ เรียนรู้ในสิ่งต่างๆ และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล นำมาซึ่งการรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลให้ได้ ใจความสำคัญของสิ่งนั้น โดยในงานวิจัยนี้คือแนวคิด เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยวัดแนวคิดโดยให้ นักเรียนทำแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้กิจกรรมสะเต็ม ศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย เป็น ประเภทเลือกคำตอบถูก หรือผิด พร้อมทั้งเขียนแนวคิดอธิบายเหตุผลประกอบ จำนวน 20 ข้อ เวลา 50 นาที โดยครอบคลุมผลการเรียนรู้ 3 ข้อ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

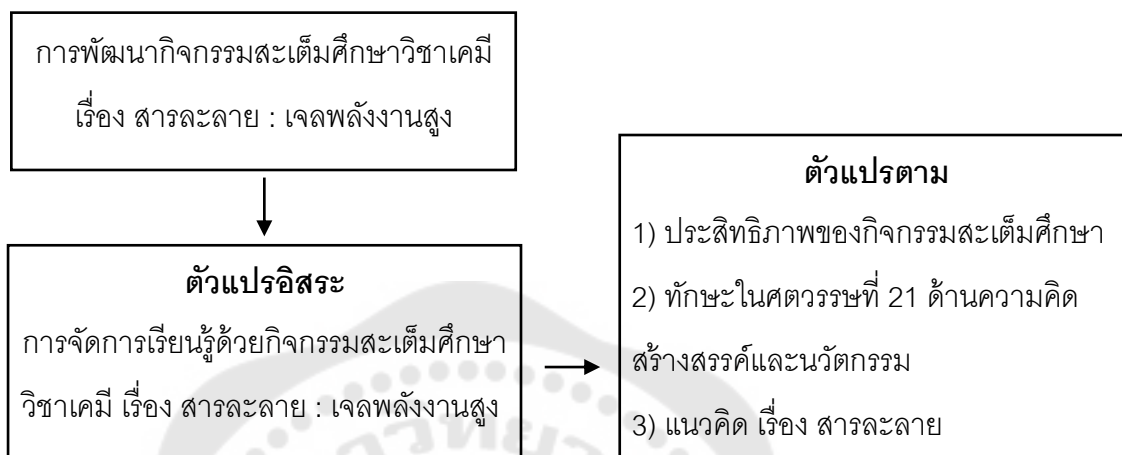
5. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ทักษะในการ สร้างสรรค์ชิ้นงานผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ และร่วมกันทำงานเพื่อสร้างนวัตกรรม ได้แก่ เจลพลังงานสูงจากใบกรูเซมา โดยทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน จะ ใช้แบบประเมินที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์ 21st Century Skills Standards Rubrics และ Creativity for 21st Century Skills (Jane piirto, 2011) ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

5.1 การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) หมายถึง การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ เช่น การระดมสมอง การเขียนแผนภาพแสดงความคิด การใช้เทคโนโลยีเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การนำวัสดุดิบ/อุปกรณ์ ที่นอกเหนือจากการจัดเตรียมให้มาประยุกต์ใช้ การสร้างความคิดที่แตกต่างโดยประยุกต์ใช้ทั้งแนวคิดใหม่และแนวคิดดั้งเดิมเข้ามาผสมผสานให้เกิดเป็นชิ้นงานที่สร้างสรรค์ นำมาสู่การสร้างนวัตกรรม และมีการปรับปรุง และพัฒนาความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการสร้างสรรค์ชิ้นงานให้แตกต่าง และไม่ซ้ำกับผู้อื่น

5.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creativity with Others) หมายถึง การสื่อสารความคิดไปสู่สมาชิกภายในกลุ่ม เช่น การพูด การอธิบาย การยกตัวอย่าง การให้เหตุผล เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน ความสามารถในการแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และความรับผิดชอบต่อการส่งงาน เข้าใจถึงข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม การใช้วัสดุดิบ/อุปกรณ์ที่กำหนดให้ในรูปแบบที่แตกต่างจากเดิม การให้วัสดุดิบ/อุปกรณ์ที่มีจำนวนจำกัด การสวมตัวแทนรายงานความคืบหน้าของชิ้นงาน สามารถมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้ และนำความผิดพลาดนั้นมาใช้พัฒนาชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น

5.3 นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ (Innovation from Creativity) หมายถึง ชิ้นงานที่นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้นผ่านการคิดอย่างสร้างสรรค์ และทำงานร่วมกัน โดยประเมินจากคุณภาพของชิ้นงานเจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมาที่นักเรียนสร้างขึ้น ได้แก่ พลังงานของเจลใน 1 หน่วยปริมาตร รสชาติ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ถึงความสอดคล้องกับการออกแบบและเกณฑ์การประเมินคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ การปกป้องชิ้นงาน คือ เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการบีบ กด หรือเขย่า บรรจุภัณฑ์ไม่เกิดความเสียหาย สามารถป้องกันเจลที่อยู่ภายในได้ และปิดได้สนิท ความสะดวกในการพกพา คือ บรรจุภัณฑ์ มีขนาดกระทัดรัดสามารถพกพาได้สะดวก พอดีกับปริมาณเจล เปิดรับประทานได้ง่าย เก็บรักษาได้สะดวกในกรณีที่ยังรับประทานไม่หมด การดึงดูดผู้บริโภค คือ บรรจุภัณฑ์ มีสีสันสวยงาม ใช้ภาพประกอบที่สื่อถึงชิ้นงาน และมีฉลากบ่งบอกส่วนประกอบที่สำคัญ และการนำเสนอชิ้นงาน ได้แก่ การนำเสนอชิ้นงาน คือ การนำเสนอที่น่าสนใจ แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้ดี การใช้ภาษา คือ พูดได้ชัดเจน ต่อเนื่องเป็นธรรมชาติ โนม่น้าวผู้ฟังได้ดี แสดงท่าทางและพูดด้วยน้ำเสียงที่เหมาะสมกับบทนำเสนอ และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง คือ ผู้นำเสนอและผู้ฟังมีการถาม ตอบ ระหว่างการนำเสนอ ชิ้นงาน ผู้นำเสนอสบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ และให้ผู้ฟังมีส่วนร่วมในการนำเสนอ

กรอบแนวคิดในงานวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จำนวนนักเรียนทั้งหมดร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย หลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50
2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในระดับดีขึ้น
3. แนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย
 - 1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย
 - 1.2 สารละลาย
 - 1.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจลพลังงานสูง
 - 2.1 ข้อมูลทั่วไปของเจล
 - 2.2 สารอาหารพลังงานสูง
 - 2.3 ไบกรูเซมา
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
 - 3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 3.2 หลักการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา
 - 3.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา
 - 3.4 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21
 - 4.1 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21
 - 4.2 ความคิดสร้างสรรค์
5. แนวคิด
 - 5.1 ความหมายของแนวคิด
 - 5.2 แนวคิดคลาดเคลื่อนทางเคมี
 - 5.3 แนวคิดเรื่อง สารละลาย
 - 5.4 เอกสารและงานวิจัยแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง สารละลาย
 - 5.5 การจัดกลุ่มแนวคิด
 - 5.6 วิธีการวัดแนวคิด

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ถูกปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในพุทธศักราช 2560 เพื่อให้การจัดการศึกษามีคุณภาพระดับสากล สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิต หรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่จำเป็นต้องใช้ อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดที่เป็นเหตุผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 สามารถค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ แก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ในสาระเคมีที่ 3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับ เรื่อง สารละลาย โดยมี 3 ผลการเรียนรู้ ได้แก่ 1) คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ 2) อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด 3) เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย โดยสอดคล้องเนื้อหาทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้ไปพร้อมกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทั้งด้านเนื้อหา และทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1.2 สารละลาย

สารละลาย ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย ถ้าสารละลายเกิดจากการผสมของสารในสถานะเดียวกันจะถือว่าสารที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลาย แต่ถ้าสารละลายเกิดจากการผสมของสารที่มีสถานะต่างกัน จะถือว่าสารที่มีสถานะเดียวกับสารละลายเป็นตัวทำละลาย โดยใช้เนื้อหาผลการเรียนรู้ตาม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ดังนี้

1.2.1 หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย หมายถึง ปริมาณของสารต่อปริมาณของสารละลายหรือต่อปริมาณของตัวทำละลาย การบอกหน่วยความเข้มข้นของสารละลายบอกได้หลายวิธี ดังนี้

1.2.1.1 ร้อยละหรือส่วนในร้อยละ (percentage) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อส่วนของสารละลาย จำแนกได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละโดยมวล (\%w/w)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{มวลของสารละลาย}} \times 100 \%$$

$$\text{ร้อยละโดยปริมาตร (\%v/v)} = \frac{\text{ปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100 \%$$

$$\text{ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (\%w/v)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100 \%$$

1.2.1.2 ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion, ppb) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วนและพันล้านส่วนของสารละลาย ตามลำดับ ในหน่วยมวลหรือปริมาตรเดียวกัน ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ส่วนในล้านส่วน (ppm)} = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$\text{ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)} = \frac{\text{มวลหรือปริมาตรของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาตรของสารละลาย}} \times 10^9$$

1.2.1.3 โมลาริตี (molarity, M) หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย 1 ลิตร หรือ 1000 มิลลิลิตร หน่วยเป็นโมลต่อลิตร หรือเรียกอีกอย่างว่า โมลาร์ (molar) ซึ่งมีสัญลักษณ์ M เขียนความสัมพันธ์ของโมลาริตีได้ดังนี้

$$\text{โมลาริตี (M)} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3 \text{ หรือ L)}}$$

1.2.1.4 โมแลลิตี (molality, m) หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม หน่วยเป็นโมลต่อกิโลกรัม หรือ เรียกอีกอย่างว่า โมแลล (molal) ซึ่งมีสัญลักษณ์ m เขียนความสัมพันธ์ของโมแลล ดังนี้

$$\text{โมแลลิตี } (m) = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย (mol)}}{\text{มวลของตัวทำละลาย (kg)}}$$

1.2.1.5 เศษส่วนโมล (mole fraction, X) เศษส่วนโมลของสารใดในสารละลาย หมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นกับจำนวนโมลรวมของสารทั้งหมดในสารละลาย เช่น สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยสาร A a โมล สาร B b โมล และสาร C c โมล เศษส่วนโมลของ A B และ C เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เศษส่วนโมลของ A } (X_A) &= \frac{a}{(a+b+c)} \\ \text{เศษส่วนโมลของ B } (X_B) &= \frac{b}{(a+b+c)} \\ \text{เศษส่วนโมลของ C } (X_C) &= \frac{c}{(a+b+c)} \end{aligned}$$

ถ้านำเศษส่วนโมลของทุกสารในสารละลายมารวมกันจะได้ ดังนี้

$$X_A + X_B + X_C = \frac{a}{(a+b+c)} + \frac{b}{(a+b+c)} + \frac{c}{(a+b+c)} = 1$$

ถ้านำเศษส่วนโมลของแต่ละสารมาคูณด้วย 100 จะได้ความเข้มข้นของสารนั้นในหน่วยร้อยละโดยโมล (mole percent) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละโดยโมลของ A} &= X_A \times 100 \\ \text{ร้อยละโดยโมลของ B} &= X_B \times 100 \\ \text{ร้อยละโดยโมลของ C} &= X_C \times 100 \end{aligned}$$

1.2.2 การเตรียมสารละลาย

สารละลายสามารถแบ่งการเตรียมเป็น 2 วิธี ดังนี้

1.2.2.1 การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การคำนวณปริมาณของตัวละลาย การชั่งตัวละลาย การละลายตัวละลายในตัวทำละลาย และการปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ตามต้องการในขนาดกำหนดปริมาตร

1.2.2.2 การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การคำนวณจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายที่ต้องการเตรียม คำนวณปริมาตรสารละลายเข้มข้นที่จะใช้เปิดสารละลายเข้มข้นตามปริมาตรที่คำนวณได้ ใส่ลงในขวดกำหนดปริมาตร และการปรับปริมาตรของสารละลายให้ได้ตามต้องการในขนาดกำหนดปริมาตร

1.2.3 สมบัติบางประการของสารละลาย

สมบัติบางประการของสารละลาย คือ การเปลี่ยนแปลงไปของจุดเดือด และจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลาย โดยที่จุดเดือดของสารละลายจะสูงกว่าจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ที่เป็นตัวทำละลายของสารละลายนั้น ซึ่งเรียกว่า ตัวทำละลายบริสุทธิ์ ส่วนจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์

จากความหมายของสารละลายที่กล่าวมา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า สารละลาย เป็นสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ตัวละลาย และตัวทำละลาย โดยสามารถระบุเป็นหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ และสารละลายสามารถเตรียมได้ 2 วิธี ได้แก่ เตรียมจากสารบริสุทธิ์หรือเตรียมจากสารละลายเข้มข้น ซึ่งจุดเดือดของสารละลายสูงกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ และจุดหลอมเหลวของสารละลายต่ำกว่าตัวทำละลายบริสุทธิ์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหา เรื่อง สารละลาย ยึดตามหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ครอบคลุมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย

ภัทรวดี หาดแก้ว (2557) ได้จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาผ่านการทำวุ้น เป็นกิจกรรมบูรณาการผ่านการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน โดยนักเรียนได้เรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง การละลาย ตัวละลาย ตัวทำละลาย รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการละลายในระหว่างการทำวุ้น เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมนักเรียนจะถูกประเมินผล 3 ด้าน ได้แก่ ชี้นำงาน การมีส่วนร่วมในการทำงาน และการนำเสนอตามเกณฑ์การประเมินที่ครูสร้างขึ้น ซึ่งกิจกรรมการทำอาหารเป็นกิจกรรมหนึ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในวิชาการงานพื้นฐานอาชีพ นอกจากนี้ยังได้ฝึกทักษะการทำอาหาร และมีความสนุกสนานแล้ว การทำอาหารนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การใช้เทคโนโลยี และเรียนรู้กระบวนการวิศวกรรมอีกด้วย

จุฬารัตน์ แก้วหานาม (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษาในหน่วย สารละลาย เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย และการเตรียมสารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยสร้างสถานการณ์เป็นนิทรรศการเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ จากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการวางแผนคิดสำหรับเตรียมเครื่องดื่มให้เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค สามารถบอกความเข้มข้นในหน่วยร้อยละของเครื่องดื่ม และนำเสนอผลงานเป็นภาษาอังกฤษได้อย่างดีเยี่ยม

นันทพร วดีศิริศักดิ์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย และสารละลายกรด-เบส วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย และสารละลายกรด - เบส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนหรือมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 76.47 และความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

2. เจลพลังงานสูง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของเจล

เจล เป็นวัสดุคล้ายของแข็ง เกิดจากสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) มีโครงสร้างแบบร่างแห ที่สามารถเพิ่มปริมาตรเมื่ออยู่ในของเหลว ส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นของเหลวเมื่อถูกกวน และสามารถกลับเป็นของแข็งเมื่อปล่อยให้พัก (thixotropy) โครงสร้างของเจล (gel

structure) สามารถกักโมเลกุลของน้ำไว้ภายใน เจลมีลักษณะเป็นของกึ่งแข็ง โดยคุณลักษณะเนื้อสัมผัสทางกายภาพของเจลสามารถคำนวณได้จากการขับน้ำออกของเจล ดังนี้

2.1.1 ลักษณะการขับน้ำออกของเจล (N. Banerjee et al., 2011)

การขับน้ำออกของเจล หมายถึง การรวมตัวของสายโมเลกุลที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวของร่างแหพอลิเมอร์ ซึ่งในที่นี้คือ เพกตินในใบกรูงเขมา ทำให้เกิดการลดช่องว่างที่ใช้สำหรับกักเก็บน้ำ ส่งผลให้น้ำแยกออกจากเจลได้ ซึ่งการแยกตัวของน้ำจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา คิดเป็นร้อยละการขับน้ำออกดังสมการ

$$\text{ค่าการขับน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักของเจลที่เปลี่ยนแปลงไป}}{\text{น้ำหนักเจลเดิม}} \times 100\%$$

โดยการศึกษาระดับการขับน้ำออกของเจล พบว่าจะมีค่าที่เกิดจากการขับน้ำออกของเจลไม่เกินร้อยละ 5

จากข้อมูลลักษณะการขับน้ำออกของเจล ผู้วิจัยได้ตัดแปลงค่าการขับน้ำออกจากเจลเป็นเกณฑ์การยอมรับอัตราการขับน้ำออกจากเจลพลังงานสูงต้องไม่เกินร้อยละ 10

2.2 สารอาหารพลังงานสูง

อาหารพลังงานสูง เป็นอาหารที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก คาร์โบไฮเดรตจากอาหารชนิดนี้ร่างกายสามารถดูดซึมและเผาผลาญเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว ในงานวิจัยนี้เลือกใช้สารอาหารพลังงานสูงในการสร้างเจลพลังงานสูงจากใบกรูงเขมา ดังนี้

2.2.1 มอลโทเดกซ์ทรีน (maltodextrin) (Baer et al., 2014)

มอลโทเดกซ์ทรีน คือ คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มอลโทเดกซ์ทรีน มีไว้สำหรับรับประทานด้วยการผสมกับของเหลว เช่น น้ำ หลังจากนั้นดื่มหลังการออกกำลังกาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อฟื้นฟูพลังงานที่เสียไปจากการออกกำลังกาย

2.2.1.1 กระบวนการทำงานของมอลโทเดกซ์ทรีน (Ozaki & Hayashi, 1997)

มอลโทเดกซ์ทรีน จะแตกตัวเป็นกลูโคสอย่างรวดเร็ว หลังจากรับประทาน ส่งผลให้ระดับอินซูลินในกระแสเลือดสูง โดยอินซูลินมีหน้าที่หลักในกระบวนการสร้างกล้ามเนื้อ โดยเพิ่มการนำกรดอะมิโนเข้าสู่กล้ามเนื้อลาย เป็นตัวเร่งกระบวนการการสังเคราะห์โปรตีนให้กล้ามเนื้อ

และป้องกันการสลายตัวของกล้ามเนื้อ ที่ทำหน้าที่ต้านฮอร์โมนคอร์ติซอล ซึ่งเป็นตัวทำลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ และพลังงานของมอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณ 1 กรัม จะให้พลังงาน 3.8 แคลอรี

2.2.2 น้ำตาลทราย หรือซูโครส (Sucrose)

น้ำตาลทราย หรือซูโครส เป็นไดแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยมโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุล ได้แก่ กลูโคส (Glucose) 1 โมเลกุล เชื่อมต่อกับโมเลกุลของฟรุคโตส (Fructose) 1 โมเลกุล ด้วยพันธะไกลโคซิดิกบอนด์ (Glycosidic bond) น้ำตาลทรายเป็นสารที่ให้ความหวานและให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยในปริมาณ 1 กรัม จะให้พลังงาน 4 แคลอรี

2.2.2.1 ผลของน้ำตาลต่อคุณสมบัติของเจล (Yang et al., 2015)

น้ำตาลซูโครสมีสมบัติช่วยให้เกิดความหวานแก่ผลิตภัณฑ์ และน้ำตาลทรายมีความสามารถในการช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของเจล ทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นร่างแหเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น

2.3 กรุงเขมา

กรุงเขมาเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้าน ที่มีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ได้จากพืช พอลิเมอร์นี้คือ เพคติน จะแสดงหน้าที่สำคัญในการทำให้เกิดเจลของอาหาร (Vardhanabhuti & Ikeda, 2006)

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของกรุงเขมา (Singthong, Cui, Ningsanond, & Goff, 2004)

กรุงเขมา (*Cissampelos pareira L.*) หรือเครือหมาน้อย เป็นไม้เถาที่เลื้อยไปตามต้นไม้อื่น ไม่มีมือเกาะ มีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อนำมาชงกับน้ำแล้วทิ้งไว้เกิดลักษณะเป็นเจลเนื่องจาก มีเพคติน (pectin) เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก โดยเพคตินเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีลักษณะเนื้อคล้ายเยลลี่ ประกอบด้วยกาแลกโทสหลายๆ โมเลกุลรวมกันเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (biopolymer) หรือพอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymer)

2.3.2 ลักษณะพฤกษศาสตร์ ได้รายงานลักษณะของกรุงเขมาไว้ ดังนี้ (กชพรรณ วงศ์เจริญ, 2548)

ราก เป็นรากที่มีลักษณะอวบใหญ่ สีน้ำตาล มีหน้าที่สะสมอาหาร

ดอก มีขนาดเล็ก สีเขียวอมเหลืองหรือเหลืองอ่อน

ผล ผลสดลักษณะค่อนข้างกลม เมื่อสุกจะมีสีแดง

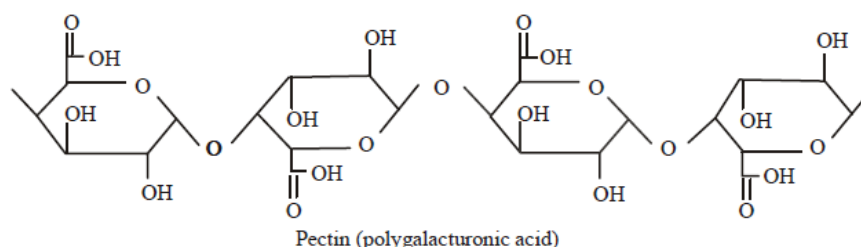
ใบ มีลักษณะเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปกลม รูปหัวใจหรือรูปไต ก้นปิด ใบกว้างปลายแหลม โคนมน ตัดหรือเว้าเล็กน้อย หน้าใบและหลังใบมีขนสีน้ำตาลยาวประมาณ 1 มิลลิเมตรปกคลุมหนาแน่น โดยส่วนใบสามารถนำมารับประทานได้ และมีสรรพคุณทางยา



ภาพประกอบ 2 แสดงลักษณะใบของกรุงเขมา

ที่มา : <http://thearokaya.co.th/web/wp-content/uploads/2017/08/kd.jpg>

2.3.3 กระบวนการการเกิดเจลของใบกรุงเขมา Arkarapanthu et al. (2005) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบกรุงเขมาและกลไกการเกิดเจล พบว่า ใบกรุงเขมา หรือใบหมาน้อยมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีความสามารถเกิดเจลได้ คือ สารเพคติน (Pectin) เป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic polymer) ซึ่งมีมอนอเมอร์คือ D-galacturonic acid ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ชนิดแอลฟา 1-4 ด้วยแรงระหว่างโมเลกุลของพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bondings) ระหว่างสายพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (polygalacturonic acid chains) และแรงระหว่างโมเลกุลของพันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic bondings) ระหว่างกลุ่มเมทิล (methylated group) บนสายพอลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก



ภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างเพคตินที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์กรดกาแลคทูโรนิก

ที่มา : Khan, Bibi, and Zeb. (2015). Optimization of process conditions for pectin extraction from citrus peel. p. 10.

2.3.4 สรรพคุณของใบกรงเขมา

ใบของกรงเขมา มีสรรพคุณในการบรรเทาอาการเจ็บปวด แก้อหอบหืด และใบจะมีสารพวกเพกติน สามารถรับประทานได้ (Singthong et al., 2004) โดยนำใบที่เจริญเต็มที่มาขยี้กับน้ำสะอาด กรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวขึ้น แล้วปล่อยให้เกิดเจลหรือที่เรียกว่า วุ้น นำมารับประทาน และสามารถดูดซับคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดได้ หากมีการนำมาปรุงเป็นอาหารหรือของหวานเพื่อบริโภคนั้น ก็จะเป็นได้ทั้งอาหารกินเล่นที่มีประโยชน์ และเป็นขนมที่มีสรรพคุณทางยาบำรุง ยาแก้ร้อนใน รวมไปถึงแก้ปวดท้อง (ญาริบัติร์ ปักแก้ว, 2553)

2.3.5 การสกัดเพกตินจากใบกรงเขมาด้วยวิธีต่างๆ

พิเชษฐ เทบ่ารุง (2546) ศึกษาหาปริมาณและคุณภาพของเพกตินจากใบหมาน้อย ทำการสกัดแบบร้อนด้วยน้ำกลั่น สภาวะที่ใช้การสกัดคืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที พบว่าน้อย พบว่าจากใบหมาน้อย 100 กรัม สามารถสกัดเป็นเพกตินได้สูงถึง 30 กรัม หรือคิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และจากการสกัดแบบร้อนด้วยน้ำกลั่น พบว่าได้เพกตินมีคุณภาพสูง โดยคุณภาพของเพกตินวัดจากปริมาณเมทิลเอสเทอร์ และกรดกาแลคทูโรนิกในเพกติน และพบว่าเพกตินที่สกัดจากใบหมาน้อยเป็นเพกตินชนิดที่มีปริมาณเมทิลเอสเทอร์ต่ำ

พรประภา ชุนถนอม, กรรณิการ์ สมบุญ, สุดาวรัตน์ สกุลคู, and อรณุช สีหามาลา (2556) ได้ศึกษาผลของวิธีการสกัดต่อคุณภาพของ เพกตินจากใบหมาน้อยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ศึกษาคุณภาพของเพกตินจากใบหมาน้อยสด ใบหมาน้อยอบแห้ง และใบหมาน้อยแช่แข็งที่สกัดแบบหยابและแบบตกตะกอนในแอลกอฮอล์ พบว่าความหนืดของเพกตินจากใบหมาน้อยอบแห้งมีความหนืดสูงกว่าใบสด และแช่แข็ง ทั้งการสกัดทั้งแบบหยاب และแบบตกตะกอนด้วยแอลกอฮอล์ และศึกษาคุณสมบัติทางวิสโคอิลาสติกทั้งค่าพลังงานสะสม (G') และพลังงานสูญเสีย (G'') พบว่าเพกตินจากใบหมาน้อยแห้งมีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืดมากกว่าเป็นของแข็งที่มีความยืดหยุ่น หรือมีคุณสมบัติเป็นเจลที่เหมาะสมต่อการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการผลิตเพกตินจากใบเครือหมาน้อย โดยหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพกตินจากใบกรงเขมา นำมาใช้ในการเปรียบเทียบ 3 ชนิด ได้แก่ ใบสด ใบที่อบแห้งโดยการตากแดดและใบที่อบแห้งโดยใช้ตู้อบ

ลมร้อน จากการทดลองพบว่า การตากแดด และการใช้ตู้อบลมร้อนให้ผลผลิตเพคตินที่สกัดได้สูง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลผลิตเพคตินที่สกัดได้จากใบเครือหมาน้อยสด ใบเครือหมาน้อยตากแดดและใบเครือหมาน้อยอบแห้ง ได้ผลผลิตเพคตินร้อยละ 7.56, 20.09 และ 21.06 ตามลำดับ

รัชฎาพร อุ่นศิริวิไลย์, จิราวรรณ อุ่นเมตตาอาารี, and จิตรา สิงห์ทอง (2554) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญในสารสกัดเครือหมาน้อย ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจาก Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assay เป็นการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากการรีดิวซ์ โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอริก Fe^{3+} กับ TPTZ (ferric tripyridyltriazine) ได้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอรัส Fe^{2+} กับ TPTZ ซึ่งมีสีน้ำเงิน และดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยเตรียมสารสกัดโดยการแช่ใบเครือหมาน้อยแห้งด้วยน้ำ เอทานอล และอะซีโตน จากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดน้ำมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด และการศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดน้ำมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ดังนั้นสารสกัดเครือหมาน้อยจึงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร โดยสารสกัดน้ำควรนำไปใช้เพื่อให้รับได้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด

ศิริวรรณ ศรีสรจักร (2533) ได้ศึกษาวิธีการสกัดสารเพคตินจากใบหมาน้อย และใบบัวโคก โดยวิธีการต้มสกัดกับน้ำโดยใช้อัตราส่วนน้ำหนักสดต่อ น้ำ 1 : 80 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที พบว่าสารเพคตินที่สกัดได้จากใบสดและใบแห้งได้ปริมาณไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบเป็นน้ำหนักแห้ง โดยใบหมาน้อยและใบบัวโคกได้ปริมาณสารเพคตินร้อยละ 27.80 และ 9.13 ตามลำดับ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกสกัดเจลจากใบกรงเขมาตากแห้ง เนื่องจากต้องเตรียมวัตถุดิบจำนวนมากก่อนเริ่มทำกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีปริมาณใบกรงเขมาที่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมสร้างสรรค์เจลพลังงานสูง และใบกรงเขมาแห้งสามารถสกัดเพคตินได้ปริมาณที่มากกว่าใบสด และสารอาหารพลังงานสูงหลักที่ใช้ในกิจกรรม ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน และน้ำตาลทราย เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย ราคาถูก และเป็นวัตถุดิบหลักในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง สารละลาย ในเรื่องของ ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย เพื่อให้กิจกรรมมีเนื้อหาสอดคล้องกับเรื่อง สารละลาย อีกด้วย

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ รูปแบบการเรียนการสอนเชิงบูรณาการแนวคิดของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ (Koehler, Faraclos, Giblin, Moss, & Kazerounian, 2013) รวมไปถึงสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมเศรษฐศาสตร์ และแพทยศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงศาสตร์ความรู้ทั้งหลายสาขาวิชาเข้าด้วยกัน ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง (Zollman, 2012)

3.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการสอนที่ให้นักเรียนได้ลงมือกระทำอย่างกระตือรือร้นและได้ผลงานออกมา โดยใช้กระบวนการต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้หลักการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2559) เสนอว่า แนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาต้องคำนึงถึงเนื้อหาในบทเรียน เนื่องจากเนื้อหาจะเป็นปัจจัยที่ใช้กำหนดวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี ครูผู้สอนจะต้องได้รับการปรับปรุงพัฒนาให้มีศักยภาพในการเขียนแผนโดยได้รับการฝึกปฏิบัติในการเขียนแผน ควรได้รับการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการเขียนแผน ครูควรวางแผนทั้งในด้านเนื้อหาที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรมและคุณลักษณะที่ต้องการสนับสนุนให้เกิดกับนักเรียน และควรหลีกเลี่ยงการใช้ตารางเวลาจัดกิจกรรมเป็นช่วงๆ คงที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ รวมทั้งจะไม่ใช้คำถามว่ากิจกรรมทุกรายการดำเนินไปได้หรือไม่ เพราะครูที่มีประสบการณ์มักจะพร้อมและสามารถปรับเปลี่ยนกิจกรรม การเรียนให้มีความยืดหยุ่น และดำเนินไปได้พร้อมกับตอบสนองนักเรียนอย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) เสนอว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้อุตสาหกรรม คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่

1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ
2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ
3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
4. ทำทลายความคิดของนักเรียน
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

Vasquez, Sneider, and Comer (2013) เสนอหลักการ 5 ข้อ ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่าง 2 วิชาขึ้นไปเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงหลักการและความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดพื้นฐาน การนำประยุกต์ใช้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมใหม่ๆ ร่วมกัน
2. การสร้างความสัมพันธ์ กระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการนำความรู้ใหม่ๆ ไปประยุกต์ใช้ การสร้างคำถามเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในประเด็น
3. ความสำคัญของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความสามารถที่ต้องการในยุคของสารสนเทศ ไม่ใช่เพียงว่า คุณมีข้อมูลมากมายเท่าใด แต่ขึ้นอยู่กับว่า จะเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างไร การสร้างสมรรถนะที่สร้างสรรค์สามารถแก้ปัญหาและสื่อสารแนวคิด หลักการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานเป็นทีม การร่วมมือกัน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์
4. สร้างความท้าทายแก่นักเรียน ความเข้าใจถึงจิตวิทยาพัฒนาการของนักเรียน จะช่วยให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่ทำทลายความสามารถของนักเรียน
5. การจัดเตรียมกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และพัฒนาความสามารถ วิธีการเรียนรู้ที่สำคัญคือ โครงงานเป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นวิธีการสร้างกระบวนการในการเรียนรู้ วิธีการสาธิตการเรียนรู้ของนักเรียน และวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อสรุปขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

Capraro, Capraro, and Morgan (2013) เสนอว่า การจัดการเรียนรู้สามารถนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้ 9 แนวทาง ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ทำทลายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหานักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาขา ได้แก่ สาขาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานโดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. ครูผู้สอนมีหน้าที่เป็นโค้ชและผู้อำนวยความสะดวก

7. ครูผู้สอนเป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ

8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด

9. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย

3.2.1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

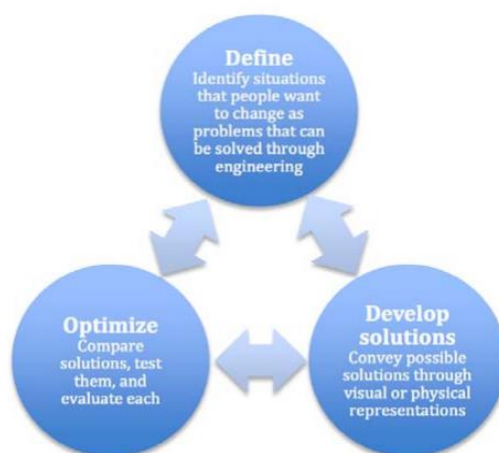
สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้นำ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้มากมายโดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ดังนี้

National Research Council (2012) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า Next Generation Science Standard ซึ่งเป็นการทำงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหา รวมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการให้มีความชัดเจนว่าคืออะไร มีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบ้างที่เป็นกรอบเงื่อนไขของการแก้ปัญหา ซึ่งจะให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็นภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มี

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในขั้นตอนนี้ผู้เรียนต้องมีการสำรวจหรือรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ หรืออาจดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการทดลองดูว่าปัจจัยอะไรบ้างที่จะมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาที่กำหนด แล้วดำเนินการสร้างทางเลือกของการแก้ปัญหาพร้อมกับวิเคราะห์ทางเลือกที่คิดว่าน่าจะเป็นแนวทางที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

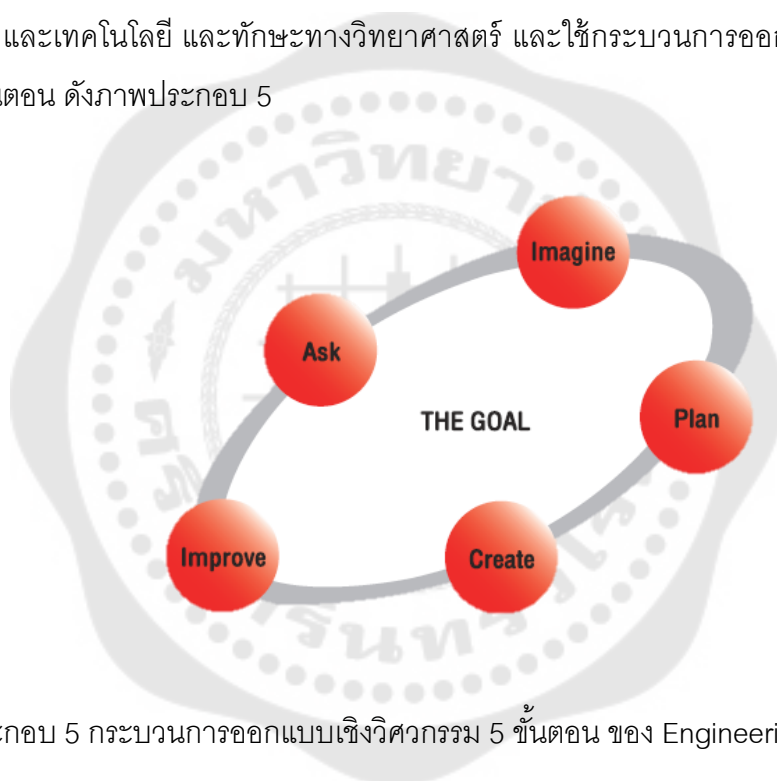
ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือกภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนดหลังจากที่ได้เลือกทางเลือกของการแก้ปัญหาข้างต้นแล้ว ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวิธีการที่ได้ออกแบบมาว่าเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าแนวทางนั้นอาจจะยังไม่ดีพอ ทำให้ต้องย้อนกลับไปดูที่ทางเลือกอีกครั้ง หรืออาจต้องวิเคราะห์ปัญหาให้ละเอียดอีกครั้งก็เป็นได้



ภาพประกอบ 4 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3 ขั้นตอน

ที่มา : Appisit Tongchai. (2016). The Importance of Engineering in Science Learning Management in the 21st Century. p. 50.

Cunningham (2009) ได้ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือ Engineering is Elementary (EiE) เพื่อพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์ และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็น 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ของ Engineering is Elementary

National Research Council (2012) ได้แบ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็น 6 ขั้นตอน ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาใช้เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหา หรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้สนใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

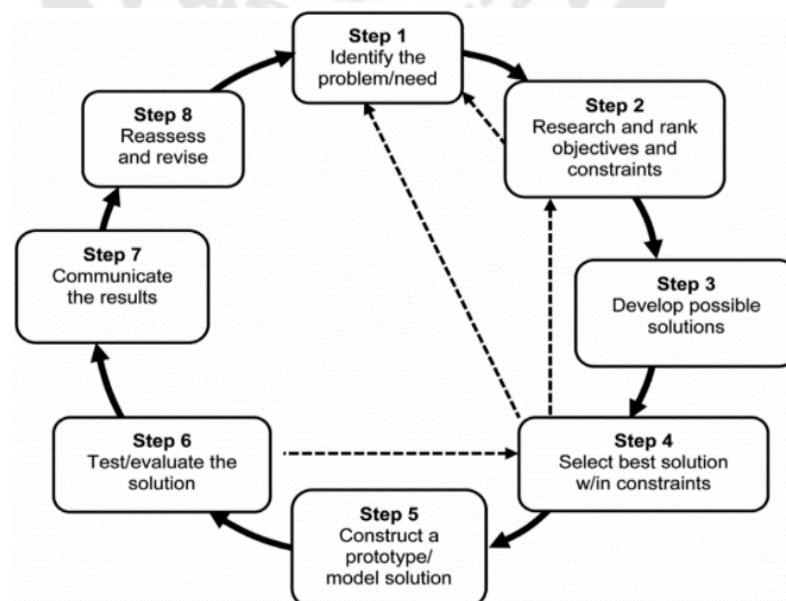


ภาพประกอบ 6 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการประกวด
โครงการสะเต็มศึกษา ประจำปี 2561. หน้า 5.

Billiar, Hubelbank, Oliva, and Camesano (2014) ได้ ดำเนินกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมไปตามเข็มนาฬิกาหมุนขวาไปตามหัวลูกศรเส้นทึบ (→) อาจมีบางขั้นตอน
ที่สามารถย้อนกลับได้ตามหัวลูกศรเส้นประ (-----) โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีเป็น
8 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ความต้องการ
- ขั้นที่ 2 ศึกษาวิจัย จัดลำดับ เป้าหมายและข้อจำกัด
- ขั้นที่ 3 หาวิธีการแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้
- ขั้นที่ 4 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด
- ขั้นที่ 5 สร้างโมเดลหรือรูปแบบของการแก้ไขปัญหา
- ขั้นที่ 6 ทดสอบ และประเมินผลการใช้รูปแบบ
- ขั้นที่ 7 นำเสนอ / สื่อสารผลการประเมิน
- ขั้นที่ 8 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 7 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน

ที่มา : Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano. (2014). Teaching STEM by design. Advance in Engineering Education. p. 5.

จากการศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน เพื่อให้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนจะได้แก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1.ระบุปัญหา 2.รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5.ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6.นำเสนอผลการแก้ปัญหา สำหรับการสร้างสรรค์ชิ้นงานนวัตกรรมเจดพลังงานสูงจากไบกรูเมมา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถทำซ้ำหรือย้อนกลับได้เสมอ ถ้าเจดพลังงานสูงที่นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้นยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามออกแบบหรือเกณฑ์การประเมิน เพื่อให้ นักเรียนได้แก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้ดีที่สุด ก่อนนำเสนอผู้อื่น

3.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามีหลากหลายรูปแบบและหลายกระบวนการ ผู้สอนจึงมีหน้าที่เลือกวิธีนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับวัย เนื้อหา จุดประสงค์ในการเรียนรู้ และผลที่ต้องการให้นักเรียนได้รับ

3.3.1 การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ (Problem-Based learning : PBL)

วดีณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้กล่าวว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ เป็นหลักสูตรและกระบวนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ ประกอบด้วย การเลือกปัญหาที่นักเรียนต้องการแก้ปัญหา แก้ปัญหาด้วยวิธีของตนเอง และเรียนรู้ในการมีทักษะ การมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ท้าทายและเป็นการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น เหมาะสำหรับเด็กชั้นมัธยมศึกษา เนื่องจากการเรียนที่ศึกษาเพื่อตอบปัญหาที่เกิดขึ้นเกิดจากการตั้งปัญหาในการเรียนรู้ เป็นการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ และ PBL หมายถึง กระบวนการสืบค้นเพื่อแก้ปัญหาสิ่งที่ที่อยากรู้ สงสัย เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิต

Boud and Feletti (2013) ได้กล่าวว่า การเรียนด้วยฐานการแก้ปัญหา (PBL) หมายถึง การแก้ปัญหาปลายเปิด โดยการวิเคราะห์ปัญหาเป็นการพัฒนาเพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน และมั่นใจในการแก้ปัญหาของเด็กในโลกปัจจุบัน พร้อมทั้งพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และเพิ่มความรู้สึกร่วมมือที่ได้ร่วมมือในการเรียนรู้กับผู้อื่น

Word (2003) ได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการสอน PBL ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ระบุและชี้แจงคำที่ใช้ในสถานการณ์ที่น่าเสนอ
- ขั้นตอนที่ 2 กำหนดปัญหาหรือใช้ปัญหาที่มีอยู่เดิม ซึ่งนักเรียนแต่ละบุคคลอาจมีมุมมองที่แตกต่างกัน แต่ทุกคนควรได้รับการพิจารณา เขียนบันทึกรายงานปัญหาที่ตกลงกัน
- ขั้นตอนที่ 3 ระดมสมอง เพื่อหาหรือเกี่ยวกับปัญหา อธิบายสิ่งที่เป็นไปได้จากพื้นฐานความรู้เดิม ใช้ภาพความรู้แต่ละคน และหาสิ่งที่ขาด เขียนบันทึกความคิดเห็นทั้งหมด
- ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบขั้นที่ 2 และ 3 และจัดเรียงคำอธิบายในการแก้ปัญหาเบื้องต้น เขียนคำอธิบายและปรับโครงสร้างเมื่อจำเป็น
- ขั้นตอนที่ 5 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ สมาชิกในกลุ่มช่วยกันคิดตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ครูตรวจสอบเนื้อหาให้ครอบคลุมและเหมาะสม
- ขั้นตอนที่ 6 ศึกษารายบุคคล
- ขั้นตอนที่ 7 นำที่ได้ศึกษามาเสนอกลุ่ม ตรวจสอบการเรียนรู้ และครูอาจประเมินนักเรียนเป็นรายกลุ่ม

จากรูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ หรือ PBL ในการดำเนินกิจกรรมหลักของสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง โดยใช้สถานการณ์ 13 ชีวิต ติดถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน เป็นเหตุการณ์กระตุ้นให้นักเรียนอยากทราบปัญหาจากสถานการณ์ หลังจากที่นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์จะพบ ปัญหา ได้แก่ การที่ทีมช่วยเหลือจะนำทั้ง 13 ชีวิตออกจากถ้ำได้ ต้องฟื้นฟูสภาพร่างกายให้มีพลังงานเพียงพอ ก่อนที่จะเชื่อมโยงไปสู่อาหารมื้อแรกที่ได้รับประทาน คือ เพาเวอร์เจล (Power Gel) จากนั้นสร้างสถานการณ์จำลองเป็นรูปแบบเกมส์การแข่งขัน ทำอาหารสำหรับนักกีฬา โดยมีวัตถุประสงค์หลักจัดใส่ใบกล่องปริศนา (Mysterious box) ได้แก่ ใบกรุงเขมา เป็นสมุนไพรธรรมชาติที่สามารถก่อเจลและรับประทานได้ เพื่อนำมาสู่การสร้างสรรคนวัตกรรมเจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมา

3.4 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่สอดคล้องกับปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง เป็นการส่งเสริมการสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ ดังนี้ (กมลฉัตร กลุ่มอิม, 2559)

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะเรียนสนุก และมองเห็นอาชีพการทำงานที่สนใจจะทำ หลังจากสำเร็จการศึกษาแล้ว
3. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสะเต็มศึกษา ผลการประเมินทางในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรจะดีขึ้น
4. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กล่าวว่าประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบวิศวกรรมเป็นพื้นฐาน
2. นักเรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ขึ้น
3. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา
4. หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครู และบุคลากรทางการศึกษา

5. สร้างคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้หลากหลายสาขาเข้ามาแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และปลูกฝังให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร รวมไปถึงการทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ อันเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศอีกด้วย

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2559) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและ ลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีเยี่ยม และทักษะชีวิตและอาชีพอยู่ในระดับดีมาก

อาทิตยา พูนเรือง (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

Burrows, Breiner, Keiner, and Behm (2014) ได้ศึกษาเรื่อง การบูรณาการสะเต็มศึกษากับไบโอดีเซล โดยบูรณาการร่วมกับวิชาชีววิทยา ชีวเคมี และเคมี พบว่า นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากขึ้น บทเรียนทำให้นักเรียนสนใจในสาขาวิชาวิศวกรรม นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากบทเรียน และนักเรียนมีความมั่นใจในการทำกิจกรรมและใช้เครื่องมือต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ หลังจากเรียนด้วยการบูรณาการเรื่อง ไบโอดีเซล ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

Christensen, Knezek, and Tyler-Wood (2014) ได้ศึกษาเรื่อง แนวคิดของนักเรียนที่มีต่อเนื้อหาสะเต็มศึกษาและอาชีพ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนในรูปแบบของสะเต็มศึกษาก่อนเข้ามหาวิทยาลัยจะมีการจัดการในด้านสะเต็มใกล้เคียงกับ

ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มมากกว่านักศึกษาที่เรียนในโรงเรียนมัธยมแบบปกติ ส่วนผู้หญิงมีแนวคิดทางบวกเกี่ยวกับสะเต็มในอาชีพมากกว่าผู้ชาย และนักศึกษาปีที่ 1 มีการจัดการทางบวกเกี่ยวกับสะเต็มมากกว่านักศึกษาปีที่ 2

Levine and DiScenza (2018) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดกิจกรรมทำขนมด้วยน้ำตาล ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า การทดลองที่ใช้น้ำตาลเป็นฐานในการจัดกิจกรรมสามารถกระตุ้นผู้ร่วมกิจกรรมให้กระตือรือร้นอยากเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากขึ้น และปรับเปลี่ยนทัศนคติเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อีกทั้งเพิ่มความสนใจในการใฝ่หาอาชีพทางวิทยาศาสตร์

Marle et al. (2014) ได้ศึกษา เรื่อง การใช้สถานการณ์เกี่ยวกับการโจรกรรมสูตรซอช็อคโกแลตในรูปแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งจัดกิจกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เพื่อให้นักเรียนแก้ไขสถานการณ์และปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 4 วัน โดยแต่ละวันจะมีกิจกรรมที่บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้ามาแก้ไขปัญหาคือผู้วิจัยสร้างสถานการณ์ขึ้นในแต่ละวัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับเทคนิคทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้จากกิจกรรมไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่นๆ

Stohlmann, Moore, and Roehrig (2012) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่าเป็นการเรียนรู้อย่างบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะในด้านต่างๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity based) หรือการทำโครงการ (project based) พบจากการศึกษาพบว่า ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อความสำเร็จในอนาคตของนักเรียน

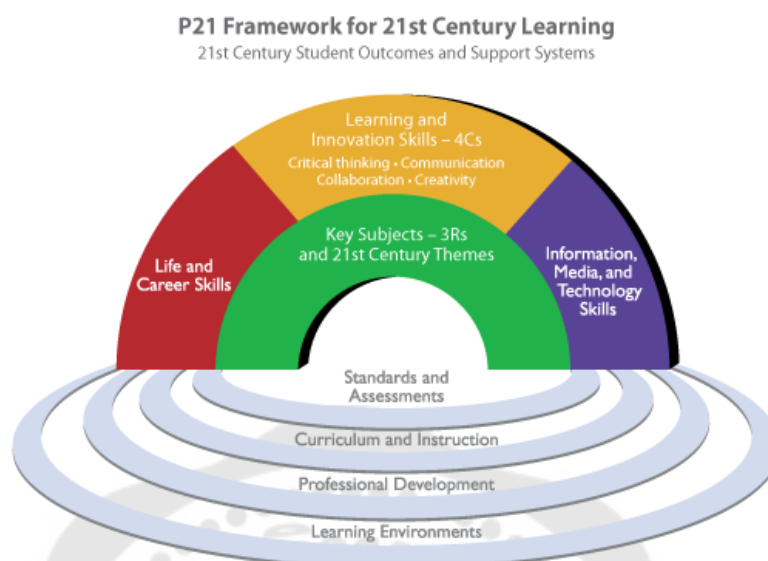
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์

4.1 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21

ภาคีพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning, 2015) ได้ระบุทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ไว้ 3 ทักษะได้แก่

4.1.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะที่จะเป็นตัวช่วยในการใช้ชีวิตและการทำงานในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย (4C) ได้แก่

- 4.1.1.1 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)
- 4.1.1.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)
- 4.1.1.3 การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Communication and Collaboration)
- 4.1.2 ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology skills) เป็นทักษะที่ช่วยให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่รวดเร็ว สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลและสื่อใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาได้ ประกอบด้วย 3 ทักษะย่อย ได้แก่
- 4.1.2.1 ความรู้ด้านสารสนเทศ (Information Literacy)
- 4.1.2.2 ความรู้ด้านสื่อ (Media Literacy)
- 4.1.2.3 ความรู้ด้านเทคโนโลยี (ICT Literacy)
- 4.1.3 ทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills) ในการดำรงชีวิตและการทำงานให้ประสบความสำเร็จ นักเรียนจะต้องพัฒนาทักษะ 5 ทักษะย่อย ได้แก่
- 4.1.3.1 ความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and Adaptability)
- 4.1.3.2 การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง (Initiative and Self Direction)
- 4.1.3.3 ทักษะการเข้าสังคมและวัฒนธรรมที่แตกต่าง (Social and Cross-Cultural Skills)
- 4.1.3.4 การเป็นผู้มีความรับผิดชอบ (Accountability)
- 4.1.3.5 ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and Responsibility)
- โดยนอกจากทั้ง 3 ทักษะที่สำคัญดังกล่าวแล้ว ภาศิพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ยังระบุถึงวิชาแกนหลักที่ควรเรียนรู้ด้วย ได้แก่ ภาษาอังกฤษ (การอ่าน และศิลปะการใช้ภาษา) ภาษาหลักของโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และการปกครองและหน้าที่พลเมืองที่ดี



ภาพประกอบ 8 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ที่มา : Partnership for 21 st century skills. (2009). P21 Framework Definitions.

p.1.

จากรูปผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าในศตวรรษที่ 21 นักเรียนจะต้องมีวิชาแกนเป็นพื้นฐานหลักและเสริมด้วยทักษะที่จำเป็นทั้ง 3 ทักษะได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาการส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) หลังจากการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

4.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

สุวรรณา ก้อนทอง (2557) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการของความรู้สึที่ไวต่อการแก้ปัญหาหรือสิ่งบกพร่องที่ขาดหายไป แล้วรวบรวมความคิดตั้งเป็นสมมติฐานขึ้นและทำการทดลองสมมติฐาน และรายงานผลที่ได้จากการค้นคว้าความคิดสร้างสรรค์ของคนมีความแตกต่างกันตามระดับความมากน้อย ซึ่งความคิดสร้างสรรค์นั้นไม่จำเป็นต้องถึงขั้นสูงสุด แต่อาจจะเป็นขั้นหนึ่งในขั้นใดใน 5 ขั้น ต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เป็นขั้นแสดงออกมาอย่างอิสระในด้านความคิดริเริ่ม โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงาน

ขั้นที่ 2 งานที่ได้ผลผลิตขั้นนี้ต้องอาศัยทักษะบางอย่าง

ขั้นที่ 3 เป็นงานประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ๆ ที่ไม่ซ้ำแบบใคร

ขั้นที่ 4 เป็นการปรับปรุงงานขั้นที่ 3 ให้ดี

ขั้นที่ 5 เป็นงานที่เกิดจากการคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมขั้นสูงสุด เช่น การค้นพบทฤษฎีหรือหลักการใหม่

กัลยา แก้วมา (2558) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความคิดที่นำไปสู่กระบวนการสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อื่น ตลอดจนจนถึงการพัฒนาขีดความสามารถของทรัพยากรมนุษย์และความสามารถในการแข่งขันของประเทศในยุคโลกาภิวัตน์

ดนชนก เปื่อน้อย (2559) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า คือ การปรับปรุง เปลี่ยนแปลงและพัฒนาสิ่งต่างๆ “ที่มีอยู่แล้ว ให้ดียิ่งขึ้น” ซึ่งจะเพิ่มศักยภาพในด้านความคิดให้กับมนุษย์และผลของการผลักดันนี้จะต่อยอด ทำให้เกิดนวัตกรรมด้านต่างๆ (Innovation) สำหรับในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่า นวัตกรรมมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดแก้ปัญหาด้วยความคิดอย่างลึกซึ้งที่นอกเหนือไปจากความคิดอย่างปกติธรรมดา จากการรวบรวมความรู้ต่างๆ อันนำไปสู่การคิดพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ และผลงานหรือชิ้นงานที่เกิดขึ้นมานั้นต้องแปลกใหม่และมีคุณค่ารวมถึงเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

4.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1967) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้ว ให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่คิดออกมาในเรื่องเดียวกันโดยไม่ซ้ำ ในเวลาที่จำกัด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การคิดนอกกรอบที่ไม่คุ้นเคย ไม่อยู่ใต้กฎเกณฑ์ สามารถพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ หรือความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ

4. ความคิดละเอียดละออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

Jane Piirto (2011) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์สำหรับทักษะในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

1 การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) โดยใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่เปิดกว้าง เช่น การระดมสมอง สร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่และเสริมสร้างคุณค่าทางความคิดและสติปัญญา และมีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิด เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ (Work Creativity with Others) โดยมุ่งพัฒนา เน้นปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ๆ ไปสู่ผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพเปิดใจกว้างและยอมรับในมุมมองหรือโลกทัศน์ใหม่ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบการทำงาน เป็นผู้นำในการสร้างสรรค์งาน รวมทั้งมีความรู้และเข้าใจในสภาพการณ์ซึ่งอาจเป็นข้อเท็จจริงหรือเป็นข้อจำกัด โดยพร้อมที่จะยอมรับความคิดหรือสภาพการณ์ใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นได้ สามารถสร้างวิฤติให้เป็นโอกาสส่งผลต่อการเรียนรู้ และเข้าใจถึงวิธีการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ต้องใช้เวลาและสามารถนำเอาข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนางานได้อย่างต่อเนื่อง

3. การนำเอานวัตกรรมมาสู่การปฏิบัติ (Implement Innovations) โดยปฏิบัติเชิงสร้างสรรค์ให้เกิดคุณประโยชน์ต่อการปรับใช้และพัฒนาจากผลแห่งนวัตกรรมที่นำมาใช้

ในงานวิจัยนี้วัดความคิดสร้างสรรค์จากการแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยดัดแปลงแบบประเมินมาจาก Jane Piirto (2011) เนื่องจากเป็นกรอบความคิดสร้างสรรค์สำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับโลกแห่งยุคปัจจุบัน โดยประเมินจากการออกแบบชิ้นงานในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา พฤติกรรมของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา และชิ้นงานนวัตกรรมเจพล้งงานสูงจากใบกรูเมมาที่นักเรียนสร้างสรรค์ขึ้น

4.4 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์

ผลดี ฎฎิอินทร์ ได้กล่าวถึงคุณค่าของการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ 2 ประการ ดังนี้

1. คุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อสังคม ได้แก่ การที่บุคคลได้คิดสร้างสรรค์สิ่งหนึ่งเพื่อเป็นประโยชน์สุขและความก้าวหน้าของสังคม หรือหาวิธีแก้ไขจนประสบความสำเร็จมีประโยชน์ต่อสังคม

2. คุณค่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อตนเอง ความสามารถในการสร้างสรรค์นั้น นับเป็นความสามารถที่มีคุณค่าต่อผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์เองด้วย เพราะ การสร้างผลงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งขึ้นมา ทำให้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์มีความพอใจและมีความสุข และสร้างความพึงพอใจให้แก่เด็ก เด็กจะเกิดความภูมิใจในความสามารถของตนเอง มั่นใจในตนเอง รวมไปถึงการปรับตัวเข้ากับสังคมของเด็ก

อารี พันธุ์ณี (2547) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อตนเองและต่อสังคมดังนี้

1. ความสำคัญต่อตนเอง

1.1 ลดความเครียดทางอารมณ์ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ต้องการแสดงออกอย่างอิสระทางความคิดและการปฏิบัติ มีความมุ่งมั่นจริงจังในสิ่งที่คิด หากทำได้ตามที่คิดจะทำให้ลดความเครียดและความกังวล เพราะได้สนองความต้องการพื้นฐานของตนเอง

1.2 มีความสนุกสนาน เพื่อเธอและเป็นสุข บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์เมื่อได้ทำในสิ่งที่ตนคิด ได้ทดลองกับความคิด จะรู้สึกพอใจตื่นเต้นกับผลงานที่เกิดขึ้น จะทำงานอย่างทุ่มเทเพลิดเพลินและเต็มกำลังความสามารถ

1.3 มีความภาคภูมิใจและเชื่อมั่นในตนเอง การได้ทำในสิ่งที่ตนคิด ได้ปฏิบัติจริง เมื่อประสบความสำเร็จจะทำให้บุคคลเกิดความรู้สึกภาคภูมิใจ และเชื่อมั่นในตนเอง หากงานไม่สำเร็จ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์จะเข้าใจและยอมรับผลที่เกิดขึ้น ได้เรียนรู้และค้นพบบางสิ่งบางอย่างจากความไม่สำเร็จ ช่วงนี้จะเป็นพื้นฐานให้เกิดความมุ่งมั่น พยายาม และมีความกล้าที่จะก้าวไปข้างหน้าเพื่อความสำเร็จต่อไป

2. ความสำคัญต่อสังคม

2.1 ทำให้สังคมเกิดการเปลี่ยนแปลง เพราะผลงานสร้างสรรค์นำมาซึ่งความแปลกใหม่ทำให้สังคมเจริญก้าวหน้า

2.2 ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เครื่องจักรรถยนต์ เครื่องวิดน้ำ เครื่องบด เครื่องนวดข้าว สิ่งเหล่านี้ช่วยการผ่อนแรงของมนุษย์ได้มากช่วยลดความยากลำบากได้ ไม่ต้องทำงานหนัก ทำให้ชีวิตมีความสุขมากขึ้น

2.3 ช่วยให้เกิดความสะดวกสบายและรวดเร็ว เช่น การค้นพบจักรยานยนต์ เครื่องบิน ทำให้การคมนาคมติดต่อกันอย่างสะดวกสบาย ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ความเข้าใจกันมากยิ่งขึ้น

2.4 ความปลอดภัยในชีวิตและการมีชีวิตที่ยืนยาวขึ้นกับการค้นพบทางการแพทย์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ทำให้มนุษย์ไม่ต้องเสี่ยงอันตราย การค้นพบยาป้องกันโรค เช่นการค้นพบวัคซีนต่างๆ ทำให้มนุษย์รอดพ้นจากโรคภัยต่างๆ ทำให้คนมีชีวิตยืนยาวขึ้น

2.5 ช่วยประหยัดเวลา แรงงานและเศรษฐกิจ ผลการค้นพบในด้านต่างๆทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีการแพทย์ การศึกษา การเกษตรช่วยให้นักวิทยาศาสตร์มีเวลามากขึ้นสามารถนำพลังงานไปทำอย่างอื่นเพื่อก่อให้เกิดรายได้และเพิ่มพูนเศรษฐกิจได้มากขึ้น

2.6 ช่วยในการแก้ปัญหาสังคม เนื่องจากสภาพสังคมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจึงจำเป็นต้องคิดหรือหาวิธีใหม่ๆ มาแก้ปัญหาให้หมดไป

2.7 ช่วยให้เกิดความเจริญก้าวหน้าและดำรงซึ่งไว้มนุษยชาติ ความคิดสร้างสรรค์ ช่วยยกมาตรฐานการดำเนินชีวิต ทำให้มนุษย์เป็นสุขและสามารถสร้างสรรค์สังคมให้เจริญขึ้นตามลำดับ

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ส่งผลให้บุคคลมีความมั่นใจและเชื่อมั่นในตนเอง สามารถทำสิ่งต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและก่อให้เกิดความก้าวหน้า รวมทั้งช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านร่างกาย จิตใจ และสติปัญญาแก่นักเรียน เพื่อจะได้เจริญเติบโตเป็นบุคคลที่มีคุณภาพและสร้างความเจริญก้าวหน้าให้ประเทศชาติต่อไป

4.5 แนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์สามารถส่งเสริมได้ด้วยการสอน การฝึกฝน อบรม การสร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ มีผู้นำการศึกษาได้ให้แนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สมาน อัครภูมิ (2558) เสนอแนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไว้ 4 แนวทาง ดังนี้

1. การเปลี่ยนนิสัยจิต (Habits of mind) โดยมีหลักคิดว่าเราจะเป็นคนแบบไหน อยู่ที่นิสัยจิตของเรา และนิสัยจิตเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ ดังนั้น ถ้าคุณอยากเป็นคนมีความคิดสร้างสรรค์ก็ฝึกเอา

2. การเข้าใจและใช้สภาวะจิตที่เหมาะสม (States of mind) คือ ในแต่ละวัน และแต่ละช่วงของวันสภาวะจิตของคนแต่ละคนและแต่ละเวลาจะแตกต่างกัน ถ้าเราสังเกตและเข้าใจเราก็จะสามารถเลือกใช้สภาวะจิตที่เหมาะสมในการคิดสร้างสรรค์ได้ดีขึ้น โดยมีองค์ประกอบสำคัญที่ควรพิจารณา คือ การใส่ใจในเรื่องที่คิด (Focus) แนวทางในการคิด (Orientation)

3. การเรียนรู้และใช้เทคนิคการคิดสร้างสรรค์ (Creative Techniques) หมายความว่า กระบวนการเฉพาะหรือแบบฝึกการคิดสร้างสรรค์เป็นเครื่องมือการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้ โดยเฉพาะการฝึกสภาวะจิต เช่น การฝึกสมาธิ (Meditation) การฝึกมโนภาพ (Visualization) หรือการฝึกคิดสองชั้น (Double-loop Thinking) เป็นต้น

4. การค้นพบบริบทที่เอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ของตน (Creative Contexts) หมายถึง การค้นหาให้พบว่าบริบท หรือบรรยากาศใดเอื้อต่อการคิดสร้างสรรค์ของตนมากที่สุด ทั้งบริบททางกายภาพ สังคม และวิธีการ

อารี พันธุ์มณี (2547) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

1. ส่งเสริมให้เด็กถาม และให้ความสนใจต่อคำถาม ครูไม่ควรมุ่งที่คำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว แต่ควรกระตุ้นให้เด็กได้คิดวิเคราะห์ค้นหา เพื่อพิสูจน์โดยการสังเกตและประสบการณ์ของเด็กเอง

2. ตั้งใจและเอาใจใส่ต่อความคิดแปลกๆ ของเด็กด้วยใจเป็นกลาง เมื่อเด็กแสดงความคิดเห็นในเรื่องใด แม้จะเป็นความคิดที่ยังไม่เคยได้ยินมาก่อน ก็อย่าเพิ่งตัดสินและวิตรอนความคิดนั้นแต่รับฟังไว้ก่อน

3. กระตุ้นหรือรับต่อคำถามที่แปลกๆ ของเด็ก ด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวาหรือชี้แนะให้เด็กหาคำตอบจากแหล่งต่างๆ ด้วยตนเอง

4. แสดงให้เด็กเห็นว่าความคิดของเด็กนั้นมีคุณค่า และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จะทำให้เด็กเกิดความรู้สึกภาคภูมิใจ และมีกำลังใจที่จะสร้างสรรค์ต่อไป

5. กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ควรให้โอกาสและเตรียมการให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเอง และยกย่องเด็กที่มีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูจะเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ชี้แนะและลดการอธิบายและบรรยายลง

6. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ โดยไม่ต้องใช้วิธีชู้ด้วยคะแนนหรือการสอบ

7. พึงระลึกว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเด็กจะต้องใช้เวลาพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

8. ส่งเสริมให้เด็กใช้จินตนาการของตนเอง และยกย่องชมเชยเมื่อเด็กมีจินตนาการที่แปลกและมีคุณค่า

วราภรณ์ รักวิชัย (2540) ได้เสนอและบทบาทของครูในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. จัดกิจกรรมหรือบรรยากาศแบบเรียนปนเล่น
2. จัดบรรยากาศให้ห้องเรียนแบบอิสระสบายๆ เป็นกันเอง
3. ยอมรับการแสดงออกของนักเรียนทุกคนด้วยความสนใจและกระตือรือร้น
4. ไม่กำหนดหรือจำกัดกิจกรรมในห้องเรียน
5. เปิดโอกาสให้เด็กได้ค้นคว้าทดลองและหาคำตอบเอง
6. ไม่ชมเชยเด็กไม่ว่าจะเป็นคำพูดหรือท่าทาง
7. ไม่ควรยึดแบบเรียนที่ตายตัวแนะนำให้เด็กรู้จักวิธีแก้ปัญหาและหลายวิธี
8. คำถามที่ใช้ในห้องเรียนควรเป็นคำถามแบบเปิดกว้าง
9. สร้างบรรยากาศในการยอมรับความเป็นกันเองระหว่างครูกับนักเรียน
10. พยายามสนับสนุนทางด้านความคิดที่กว้างและลึก
11. ให้เวลาแก่เด็กที่จะคิดค้นพัฒนาความคิดให้กว้างออกไปอีก
12. ปลุกฝังให้เด็กรู้จักคุณค่าของตัวเอง
13. ให้อิสระเสรีภาพในการแสดงออกของเด็ก

จากแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า การจัดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก ต้องให้มีความอิสระให้การคิด ไม่ตีกรอบและกำหนดเกณฑ์ในการจัดการเรียนรู้ทางด้านความคิด ครูควรรับฟังและกระตุ้นให้เด็กมีกำลังใจในการสืบค้นข้อมูล ตลอดจนจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการทำงานของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถ

พัฒนาทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ ได้อย่างเต็มที่ นำมาสู่การสร้างนวัตกรรมผลงานสูง จากใบกรุงเขมาอย่างมีประสิทธิภาพ

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

ณัฐนิชา เต็มสินวาณิช (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบร่วมมือ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ ร่วมมือ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศรีแพร จันทราภิรมย์ (2550) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของ เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์โดยใช้เปลือกข้าวโพดก่อนและหลังการทดลอง พบว่า หลังการจัดกิจกรรมศิลปะสร้างสรรค์โดยใช้เปลือกข้าวโพด เด็กมีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นอยู่ ในระดับปานกลาง

มัธยา แสนสม (2552) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความสามารถด้านความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุด กิจกรรมพัฒนากระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ เรียนด้วยชุดกิจกรรมพัฒนากระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถด้าน ความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชลธิชา ชิวปรีชา (2554) ได้ศึกษาเรื่อง ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ทำ กิจกรรมศิลปะด้วยใบตอง พบว่า จากการให้นักเรียนเรียนรู้ร่วมกัน และมีความอิสระในการเลือกใช้ วัสดุ อุปกรณ์ด้วยตนเองตามจินตนาการอย่างอิสระ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กได้ จึงทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยหลังจากจัดกิจกรรมศิลปะจากใบตองสูงกว่าก่อนการ จัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เบญจกาญจน์ ไส้ละม้าย (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความคิด สร้างสรรค์ สำหรับเด็กปฐมวัย โดยผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลจากแบบสังเกตพฤติกรรม พบว่า หลังการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เด็กปฐมวัยมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น

5. แนวคิด

5.1 ความหมายของแนวคิด

แนวคิด เกิดจากความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540) หรือความคิดที่เป็นประเภทของความรู้ที่มีความหมาย ซึ่งเกิดความเข้าใจของบุคคล โดยเกิดจากประสบการณ์เดิม หรือจากการสังเคราะห์ข้อมูลและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และแนวคิดเป็นคำนามธรรมใช้เรียกสิ่งต่างๆ ไว้ในพวกเดียวกันโดยต้องมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก (ปฏิวัติ ศรีทิพย์ศักดิ์, 2559)

จากความหมายข้างต้นของแนวคิดผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิด คือ ความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคล ที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์เดิม หรือจากการเรียนรู้ในสิ่งต่างๆ และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล นำมาถึงการรวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลให้ได้ใจความสำคัญของสิ่งนั้น

5.2 แนวคิดคลาดเคลื่อนในวิชาเคมี

แนวคิดวิชาเคมีเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ซึ่งนักเรียนมักมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003) (Özmen, 2004) และนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดวิชาเคมีหลายแนวคิดรวมทั้งเรื่องปริมาณสัมพันธ์ (A. C. Banerjee, 1991) อีกทั้งยังพบว่านักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ เป็นจำนวนถึงร้อยละ 70 (Dahsah & Coll, 2007) ซึ่งหมายความว่า นักเรียนสร้างแนวคิดขึ้นมาด้วยตัวเอง โดยอาศัยแนวคิดที่มีอยู่ก่อน ซึ่งอาจจะไม่สอดคล้องกับคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดหรือเพียงบางส่วน (Calik & Ayas, 2005)

จากความหมายข้างต้นของแนวคิดคลาดเคลื่อนผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดคลาดเคลื่อนทางเคมี คือ ความเข้าใจในการสรุปลักษณะสำคัญของสิ่งต่างๆ ที่ได้จากการเรียนรู้ สังเกต หรือประสบการณ์ แล้วนำใจความสำคัญของสิ่งนั้นมาเชื่อมโยงกับข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีที่ไม่ถูกต้อง

5.3 แนวคิด เรื่อง สารละลาย

แนวคิดเรื่องสารละลายอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งอยู่ในสาระที่ 3 โดยสิ่งทีนักเรียนจะต้องได้ในสาระนี้ คือ เข้าใจหลักการปฏิบัติการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหาทางเคมี และผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ คือ คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และ

ปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด และเปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย ซึ่งสารละลายอยู่ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมีเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ส่วนรายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารละลายวัดตามจุดประสงค์ ดังนี้ อธิบายความหมายและคำนวณหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในด้านส่วน ส่วนในพันด้านส่วน โมลาริตี โมลลิตี และเศษส่วนโมล อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรตามที่กำหนด จากสารบริสุทธิ์และจากสารละลายเข้มข้น บอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) และค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) และคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

จากแนวคิดเรื่องสารละลาย ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แนวคิดที่สำคัญของ เรื่อง สารละลาย ประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด และเปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย ซึ่งในเรื่อง สารละลาย มีทั้งส่วนเนื้อหา และคำนวณรวมถึงใจความสำคัญในแต่ละหัวข้อ มีความแตกต่างกันเล็กน้อยในส่วนความหมาย และการคำนวณ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากเดิม

5.4 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อน เรื่อง สารละลาย

ปฏิวัติ ศรีทิพย์ศักดิ์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย และทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเรื่องสารละลายมากที่สุดหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ และพบว่าจากการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นักเรียนส่วนมากมีการพัฒนาในด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมมากที่สุด

ลัดดาวัลย์ บุรณะ and จรรยา ดาสา (2560) ได้ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. จำนวนโมลของสารละลายมากที่สุดมีความเข้มข้นสูงที่สุด
2. โมลาริตี หมายถึง จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 ลิตร

3. ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีที่มีปริมาตรสารละลายเท่ากัน และจำนวนโมลเท่ากัน จะมีความเข้มข้นเท่ากัน แต่เมื่อลดปริมาณตัวทำละลายลงโดยที่จำนวนโมลตัวละลายเท่าเดิมจะทำให้ความเข้มข้นลดลง

4. โมแลลิตี คือเปรียบเทียบจำนวนโมลตัวละลายกับปริมาตรของสารละลาย

5. สารใดที่มีเศษส่วนโมลมากที่สุด แสดงว่าสารนั้นมีจำนวนโมลน้อยที่สุด

6. การเพิ่มตัวทำละลายจะทำให้สารละลายมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้น

ศักดิ์ศรี สุภาพร (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจโมโนมิติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการวิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความเข้าใจโมโนมิติ พบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโมโนมิติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะด้วยการทดลองแบบสืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาค สามารถพัฒนาความเข้าใจโมโนมิติและเมทอเดโมเดลความเข้าใจระดับอนุภาค เรื่อง สารละลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุนทร พรจำเริญ (2543) ได้ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความเข้มข้นสารละลาย โดยเฉพาะในหน่วยความเข้มข้นโมลาร์และโมแลล เช่น นักเรียนมีความเข้าใจว่าหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นโมลาร์ (Molar) คือ หน่วยที่บอกปริมาณตัวถูกละลายเป็นโมลอยู่ในตัวทำละลาย 1 ลิตร

Barke, Hazari, and Yitbarek (2009) ได้อธิบายความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ว่านักเรียนมีความคิดว่าเมื่อละลายเกลือในน้ำ อะตอมของโมเลกุลเกลือจะฟอร์มตัวเป็นไอออนผ่านการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน เพราะโซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยอะตอมของโซเดียม และคลอรีน ซึ่งคลอรีนอะตอมจะรับอิเล็กตรอนจากโซเดียมอะตอม จึงกลายเป็นประจุลบ และโซเดียมอะตอมเป็นประจุบวก

Dahsah and Coll (2007) พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกับเจือจางสารละลายจากสารละลายเข้มข้น คือ หากสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 M มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร ถ้านำสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 M มาเติมอีก 500 มิลลิลิตร สารนี้ จะมีความเข้มข้นเป็น 0.4 M

Dahsah and Coll (2008) พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า สารละลายที่มีปริมาณมาก จะมีความเข้มข้นสูง เช่น สารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 3 โมล ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าสารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 5 โมล ในสารละลาย 400 มิลลิลิตร

Ebenezer and Erickson (1996) พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่เมื่อนำน้ำตาลทรายใส่ในน้ำแล้วน้ำตาลจะหลอมเหลว เนื่องจากน้ำทำให้น้ำตาลอ่อนตัวลง และเหนียวเหมือนน้ำเชื่อม

Luoga, Ndunguru, and Mkoma (2013) ได้ศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติบางประการของสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด และการลดลงของจุดเยือกแข็งของสารละลาย

5.5 การจัดกลุ่มแนวคิด

นักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

5.5.1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม (วราภรณ์ แยมจินดา, 2547) ได้จัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ของ Marek และ Brickhouse ดังนี้

5.5.1.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์

5.5.1.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.5.1.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนที่มีบางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้อง และบางองค์ประกอบมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.5.1.4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้น

5.5.2 การจัดแนวความคิดแบบ 5 กลุ่ม (อาทิทยา จิตรเชื้อเพื่อ, 2551) ได้จำแนกตามเกณฑ์ของ Haidar (1997) ซึ่งมีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

5.5.2.1 แนวคิดถูกต้อง (Scientific Conception : SU) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

5.5.2.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ไม่กล่าวถึง

5.5.2.3 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception : PU/SM) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางการเรียน และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.5.2.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception : SM) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5.5.2.5 ไม่มีแนวคิด (No understanding หรือ No Conception หรือ No Response : NU) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม เนื่องจากแบบวัดแนวคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด โดยการตอบคำถาม นักเรียนจะตอบตามความเข้าใจของตนเองอย่างอิสระ และใช้ภาษาของตนเองในการอธิบายเหตุผลประกอบ ซึ่งนักเรียนบางคนอาจไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม และการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม แตกต่างจากการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่มคือ เพิ่มกลุ่มที่ไม่มีแนวคิดเข้ามาซึ่งผู้วิจัยมีความคิดว่า การที่นักเรียนตอบคำถามว่าไม่ทราบ หรือไม่ตอบนั้นหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิดในเรื่องที่ถาม ซึ่งถ้าเป็นการประเมินในรูปของแนวคิดก็ควรอยู่ในกลุ่มที่แยกออกจากกลุ่มที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยผู้วิจัยนำการจัดกลุ่มแนวคิดตามกรอบแนวคิดของ Haidar (1997)

5.6 วิธีการวัดแนวคิด

การสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน ทำให้ครูทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีแนวคิดเดิมในเรื่องที่ครูจะสอนนั้นเป็นอย่างไร เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนแก้ไขและปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนก่อนจัดการเรียนการสอน

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542) ได้กล่าวถึงการวัดแนวคิดแบบใช้แบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Essay items) หรือแบบทดสอบแบบอัตนัยถูกนำมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถาม ได้คำตอบที่เป็นภาษาเขียนของนักเรียน มี

จุดประสงค์เพื่อต้องการทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง

พันธ์ ทองชุมนุม (2547) ได้วัดแนวคิดที่นักเรียนสามารถกระทำสิ่งต่อไปนี้ได้หรือไม่ สามารถระบุหรือเรียกชื่อแนวคิดนั้นได้ สามารถบอกลักษณะของแนวคิดนั้นได้ สามารถจำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดนั้นได้ สามารถอธิบาย รวมถึงสรุปความหมายของแนวคิดนั้น ได้จากความรู้ ความเข้าใจของตนด้วยภาษาของตนเองได้

สุทธิจักร ศรีถนอมรัก (2548) ได้กล่าวถึงการวัดแนวคิดจากการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งเหมาะที่จะใช้สำรวจแนวคิดทางเลือกของนักเรียนโดยอาจพัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์หรือคำถามปลายเปิด เพื่อให้ได้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุด และสามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนจำนวนมาก สะดวกสำหรับครูในการสำรวจแนวคิด เช่น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ แบบ 2 ส่วน (two-tier diagnostic test) ซึ่งส่วนแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ โดยมีตัวเลือก 2 หรือ 3 หรือ 4 ตัวเลือก ส่วนหลังเป็นเหตุผลให้นักเรียนเลือกเพื่อสนับสนุนคำตอบที่เลือก

จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม (2551) ได้กล่าวถึงการวัดแนวคิดจากการสัมภาษณ์ ว่าเป็นวิธีการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง เพื่อสำรวจความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งของและปรากฏการณ์โดยไม่ได้หวังว่าแนวคิดของนักเรียนนั้น จะเป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ จุดประสงค์ในการสัมภาษณ์เพื่อต้องการรู้แนวคิดทางเลือกของนักเรียน (Alternative conception)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีวิธีการหลายหลายวิธีที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียน และในการศึกษาแนวคิดเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 2 ส่วน (two-tier diagnostic test) คือ ส่วนแรก เป็นการเลือกตอบ ถูก หรือ ผิด และส่วนที่สองเป็นการอธิบายเหตุผล ในการประเมินแนวคิดของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเองอย่างอิสระ และให้นักเรียนใช้ภาษาของตนเองอธิบายในสิ่งที่นักเรียนเลือกตอบในข้อนั้น เพื่อจะได้ทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร ซึ่งทำให้เข้าใจความคิดของนักเรียนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน เป็นนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 311 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 35 คน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลา 15 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที เป็นเวลา 5 สัปดาห์ โดยมีการแบ่งช่วงเวลาในการวิจัย ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	คาบที่
1	ทดสอบแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย	1

ตาราง 1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	คาบที่
1	<p><u>ขั้นที่ 1</u> ระบุปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ ถ้ำหลวง : ภารกิจพาทีมหมูป่ากลับบ้าน และระบุปัญหาจากสถานการณ์ ได้แก่ ต้องล่าเลี้ยงอาหารพลังงานสูงเข้าไปภายในถ้ำเพื่อเร่งฟื้นฟูร่างกายก่อนถูกนำตัวออกมาจากถ้ำ - นักเรียนร่วมกันศึกษาบทความ : อาหารมื้อแรกผู้รอดชีวิตถ้ำหลวง ซึ่งหนึ่งในอาหารเสริมสำคัญที่ทีมแพทย์เตรียมจัดให้ทั้ง 13 ชีวิต คื้มเพื่อเสริมสร้างพลังงานอย่างรวดเร็วให้กับร่างกายหลังจากต้องอดอาหารมาเป็นเวลานาน ได้แก่ พาวเวอร์เจล (Power Gel) ซึ่งเป็นอาหารเสริมในรูปของเจล - นักเรียนร่วมกันศึกษาบทความ : เจลจากธรรมชาติ ของดีเมืองอีสาน ได้แก่ ไบโหมน้อย หรือไบกรุงเขมา ซึ่งสามารถเกิดเจลได้เมื่อนำมาสกัดด้วยน้ำ <p><u>ขั้นที่ 2</u> รวบรวมข้อมูล</p> <ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนร่วมกันรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพาวเวอร์เจล และไบกรุงเขมา <p><u>ขั้นที่ 3</u> ออกแบบวิธีการแก้ไข้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูจำลองสถานการณ์เป็นรูปแบบรายการแข่งขันทำอาหาร โดยมีกล่องปริศนา (Mystery Box) ได้แก่ ไบกรุงเขมา ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ทุกกลุ่มต้องนำมาแปรรูปสู่การสร้างสรรค์อาหารในโจทย์ เจลพลังงานสูงสำหรับนักกีฬา 	2-3

ตาราง 1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	คาบที่
1	<p><u>ขั้นที่ 3</u> ออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา</p> <p>- นักเรียนร่วมกันเขียนร่างต้นแบบแสดงรายละเอียดของเจลพลังงานสูงสำหรับนักกีฬา ได้แก่ ชื่อชิ้นงาน พลังงานต่อ 1 หน่วยบริโภค รสชาติ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส รวมทั้งแบ่งหน้าที่ของแต่ละคนในกลุ่มตามความเหมาะสม</p> <p><u>ขั้นที่ 4</u> วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>- นักเรียนร่วมกันวางแผนขั้นตอนการสร้างสรรค์เจลพลังงานสูงสำหรับนักกีฬา</p>	2-3
2	<p>- ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ได้แก่ ร้อยละโดยมวล (%w/w) ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) ส่วนในล้านส่วน (ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (ppb) เพื่อให้ให้นักเรียนนำความรู้ข้างต้นมาใช้ในการรายงานส่วนประกอบที่สำคัญในหน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ</p>	4
	<p><u>ขั้นที่ 4</u> วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>- นักเรียนดำเนินกิจกรรมสร้างเจลพลังงานสูง โดยทำตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในตารางบันทึกผลการก่อเจล และตารางบันทึกผลหน่วยความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละโดยมวล (%w/w) ร้อยละโดยปริมาตร (%v/v) ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) ส่วนในล้านส่วน (ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (ppb)</p>	5
	<p><u>ขั้นที่ 5</u> ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข</p> <p>- นักเรียนทดสอบเจลพลังงานสูงจากเกณฑ์การออกแบบ และเกณฑ์การประเมิน จากนั้นร่วมกันบันทึกปัญหาหรืออุปสรรค พร้อมทั้งหาแนวทางการแก้ไข สำหรับการพัฒนาเจลพลังงานสูงครั้งต่อไป</p>	6

ตาราง 1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	คาบที่
3	- ครูและนักเรียนร่วมกันศึกษาหน่วยความเข้มข้นของสารละลายได้แก่ โมลาร์ (M) โมลล (m) และเศษส่วนโมล (mole fraction) เพื่อใช้รายงานหน่วยความเข้มข้นของเจลพลังงานสูงในหน่วยต่าง ๆ	7
	<u>ขั้นที่ 5 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข</u> - นักเรียนร่วมกันทดสอบเจลพลังงานสูงที่สร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์การออกแบบ ได้แก่ ปริมาณพลังงาน รสชาติ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเจล ได้แก่ การขับน้ำออก โดยคำนวณจากการแยกตัวของน้ำในเจลพลังงานสูงหลังการเก็บรักษา 20 นาที ซึ่งค่าเกณฑ์การขับน้ำออกต้องไม่เกินร้อยละ 10 - ถ้าเจลพลังงานสูงยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามที่ออกแบบ และสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพเจลข้างต้น นักเรียนต้องปรับปรุง และแก้ไขชิ้นงานเจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมา	8-9
4	- ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของจุดเดือด และการลดลงของจุดเยือกแข็ง เพื่อนำมาตอบคำถามในการทำกิจกรรมพัฒนาเจลพลังงานสูงครั้งต่อไป	10
	<u>ขั้นที่ 5 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข</u> - นักเรียนร่วมกันแก้ไขและปรับปรุงเจลพลังงานสูงจากใบกรุงเขมา ซึ่งการทำกิจกรรมครั้งนี้ นักเรียนต้องเจือจางสารละลายน้ำตาลทรายที่กำหนดให้ และระบุหน่วยความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 1. ปริมาณพลังงานต่อ 1 หน่วยของเจลพลังงานสูง 2. ร้อยละโดยมวลของน้ำตาลทราย 3. ร้อยละโดยมวลของมอลโทเดกซ์ทริน 4. โมลาร์ โมลล และเศษส่วนโมลของซูโครส 5. ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วนของกลีเซอรีน	11-12

ตาราง 1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เนื้อหา	คาบที่
5	<p>ชั้นที่ 6 นำเสนอผลจากการแก้ไขปัญหา</p> <p>- นักเรียนร่วมกันออกแบบรายละเอียดบรรจุกัณฑ์ โดยพิจารณาจากตามเกณฑ์การประเมิน และออกแบบการนำเสนอ</p>	13
	<p>ชั้นที่ 6 นำเสนอผลจากการแก้ไขปัญหา</p> <p>- นักเรียนนำเสนอผลการสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจ พร้อมทั้งร่วมประเมินการนำเสนอของเพื่อนร่วมชั้นเรียน</p> <p>- ทดสอบแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย</p>	14 15
	รวม	15

แบบแผนการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design (พรอณี ลีกิจวัฒน์, 2557)

ตาราง 2 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest-Posttest Design

สอบก่อน	สิ่งทดลอง	สอบหลัง
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

T_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน (pretest)

T_2 แทน การทดสอบหลังเรียน (posttest)

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. แบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาผลการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560 ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี คือ เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง สารละลาย: โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย และผู้วิจัยเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องสารละลายควบคู่ไปกับการดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ และสามารถเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์ หรือจากสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมเจลพลังงานสูงจากใบกรงเขมา

1.3 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนของใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อกการเกิดเจล ผลของปริมาณของน้ำตาลทรายและมอลโทเดกซ์ทริน ต่อกการเกิดเจล ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง จากนั้นทำการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การหาอัตราส่วนโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) ของใบกรูงเขมาแห้งและน้ำที่ก่อให้เกิดเจล

วิธีการทดลอง (ดัดแปลงจาก Arkarapanthu et al. (2005))

- 1) ชั่งใบกรูงเขมาแห้งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล และบันทึกน้ำหนัก
- 2) นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ใบกรูงเขมาแห้งมีขนาดเล็กลง
- 3) เติมน้ำในอัตราส่วนใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:5 ลงในเครื่องปั่น
- 4) ปั่นเป็นเวลา 30 วินาที
- 5) นำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง และคั้นใส่ภาชนะรอการก่อเจล
- 6) บันทึกผลการก่อเจล
- 7) ทำซ้ำขั้นตอนเดิม โดยเปลี่ยนปริมาณน้ำเป็นอัตราส่วน 1:10, 1:15, 1:20

และ 1:25 ตามลำดับ

ตาราง 3 แสดงผลการทดลองของอัตราส่วนใบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วนต่อกการเกิดเจล

อัตราส่วน (%w/v)	เวลาในการเกิดเจล (นาที)	ลักษณะเนื้อสัมผัส
1:5	ไม่เกิดเจล	แข็งเกินไป
1:10	60	กึ่งแข็ง
1:15	60	กึ่งเหลว-กึ่งแข็ง
1:20	60	กึ่งเหลว
1:25	ไม่เกิดเจล	เหลวเกินไป

จากตารางที่ 3 พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเลือกใช้สำหรับการจัดกิจกรรม ได้แก่ อัตราส่วน 1:10 1:15 และ 1:20 เนื่องจากเป็นเนื้อสัมผัสคล้ายเจล และใช้เวลาเหมาะสมในการเกิดเจล และอัตราส่วน 1:5 จะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะแข็งคล้ายก้อน ส่วนอัตราส่วน 1:25 จะได้ลักษณะเหลวเกินไป ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของเจล

ตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายต่อการก่อให้เกิดเจล

วิธีการทดลอง

- 1) ใช้โบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v
- 2) เติมน้ำตาลทรายในปริมาณ 10 กรัม ลงในน้ำ
- 3) นำไปปั่นกับโบกรูงเขมาเป็นเวลา 30 วินาที
- 4) กรองด้วยผ้าขาวบาง และคั้นใส่ภาชนะรอการก่อเจล
- 5) บันทึกผลการก่อเจล
- 6) ทำซ้ำขั้นตอนเดิม โดยเปลี่ยนปริมาณน้ำตาลทรายเป็น 20 และ 30 กรัม

ตามลำดับ

ตาราง 4 แสดงผลการทดลองปริมาณน้ำตาลทรายต่อการเกิดเจลในอัตราส่วนโบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v

ปริมาณน้ำตาลทราย(กรัม)	เวลาในการเกิดเจล (นาที)	ลักษณะเนื้อสัมผัส
10	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่า ไม่ใส่น้ำตาล
20	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่าปริมาณ น้ำตาลทราย 10 กรัม
30	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่าปริมาณ น้ำตาลทราย 20 กรัม

จากตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณน้ำตาลทรายส่งผลต่อการเกิดเจล โดยมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำตาลทรายที่ใช้ โดยปริมาณน้ำตาลที่ควรใช้ในกิจกรรมควรไม่เกิน 25 กรัม เนื่องจาก เป็นปริมาณที่เกินกำหนดต่อหน่วยบริโภค และมีรสชาติที่หวานเกินไป นำมาซึ่งความอันตรายต่อสุขภาพ (Organization, 2015)

ตอนที่ 3 การศึกษาปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนต่อการก่อให้เกิดเจล

วิธีการทดลอง

- 1) ใช้โบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v
- 2) เติummอลโทเดกซ์ทรีนในปริมาณ 10 กรัม ลงในน้ำ
- 3) นำไปปั่นกับโบกรูงเขมาเป็นเวลา 30 วินาที
- 4) กรองด้วยผ้าขาวบาง และคั้นใส่ภาชนะรอการก่อเจล
- 5) บันทึกผลการก่อเจล
- 6) ทำซ้ำขั้นตอนเดิม โดยเปลี่ยนปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนเป็น 20 และ 30

กรัม ตามลำดับ

ตาราง 5 แสดงผลการทดลองปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนต่อการเกิดเจลในอัตราส่วนโบกรูงเขมาแห้งต่อน้ำในอัตราส่วน 1:15 %w/v

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน (กรัม)	เวลาในการเกิดเจล (นาที)	ลักษณะเนื้อสัมผัส
10	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่า ไม่ใส่มอลโทเดกซ์ทรีน
20	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่าปริมาณ มอลโทเดกซ์ทรีน 10 กรัม
30	40	กึ่งเหลว-กึ่งแข็งกว่าปริมาณ มอลโทเดกซ์ทรีน 20 กรัม

จากตารางที่ 5 พบว่า ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน ส่งผลต่อการเกิดเจล โดยมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้นตามปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนที่ใช้ โดยปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีนที่ควรใช้ในกิจกรรมควรไม่เกิน 25 กรัม เนื่องจาก มอลโทเดกซ์ทรีน เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่แตกตัวได้เป็นโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) ซึ่งถูกดูดซึมและให้พลังงานแก่ร่างกายอย่างรวดเร็ว ถ้าใช้ในปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้กลูโคสในกระแสเลือดสูง ร่างกายอาจเปลี่ยนกลูโคสเป็นไขมันเก็บไว้ในร่างกายได้ (Ozaki & Hayashi, 1997)

1.4 ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา จากการศึกษาพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 พร้อมทั้งสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์

2. ดำเนินการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งมีรายละเอียดของกิจกรรมดังนี้

2.1 นักเรียนดูวิดีโอคลิปซึ่งเป็นบทสนทนาระหว่างหน่วยช่วยเหลือกับทีมหมูป่า 13 ชีวิต ณ จุดเนินนมสาว วนอุทยานถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน และร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ ภารกิจพาทีมหมูป่ากลับบ้าน

ถ้ำหลวง : ภารกิจพาทีมหมูป่ากลับบ้าน



<https://www.bbc.com/thai/live/thailand-44639619>

จากเรื่องจงตอบคำถามต่อไปนี้

1. มีปัญหาอะไรที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ข้างต้นบ้าง

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าอาหารที่จะต้องนำเข้าไปควรมีลักษณะเช่นไร เพราะเหตุใด

.....

.....

ภาพประกอบ 9 แสดงสถานการณ์ ภารกิจพาทีมหมูป่ากลับบ้าน และขั้นตอนการระบุปัญหา

2.2 ครูเชื่อมโยงสถานการณ์อาหารมื้อแรกของผู้ติดถ้ำ คือ เพาเวอร์เจล (Power Gel) สู่เจลจากธรรมชาติ ได้แก่ โบกุงเขมา จากนั้นห้องเรียนถูกจำลองเป็นสถานที่แข่งขันการทำอาหาร โดยนักเรียนร่วมกันรวบรวมข้อมูล ออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมเจลพลังงานสูงจากโบกุงเขมา และวางแผนการดำเนินงานก่อนเริ่มทำกิจกรรม

อาหารมื้อแรกผู้รอดชีวิตถ้ำหลวง

หลังจากที่คนไทยทั้งประเทศและผู้ติดตามข่าวจากทั่วโลก ต้องเฝ้ากันยกใหญ่ !!!!! เมื่อมีแถลงการณ์จากผู้ว่าราชการเชียงราย ระบุว่า ทีมดำน้ำจากอังกฤษและหน่วยซีลของไทย พบเด็กๆ และได้ซ้ทั้ง 13 คน ที่ติดอยู่ในถ้ำหลวงแล้ว ทุกคนปลอดภัยดี งานต่อไปก็คือการกู้ภัย นำทุกคนออกมา

มีการเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับอาหารบางส่วนที่ส่งเข้าไปในถ้ำ เช่น พาวเวอร์เจล วิตามินบี เกลือแร่ ยาแก้ท้องเสีย พาราเซตามอล ฯลฯ

พาวเวอร์ เจล (Power Gel)



หนึ่งในอาหารเสริมที่สำคัญที่ทีมแพทย์เตรียมจัดให้ทีมหมูป่าอะคาเดมี 13 ชีวิต กินเพื่อเสริมสร้างพลังงานให้กับร่างกายหลังจากต้องอดอาหารมาเป็นเวลานานถึง 10 วัน ก็คือ พาวเวอร์เจล เป็นอาหารเสริมในรูปของเจล ซึ่งมีรสต่างๆ เพื่อสะดวกและง่ายต่อการรับประทาน สามารถให้พลังงานกับร่างกายได้อย่างเร็วภายในเวลาเพียง 5 - 10 นาที

<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=Mpa3nkERGR0> | 03-07-61 | ThairathTV

ภาพประกอบ 10 แสดงข้อมูลพาวเวอร์เจล

2.3 นักเรียนศึกษาผลการเรียนรู้ที่ 1 คือ หน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่างได้แก่ ร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาลิตี โมลลิตี และเศษส่วนโมล และนำความรู้จากหน่วยความเข้มข้นของสารละลายมาคำนวณปริมาณวัตถุที่ใช้ในการสร้างสรรคเจลพลังงานสูงจากไปกรุงเขมา ในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในตาราง พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดวิธีการคำนวณ



นวัตกรรมเจลพลังงานสูงจากใบกรูงเขมาของนักเรียนมีส่วนประกอบอะไรบ้าง
ให้นักเรียนรายงานในหน่วยความเข้มข้นของสารละลายลงในตาราง

ตารางบันทึกผล

วัตถุดิบ	หน่วยความเข้มข้น
 น้ำตาลทรายขาว (White Sugar) $(C_{12}H_{22}O_{11})$ ตัวละลาย กรัม ตัวทำละลาย กรัม สารละลาย กรัม $d_{\text{sucrose solution}} = \dots\dots\dots \text{ g/mL}$ $M_w = 342 \text{ g/mol}$	ร้อยละโดยมวล (%w/w)
	โมลาร์ (M)
	โมแลล (m)
	เศษส่วนโมล (X_{sucrose})

ภาพประกอบ 11 แสดงตัวอย่างบทเรียนเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ

2.4 นักเรียนจะได้แก้ไข ปรับปรุงและพัฒนาเจลพลังงานสูงจากใบกรูงเขมาครั้งต่อไป โดยมีเงื่อนไขที่ทำทนายความสามารถมากขึ้น ซึ่งต้องใช้ความรู้จากการเจือจางสารละลายเข้มข้น เพื่อให้ได้ความเข้มข้นและปริมาตรที่ต้องการ พร้อมทั้งเรียนรู้เรื่อง สารละลาย ผลการเรียนรู้ที่ 2 ได้แก่ การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และจากสารละลายเข้มข้น และผลการเรียนรู้ที่ 3 ได้แก่ สมบัติบางประการของสารละลาย



ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณปริมาตรของสารละลายน้ำตาลทราย
เข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
ในการเตรียมสารละลายน้ำตาลทรายตามความเข้มข้นที่ต้องการ



1 M , 500 mL



___ M , ___ mL

คำนวณปริมาตรของสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 1 M ที่ต้องใช้ และปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเจือจาง



คำนวณมวลของน้ำตาลทรายในสารละลายเจือจาง ___ M



ภาพประกอบ 12 แสดงตัวอย่างบทเรียนเรื่อง การเจือจางสารละลายจากสารละลายเข้มข้น

2.5 เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 ผลการเรียนรู้ข้างต้น นักเรียนต้องร่วมกัน
ออกแบบวิธีการนำเสนอผลจากการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ โดยจำลองสถานการณ์ เกี่ยวกับการ
การนำเสนอสินค้าสู่การวางจำหน่าย ณ ร้านค้าสะดวกซื้อ

วิธีการหาคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ประเมินคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง กับการพัฒนาทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเนื้อหาเรื่องสารละลายประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยแบบประเมินกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีลักษณะเป็นมาตราประมาณ 5 ระดับดังนี้

มากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	5
มาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	4
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	3
น้อย	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	2
น้อยที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	1

การแปลความหมายจะใช้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากการพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบของบทเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 ท่าน พบว่ามีความเหมาะสมคิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.30 ซึ่งหมายถึงกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมขององค์ประกอบอยู่ในระดับเหมาะสมมาก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

1.2 ด้านความสอดคล้อง (IOC) ขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง กับการพัฒนาทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเนื้อหาเรื่องสารละลายประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้าน

เนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยแบบประเมินกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีลักษณะเป็นมาตราประมาณ 3 ระดับดังนี้

มีความเห็นว่า	สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากการพิจารณาความสอดคล้องขององค์ประกอบของบทเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 ท่าน โดยคำนวณจากสูตร

$$IOC = \frac{\Sigma R}{n}$$

เมื่อ IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง
ΣR	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
n	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรเพิ่มเติมการนำความรู้เรื่อง สารละลาย ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ในการเลือกวัสดุสำหรับการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เจลพลังงานสูงจากใบกรูเซมา อาจจะต้องให้โจทย์ล่วงหน้า หรือยกตัวอย่างให้เห็นภาพก่อนให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม และเพิ่มคำถามที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ควรปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจนและละเอียดเพิ่มขึ้น และแนะนำให้มีคำถามในทุกระดับเริ่มจากง่ายไปถึงยาก เพื่อคำนึงถึงความรู้ของนักเรียนที่มีพื้นฐานทางการเรียนไม่เท่ากัน รวมถึงควรให้เกณฑ์การประเมินแก่นักเรียนทุกกลุ่ม เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน

2. นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ที่ผ่านการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ดังนี้

2.1 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักเรียน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของบทเรียน โดยใช้การสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน พบว่า

นักเรียนระบุว่ารูปเล่มบทเรียนมีสีสันทนสวยงาม ภาพประกอบดี แต่คำชี้แจงบางจุดไม่ละเอียด มีคำพิมพ์ผิดบางจุด และรหัสคิวอาร์ (qr code) แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ไม่สามารถสแกนและใช้งานได้ เนื่องจากหมดอายุการใช้งานในช่วงที่กำหนด ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มคำชี้แจงของแต่ละกิจกรรมให้ละเอียดและครบถ้วนมากขึ้น แก้ไขคำที่พิมพ์ผิดให้ถูกต้อง รวมทั้งสร้างรหัสคิวอาร์ใหม่ให้สามารถใช้งานได้ทุกเวลา

2.2 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักเรียน 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของกิจกรรม โดยใช้การสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยนักเรียนระบุว่า เนื้อหาที่ใช้ในกิจกรรมสอดคล้องและครอบคลุมในบทเรียนเรื่อง สารละลาย ในทุกหัวข้อ สีสันทนที่ใช้ในเล่มกิจกรรมมีความสวยงาม มีการประยุกต์ใช้รหัสคิวอาร์สำหรับการค้นหาข้อมูลต่าง ๆ สามารถดึงดูดผู้เรียนได้ดี

2.3 ทดลองกลุ่มใหญ่กับนักเรียน 36 คน เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยให้นักเรียนทดลองทำกิจกรรมการเรียนรู้ และผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างทำกิจกรรม พบว่า นักเรียนมีความสนใจรูปแบบกิจกรรมภายในบทเรียน และสนุกสนานกับรูปแบบเกมสการแข่งขันในกิจกรรม เนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และวัตถุประสงค์ที่จัดเตรียมให้มีหลากหลายและทันสมัย แต่สำหรับการใช้เครื่องซึ่งแบบละเอียดในการชั่งใบกรูเมมาแห้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เวลามาก ผู้วิจัยจึงทำการชั่งใบกรูเมมาแห้งบรรจุใส่ถุงไว้ก่อนดำเนินกิจกรรม เพื่อลดระยะเวลาและสะดวกต่อการทำกิจกรรมมากขึ้น

2.4 หาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี โดยใช้เกณฑ์การคำนวณจากร้อยละของนักเรียนทั้งหมด ที่มีคะแนนแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเมื่อนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา พบว่า จำนวนนักเรียนทั้งหมดร้อยละ 94.45 มีคะแนนแนวคิดของนักเรียนเรื่อง สารละลาย สูงกว่าร้อยละ 50 หรือสูงกว่า 30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน จึงสรุปได้ว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยสูตรที่ใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของกิจกรรม กำหนดให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ คือ นักเรียนร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิดเรื่อง สารละลาย ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยใช้สูตรร้อยละ (Percentage) ดังนี้

$$\% = \frac{X}{Y} \times 100$$

เมื่อ % แทน ร้อยละของจำนวนนักเรียน

X แทน จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์แบบวัดแนวคิด

Y แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบ และการออกข้อสอบแบบวัดแนวคิด

2. ศึกษาผลการเรียนรู้ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เคมีเพิ่มเติม สาระที่ 3 ได้แก่ เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการ ความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี เพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

3. สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 40 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบเป็นประเภทถูกผิด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม โดยสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และผลการเรียนรู้สาระที่ 3 โดยมีผลการเรียนรู้ 3 ข้อ ดังนี้

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ได้แก่ คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ จำนวน 24 ข้อ โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ อธิบายความหมายและคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

ผลการเรียนรู้ที่ 2 ได้แก่ อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด จำนวน 8 ข้อ โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรตามที่กำหนดจากสารบริสุทธิ์ และวิธีการเจือจาง

ผลการเรียนรู้ที่ 3 ได้แก่ เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย กับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย จำนวน 8 ข้อ โดยมี จุดประสงค์การเรียนรู้ คือ อธิบายความแตกต่างระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย กับสารบริสุทธิ์ บอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) และค่าคงที่ของการ ลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) และ คำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

การหาคุณภาพของแบบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ดำเนิน ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องของผลการเรียนรู้และจุดประสงค์ในแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยใช้แบบประเมิน ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

มีความเห็นว่า	สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย โดย ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดยคำนวณจาก

$$IOC = \frac{\Sigma R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

ΣR แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 (ดูรายละเอียดภาคผนวก ค) จากนั้นปรับปรุงแบบวัดแนวคิดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ตามข้อเสนอแนะ ดังนี้ ให้ข้อมูล เพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าคงที่ในข้อคำถาม และปรับเปลี่ยนการใช้ภาษาในข้อสอบให้เข้าใจง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยใส่ค่าคงที่ไว้ในทุกข้อคำถาม และเปลี่ยนภาษาให้ชัดเจนขึ้น เพื่อลดความซับซ้อนของข้อสอบ

2. นำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วจำนวน 40 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และได้ผ่านการเรียนรู้เรื่อง สารละลาย มาแล้ว จำนวน ทั้งหมด 80 คน

3. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่หนึ่ง เลือกคำตอบถูก หรือ ผิด มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ เลือกคำตอบ ถูกต้องให้ 1 คะแนน และเลือกคำตอบไม่ถูกต้องให้ 0 คะแนน

ส่วนที่สอง อธิบายแนวคิดเรียนเรื่อง สารละลาย มีเกณฑ์การให้คะแนนโดย ดัดแปลงจากกรอบแนวคิดของ Haidar (1997) ทั้งหมด 5 แนวคิด ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์ (Scientific understanding : SU) หมายถึง นักเรียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบถูกต้องและสมบูรณ์เกี่ยวกับแนวคิด เรื่อง สารละลาย ให้ คะแนน 2 คะแนน

2. แนวคิดที่ถูกต้องไม่สมบูรณ์ (Partial understanding : PU) หมายถึง นักเรียนตอบคำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลในคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ตามแนวคิด เรื่อง สารละลาย ให้คะแนน 1.5 คะแนน

3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception : PU/SM) หมายถึง นักเรียนอธิบายเหตุผลใน คำตอบบางส่วนสอดคล้อง และบางส่วนไม่สอดคล้องกับแนวคิด เรื่อง สารละลาย ให้คะแนน 1 คะแนน

4. แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Specific misconception : SM) หมายถึง นักเรียนอธิบายเหตุผลในคำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิด เรื่อง สารละลาย ให้คะแนน 0.5 คะแนน

5. ไม่มีแนวคิด (No understanding : NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบ หรือ ตอบว่าไม่ทราบ ตอบซ้ำคำถาม หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม ให้คะแนน 0 คะแนน

โดยเมื่อนำรวมคะแนนทั้งหมดจากแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย มาคิด เป็นร้อยละของคะแนนแนวคิด สามารถแบ่งกลุ่มแนวคิดตามร้อยละของคะแนน ตามกรอบแนวคิด ของ Gronlund (1998) และ Linn (2008) โดยสูตรคำนวณหาร้อยละของคะแนนแนวคิด ดังนี้

$$\% = \frac{X}{Y} \times 100$$

เมื่อ % แทน ร้อยละของคะแนนแนวคิด

X แทน ผลรวมของคะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดแนวคิด

Y แทน คะแนนเต็มจากแบบวัดแนวคิด

ตาราง 6 ช่วงเกณฑ์คะแนนในการจัดกลุ่มแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ช่วงคะแนน	ร้อยละของคะแนน (%)	กลุ่มแนวคิด
48 – 60	80 - 100	แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์
42 – 47	70 - 79	แนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์
36 – 41	60 – 69	แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน
30 – 35	50 – 59	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
0 – 29	0 - 49	ไม่มีแนวคิด

เมื่อตรวจแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย เรียบร้อยแล้ว หาความง่ายยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) รายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความง่ายอยู่ระหว่าง 0.39-0.70 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.43 ขึ้นไป ไว้จำนวน 20 ข้อ (ดูรายละเอียดภาคผนวก ค) โดยใช้สูตรการหาค่าความง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย โดยใช้เทคนิค 50% โดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ ดังนี้

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{2n}$$

เมื่อ p	แทน	ค่าความยากง่าย
r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
P_H	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
P_L	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
n	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

4. นำแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตรแอลฟาของครอนบาค พบว่า แบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.99 โดยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย โดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
k	แทน	จำนวนข้อคำถามทั้งฉบับ
\sum	แทน	ผลรวม
S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบประเมิน และการเขียนแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2. สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยดัดแปลงเกณฑ์การประเมินมาจาก 21st Century Skills Standards Rubrics for Creativity for 21st Century Skills (Jane piirto, 2011) โดยผู้ที่ใช้เกณฑ์แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่ ครูจำนวน 2 ท่าน และนักเรียน การประเมินประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ รวมหัวข้อการประเมินทั้งหมด 10 หัวข้อ ซึ่งแต่ละหัวข้อการประเมินมีระดับทักษะตามเกณฑ์คะแนน ดังนี้

ระดับทักษะ	คะแนน
ดีมาก	4
ดี	3
พอใช้	2
ปรับปรุง	1

2.1 การคิดอย่างสร้างสรรค์ ประเมินจากการออกแบบชิ้นงานเจลพลังงานสูงในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีหัวข้อการประเมิน 3 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ) ได้แก่

2.1.1 การใช้เทคนิคในการสร้างความคิดสร้างสรรค์

2.1.2 การสร้างสรรค์ความคิดที่แปลกใหม่

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์การประเมินระดับทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ มีหัวข้อการประเมินย่อยทั้งหมด 3 หัวข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 12 คะแนน โดยแบ่งระดับทักษะเป็นช่วงคะแนน ดังนี้

ระดับทักษะ	ช่วงคะแนน
ดีมาก	10 - 12
ดี	7 - 9
พอใช้	4 - 6
ปรับปรุง	0 - 3

2.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ประเมินจากการดำเนินกิจกรรมเป็นกลุ่ม มีข้อหัวการประเมิน 4 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ) ได้แก่

2.2.1 การสื่อสารความคิดสร้างสรรค์ไปสู่สมาชิกในกลุ่ม

2.2.2 การแสดงบทบาทและความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

2.3.3 การเข้าใจถึงข้อจำกัดของสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

2.3.4 การมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้

เกณฑ์การประเมินระดับทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีข้อหัวการประเมินย่อยทั้งหมด 4 หัวข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 16 คะแนน โดยแบ่งระดับทักษะเป็นช่วงคะแนน ดังนี้

ระดับทักษะ	ช่วงคะแนน
ดีมาก	13 - 16
ดี	9 - 12
พอใช้	4 - 8
ปรับปรุง	0 - 3

2.3 นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ประเมินจากชิ้นงานเจดพล้งงานสูง มีข้อหัวการประเมิน 3 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ) ได้แก่

2.3.1 คุณภาพชิ้นงาน

2.3.2 บรรจุภัณฑ์

2.3.3 การนำเสนอ

เกณฑ์การประเมินระดับทักษะนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ มีข้อหัวการประเมินย่อยทั้งหมด 11 หัวข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 44 คะแนน โดยแบ่งระดับทักษะเป็นช่วงคะแนน ดังนี้

ระดับทักษะ	ช่วงคะแนน
ดีมาก	34 - 44
ดี	23 - 33
พอใช้	12 - 22
ปรับปรุง	0 - 11

โดยเกณฑ์การประเมินทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ โดยมีการประเมิน 3 แหล่งการประเมิน ได้แก่ ครูจำนวน 2 ท่าน และนักเรียนประเมินกลุ่มตนเอง จากนั้นนำคะแนนทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อจัดกลุ่มระดับทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน โดยมีหัวข้อการประเมินย่อยรวมทั้งหมด 18 หัวข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 72 คะแนน โดยแบ่งระดับทักษะเป็นช่วงคะแนน ดังนี้

ระดับทักษะ	ช่วงคะแนน
ดีมาก	55 - 72
ดี	36 - 54
พอใช้	18 - 35
ปรับปรุง	0 - 17

วิธีการหาคุณภาพแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

การหาคุณภาพแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ประเมินความสอดคล้องของทักษะกับองค์ประกอบของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง เพื่อปรับปรุงแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ มีดังนี้ ควรปรับเกณฑ์การประเมินให้มีความแตกต่างอย่างชัดเจน ระบุสถานการณ์แต่ละการประเมินให้ชัดเจน การวัดเชิงรสนชาติ เป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างยาก ขึ้นกับความชอบส่วนบุคคล จึงควรใช้เกณฑ์ว่าสอดคล้องกับการออกแบบ และใช้ค่ากลางในการตั้งเกณฑ์การประเมิน ไม่ดึงไปทางด้านใดด้านหนึ่ง

2. นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 10 ข้อ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ โดยการเลือกแบบเจาะจงมา 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 35 คน
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย
3. ดำเนินการสอนโดยใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งหมด 13 คาบ (คาบละ 50 นาที)
4. เมื่อสิ้นสุดตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย
5. นำผลคะแนนจากการตรวจแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ด้วย t-test dependent sample และนำผลคะแนนจากแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับทักษะที่นักเรียนได้รับ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง โดยคำนวณจากร้อยละของนักเรียนที่ทำแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย หลังเรียนรู้อด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งกำหนดเกณฑ์ว่า จำนวนนักเรียนร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยคำนวณหาร้อยละของจำนวนนักเรียน ดังนี้

$$\% = \frac{X}{Y} \times 100$$

เมื่อ % แทน ร้อยละของจำนวนนักเรียน

X แทน จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์แบบวัดแนวคิด

Y แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. วิเคราะห์คะแนนแนวคิดเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนรู้อด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ซึ่งใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ T-test for dependent samples การทดสอบสมมติฐานภายในกลุ่มทดลอง ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที่

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

โดยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

3. วิเคราะห์ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา จากแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งผู้ประเมิน ได้แก่ ครูจำนวน 2 ท่าน และนักเรียน 1 กลุ่ม โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ \bar{x} แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปรผลข้อมูล ผู้วิจัยเสนอตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จำนวนนักเรียนทั้งหมดร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย หลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

สมมติฐานข้อที่ 2 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดีขึ้น

สมมติฐานข้อที่ 3 แนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สมมติฐานข้อที่ 1 เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม นักเรียนทั้งหมดร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย หลังจากเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยคะแนนแนวคิดเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนรายบุคคล จำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง) จากนั้นนำคะแนนแนวคิดหลังเรียนและร้อยละคะแนนแนวคิดหลังเรียน มาจัดช่วงคะแนนเพื่อหาจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย ไม่ต่ำกว่า 30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน หรือไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 จากแบบวัดแนวคิดเรื่องสารละลาย แสดงดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงจำนวนของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนมากกว่า 30 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 50 จากแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ช่วงคะแนน (เต็ม 60 คะแนน)	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละของนักเรียน ทั้งหมด	ร้อยละนักเรียนทั้งหมด ที่ผ่าน 50 %
50 – 60	10	27.78	94.45 % ผ่านเกณฑ์
40 – 49	15	41.67	
30 – 39	9	25.00	
20 – 29	2	5.55	5.55 % ไม่ผ่านเกณฑ์
10 – 19	0	0.00	
0 – 9	0	0.00	
รวม	36	100.00	100.00 %

จากตารางที่ 7 พบว่า ในการทดสอบแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย จำนวน 20 ข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 60 คะแนน นักเรียนสอบได้ช่วงคะแนน 50 - 60 คะแนน จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 27.28 นักเรียนสอบได้ช่วงคะแนน 40 - 49 คะแนน จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 นักเรียนสอบได้ช่วงคะแนน 30 - 39 คะแนน จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 และนักเรียนสอบได้ช่วงคะแนน 20 - 29 คะแนน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.55 กล่าวได้ว่านักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนมากกว่า 30 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 50 จากแบบทดสอบวัดแนวคิด มีจำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 94.45 สูงกว่า ร้อยละ 70 ที่ตั้งเกณฑ์ไว้ ดังนั้น กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนได้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานข้อที่ 1

สมมติฐานข้อที่ 2 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม อยู่ในระดับดีขึ้น

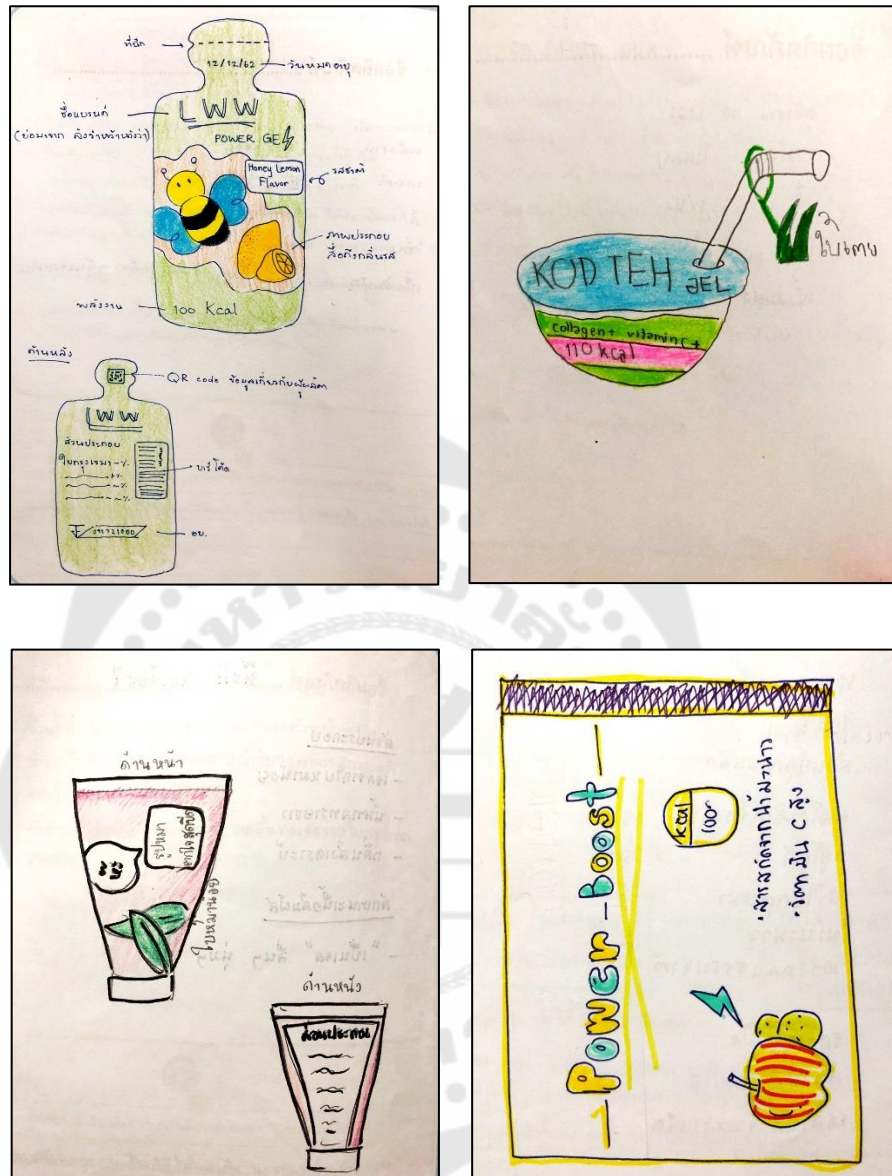
ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ โดยมีระดับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละด้าน ดังนี้

การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ผ่านการออกแบบในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8

ตาราง 8 แสดงระดับทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 12)	ระดับทักษะ
1	9	ดี
2	10	ดีมาก
3	10	ดีมาก
4	11	ดีมาก
5	11	ดีมาก
6	10	ดีมาก

จากตารางที่ 8 พบว่า จากการประเมินการออกแบบชิ้นงานในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดี จำนวน 1 กลุ่ม และระดับดีมาก จำนวน 5 กลุ่ม



ภาพประกอบ 13 แสดงกิจกรรมที่ให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา

จากภาพที่ 13 พบว่า การที่นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานตามจินตนาการ สามารถประเมินทักษะด้านการคิดสร้างสรรค์ได้ โดยชิ้นงานที่ออกแบบของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน อีกทั้งยังมีลักษณะรูปร่างบรรจุภัณฑ์ที่แปลกใหม่ต่างจากรูปแบบที่จำหน่ายตามท้องตลาด แสดงออกถึงการมีความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดี และดีมาก

นอกจากการนี้ในกิจกรรมสะเต็มศึกษายังสอดแทรกคำถามด้านความคิดสร้างสรรค์เพื่อประเมินทักษะด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ เกี่ยวกับวิธีการเพิ่มมูลค่าของใบกรุงเขมา โดยนักเรียนมีความคิดที่หลากหลายและแตกต่างกันในการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

อาหารเสริม >> นำใบไปบดใส่แคปซูล	ทำมาร์คหน้า
ซูชิ >> น้อแทนสาหร่าย	เครื่องถั่ม
ฉจดทำ >> ใส่ในหน้าฉจดทำ เพิ่มประโยชน์	

สามารถนำมาผสมกับอาหาร ทำให้เป็นอาหารที่ผู้ป่วยสามารถกินง่ายไม่ติดคอ
ทำเป็นหน้ายาสำหรับทำให้น้ำขุ่นดื่ม

ชานมใบหนาน้อยไซ่มก → น้ำใบหนาน้อยไปต้มเป็นชา แล้วนำไปใส่ไซ่ม
ประรสจนเป็นชานมไซ่มก แล่นอร่อยและมีประโยชน์ เนื่องจากในปัจจุบันชานมไซ่มก
เป็นที่นิยมของคนไทย อีกทั้งชื่อ "ใบหนาน้อย" แล่นแปลก น่าจะช่วยดึงดูดใจ
ทุกคนอยากลองชิม

สามารถนำมาผสมผสานกับวัตถุดิบของประเทศอื่นได้ ทำให้ในกรุงเขมา
ซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นบ้านของภาคอีสาน มีมูลค่ามากขึ้น

ภาพประกอบ 14 แสดงตัวอย่างการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการแปรรูปใบกรุงเขมา

จากภาพประกอบที่ 14 พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีวิธีการแปรรูปใบกรุงเขมาที่น่าสนใจ แปลกใหม่โดยประยุกต์ใบกรุงเขมาเป็นสินค้าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นประโยชน์ต่อสังคม ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดี และดีมาก

การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น
อย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจล
พลังงานสูง ผ่านการดำเนินกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 แสดงระดับทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้
ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 16)	ระดับทักษะ
1	11	ดี
2	15	ดีมาก
3	12	ดี
4	15	ดีมาก
5	16	ดีมาก
6	16	ดีมาก

จากตารางที่ 9 พบว่า จากการประเมินการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
ระหว่างดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ของ
นักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดี
จำนวน 2 กลุ่ม และระดับดีมาก จำนวน 4 กลุ่ม

	ชื่อ - นามสกุล นายจิโรจน์ กัญทอง (11)	ฝ่าย ฝ่ายรวบรวมข้อมูล	เหตุผล เป็นคนฉลาด (คิดสวนฟิลิกซ์)
	ชื่อ - นามสกุล นางสาวกัญญา บงกชมาศ (13)	ฝ่าย ฝ่ายออกแบบ	เหตุผล เป็นคนฉลาด มีความคิดสร้างสรรค์
	ชื่อ - นามสกุล นางสาวปรมิตา รุ่งสิทธิ์ธรรม (10)	ฝ่าย ฝ่ายผลิต	เหตุผล เป็นคนละเอียด มีระเบียบและรอบคอบ ทำอาหารเป็น
	ชื่อ - นามสกุล นางสาวกัญญา ชุณหวิสิทธิ์ (21)	ฝ่าย ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ	เหตุผล เป็นคนตรงไปตรงมา เชื่อถือได้
	ชื่อ - นามสกุล นายศรณันท์ วัฒนวิฑกุล (9)	ฝ่าย ฝ่ายการตลาด	เหตุผล คนที่มีความกล้าหาญ เป็นที่นับถือและเป็นผู้นำ และมีความรับผิดชอบ
	ชื่อ - นามสกุล นางสาวกานต์สินี กฤทธิรักษ์ (14)	ฝ่าย ฝ่ายนำเสนอ	เหตุผล เป็นคนพอดกึ่ง มีความมั่นใจในตัวเองสูง

ภาพประกอบ 15 แสดงตัวอย่างบทบาทหน้าที่ของการเป็นผู้นำในแต่ละฝ่ายของสมาชิกในกลุ่ม

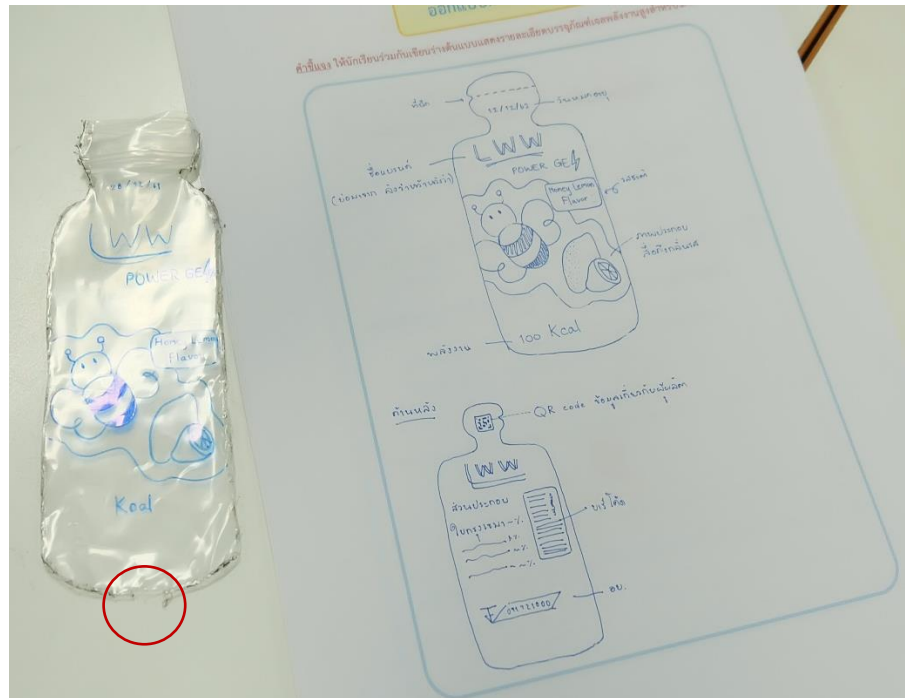
จากภาพประกอบ 15 พบว่า นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนและกำหนดบทบาทของสมาชิกในกลุ่มอย่างเป็นระบบ ซึ่งแต่ละฝ่ายจะได้รับหน้าที่การเป็นผู้นำ (Leader) เมื่อดำเนินกิจกรรมของขั้นตอนในฝ่ายนั้น และจะได้สวมใส่ผ้ากันเปื้อนเพื่อให้สมาชิกได้ปรึกษา



ภาพประกอบ 16 แสดงถึงการสื่อสารระหว่างทำงานกันของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ภาพประกอบที่ 16 พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการพูด การอธิบาย และการให้เหตุผล ถึงความคิดของตนเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานใหม่ไปสู่สมาชิกในกลุ่มที่หลากหลาย และร่วมกันนำความคิดใหม่ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน โดยสมาชิกทุกคนร่วมกันทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย แสดงให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันได้ดี ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดี และดีมาก

นอกจากนี้ นักเรียนสามารถมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้ได้ดี เช่น นักเรียนกลุ่มที่หนึ่ง มีความผิดพลาดเรื่องบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากสร้างโดยการใช้ไฟแช็คกรนถุงพลาสติกให้เป็นตามรูปร่างที่ออกแบบไว้ แต่ถุงพลาสติกที่ได้กลับมีช่องว่างเล็กน้อย (จากวงกลมในภาพประกอบ 17) ทำให้ไม่สามารถใส่เจลพลังงานสูงลงไปได้ จึงทำการปรึกษาและตกลงร่วมกันว่าจะส่งบรรจุภัณฑ์ในภายหลัง โดยนักเรียนไม่มีการแสดงถึงความไม่พึงพอใจ หรือการทะเลาะกันภายในกลุ่ม แม้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะทำให้ส่งชิ้นงานได้ไม่สมบูรณ์แบบตามเวลาที่กำหนด



ภาพประกอบ 17 ความผิดพลาดของบรรจุภัณฑ์ของนักเรียนกลุ่มที่หนึ่ง

นักเรียนกลุ่มที่สอง มีความผิดพลาดจากการใช้เครื่องปั้นในขั้นตอนการปั้นสเก็ตเจลจากใบกรุงเขมา โดยนักเรียนได้ทำการหมุนฐานด้านล่างออกก่อนนำเจลเทใส่ภาชนะ จึงทำให้เจลที่จะสเก็ตจากใบกรุงเขมาหก และเลอะเทอะ ส่งผลให้ไม่สามารถส่งชิ้นงานได้ในเวลาที่กำหนด จึงขออนุญาตผู้วิจัยมาแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานนอกเวลาเรียน พร้อมทั้งบันทึกความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และแนวทางการแก้ไขปัญหา



ภาพประกอบ 18 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำกิจกรรม

จากภาพประกอบ 18 แสดงการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และรับผิดชอบต่อความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยนักเรียนร่วมกันทำความสะอาด และนำมาเขียนรายงานปัญหาในการดำเนินกิจกรรม ได้แก่ ความไม่รอบคอบระหว่างการทำงาน ซึ่งมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาคือ ลดความประมาท และมีสติกันมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้ ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดี และดีมาก

การประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ผ่านชิ้นงานนวัตกรรมเจลพลังงานสูงจากไบโกลูเซอมา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

ตาราง 10 แสดงระดับทักษะนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 44)	ระดับทักษะ
1	34	ดีมาก
2	36	ดีมาก

ตาราง 10 (ต่อ)

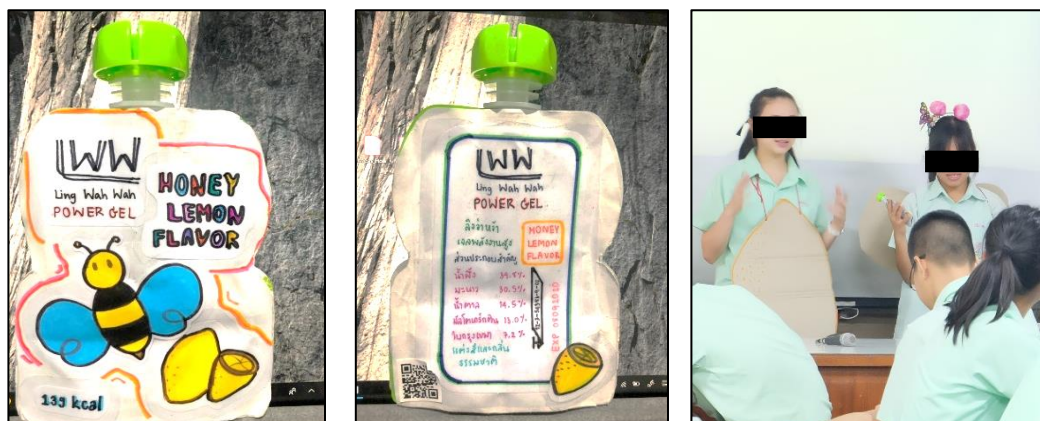
กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 44)	ระดับทักษะ
3	35	ดีมาก
4	39	ดีมาก
5	42	ดีมาก
6	40	ดีมาก

จากตารางที่ 10 พบว่า จากการประเมินนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ชิ้นงานระดับทักษะนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 6 กลุ่ม



ภาพประกอบ 19 แสดงชิ้นงานนวัตกรรมเจลพลังงานสูงที่นักเรียนได้สร้างสรรค์ขึ้นร่วมกันเป็นกลุ่ม

จากภาพประกอบที่ 19 แสดงลักษณะของชิ้นงานที่สอดคล้องตามที่นักเรียนร่วมกันออกแบบไว้ ได้แก่ ลักษณะรูปร่างบรรจุภัณฑ์ และการใช้ภาพประกอบที่สื่อถึงชิ้นงาน ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดีมาก



ภาพประกอบ 20 แสดงการนำเสนอที่สอดคล้องกับชิ้นงานโดยการแสดงละคร

ภาพประกอบที่ 20 แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนอ ซึ่งเป็นรูปแบบที่น่าสนใจ แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น พร้อมทั้งแสดงท่าทางและพูดด้วยน้ำเสียงที่เหมาะสมกับบทนำเสนอ ซึ่งอยู่ใบบทบาทของผึ้งน้อยโดยใช้ชุดประกอบการนำเสนอที่สื่อถึงชิ้นงาน ผู้นำเสนอและผู้ฟังมีการถาม - ตอบ กันเป็นระยะระหว่างการนำเสนอ และผู้นำเสนอสบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ นำมาสู่การนำเสนอที่สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้ดี และเป็นธรรมชาติ ทำให้ระดับการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

เมื่อคำนวณคะแนนจากการประเมินทักษะทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง สามารถนำมาเขียนเป็นตารางแสดงระดับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 11

ตาราง 11 แสดงระดับทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 72)	ระดับ
1	54	ดี
2	61	ดีมาก

ตาราง 11 (ต่อ)

กลุ่มที่ของนักเรียน	คะแนน (คะแนนเต็ม 72)	ระดับ
3	57	ดีมาก
4	65	ดีมาก
5	69	ดีมาก
6	66	ดีมาก

จากตารางที่ 11 พบว่า จากการประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 1 กลุ่ม และระดับดีมาก จำนวน 5 กลุ่ม ซึ่งนักเรียนทั้งหมดมีระดับทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

สมมติฐานข้อที่ 3 แนวคิดเรื่องสารละลายของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อตรวจแบบวัดแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน มีคะแนนแนวคิดรายบุคคล (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง) เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดเรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมีเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test dependent sample เพื่อทดสอบสมมติฐาน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตาราง 12 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเคมีเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t	P
ก่อนเรียน	35	60	11.20	3.81	28.59	.000
หลังเรียน	35	60	51.44	8.51		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 12 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 11.20 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.81 และหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง พบว่า นักเรียนมีคะแนนแนวคิดเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 51.44 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.51 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 28.59 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนแนวคิดเรื่อง สารละลาย หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเมื่อพิจารณาคะแนนแนวคิดเฉลี่ยพบว่าคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

เมื่อนำคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน มาคำนวณเป็นร้อยละ และแบ่งกลุ่มตามแนวคิด จะได้จำนวนนักเรียนที่มีกลุ่มแนวคิดก่อนเรียน และหลังเรียน ตามกรอบแนวคิดของ Gronlund (1998) และ Linn (2008) ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง
สารละลาย : เจลพลังงานสูง

คะแนน (เต็ม 60 คะแนน)	ร้อยละคะแนน (%)	การจัดกลุ่มแนวคิด	จำนวนกลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่ทดสอบ	
			ก่อนเรียน (คน)	หลังเรียน (คน)
48 - 60	80 - 100	แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์	0	28
42 - 47	70 - 79	แนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์	0	2
36 - 41	60 - 69	แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน	0	2
30 - 35	50 - 59	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	0	2
0 - 34	0 - 49	ไม่มีแนวคิด	35	1

จากตารางที่ 13 พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนทั้งหมด จำนวน 35 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิดเรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเมื่อนำร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนมาแบ่งกลุ่มตามแนวคิด พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนจำนวน 28 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 80 – 100 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 70 – 79 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 60 – 69 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 50 – 59 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนจำนวน 1 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด

ตาราง 14 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย

คะแนน (เต็ม 36 คะแนน)	ร้อยละคะแนน (%)	การจัดกลุ่มแนวคิด	จำนวนกลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่ทดสอบ	
			ก่อนเรียน (คน)	หลังเรียน (คน)
29 - 36	80 - 100	แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์	0	29
25 - 28	70 - 79	แนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์	0	2
22 - 24	60 - 69	แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน	0	2
19 - 21	50 - 59	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	0	2
0 - 18	0 - 49	ไม่มีแนวคิด	35	0

จากตารางที่ 14 พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย ของนักเรียนทั้งหมด จำนวน 35 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย ก่อนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเมื่อนำร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนมาแบ่งกลุ่มตามแนวคิด พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย ของนักเรียนจำนวน 29 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 80 – 100 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 70 – 79 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 60 – 69 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 50 – 59 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล										
5	นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40 กรัม ละลายในน้ำ 380 มิลลิเมตร สารละลายจะมีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร (ความหนาแน่นของ NaOH = 2 g/mL)		✓	$40 \text{ g} \quad \frac{40}{380} \times 100 = 10.5\%$ $100 \text{ g} \quad \frac{20}{100} \times 100 = 20\%$										
6	ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนโบรไมด์ (HBr) ร้อยละ 4 โดยปริมาตร หมายความว่า ในตัวทำละลาย 100 mL มีปริมาณ HBr ละลายอยู่ 4 mL	✓		$\frac{4}{100}$										
เรื่อง : ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี														
7	สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO ₄) เข้มข้น 1 M หมายความว่า ในตัวทำละลาย KMnO ₄ 1 ลิตรมี KMnO ₄ ละลายอยู่ 1 โมล	✓		$1 \text{ M} = 1 \text{ L}$										
8	สารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 4 โมล ในสารละลาย 1000 มิลลิเมตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าสารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 5 โมล ในสารละลาย 500 มิลลิเมตร		✓	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">4 mol</td> <td style="padding: 5px;">1000 ml</td> <td style="padding: 5px;"> </td> <td style="padding: 5px;">5 mol</td> <td style="padding: 5px;">500 ml</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">0.4 mol</td> <td style="padding: 5px;">100 ml</td> <td style="padding: 5px;"> </td> <td style="padding: 5px;">1 mol</td> <td style="padding: 5px;">100 ml</td> </tr> </table>	4 mol	1000 ml		5 mol	500 ml	0.4 mol	100 ml		1 mol	100 ml
4 mol	1000 ml		5 mol	500 ml										
0.4 mol	100 ml		1 mol	100 ml										

ภาพประกอบ 21 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน A. เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล				
5	นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40 กรัม ละลายในน้ำ 380 มิลลิเมตร สารละลายจะมีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร (ความหนาแน่นของ NaOH = 2 g/mL)	✓		$\text{NaOH } 2 \text{ g} = 1 \text{ mL}$ $40 \text{ g} \times 2 = 80 \text{ mL}$ $\text{รวมปริมาตรสารละลาย } 400 \text{ mL } (380 + 80)$ $\text{ความเข้มข้น} = \frac{40}{400} \times 100 = 10\% \text{ โดยมวลต่อปริมาตร}$				
6	ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนโบรไมด์ (HBr) ร้อยละ 4 โดยปริมาตร หมายความว่า ในตัวทำละลาย 100 mL มีปริมาณ HBr ละลายอยู่ 4 mL		✓	<p>ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนโบรไมด์ ร้อยละ 4 โดยปริมาตร หมายความว่า ในตัวทำละลาย 100 mL มี HBr ละลายอยู่ 4 mL</p>				
เรื่อง : ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี M								
7	สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO ₄) เข้มข้น 1 M หมายความว่า ในตัวทำละลาย KMnO ₄ 1 ลิตรมี KMnO ₄ ละลายอยู่ 1 โมล	✓		<p>สารละลาย KMnO₄ เข้มข้น 1 M หมายความว่า ในตัวทำละลาย KMnO₄ 1 ลิตร มี KMnO₄ ละลายอยู่ 1 โมล</p>				
8	สารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 4 โมล ในสารละลาย 1000 มิลลิเมตร จะมีความเข้มข้นสูงกว่าสารละลายที่มีตัวละลายอยู่ 5 โมล ในสารละลาย 500 มิลลิเมตร		✓	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$\frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 4 \text{ M}$</td> <td style="padding: 5px;">1000 mL = 1 L</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$\frac{5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 10 \text{ M}$</td> <td style="padding: 5px;">500 mL = 0.5 L</td> </tr> </table> <p>∴ สารละลายที่มีตัวทำละลาย 500 ml ตัวละลาย 5 mol จะมีความเข้มข้นสูงกว่า สารละลายที่มีตัวทำละลาย 1000 ml ตัวละลาย 4 mol</p>	$\frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 4 \text{ M}$	1000 mL = 1 L	$\frac{5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 10 \text{ M}$	500 mL = 0.5 L
$\frac{4 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 4 \text{ M}$	1000 mL = 1 L							
$\frac{5 \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 10 \text{ M}$	500 mL = 0.5 L							

ภาพประกอบ 22 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน A. เรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย

ตาราง 15 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 2 การเตรียมสารละลาย

คะแนน (เต็ม 12 คะแนน)	ร้อยละคะแนน (%)	การจัดกลุ่มแนวคิด	จำนวนกลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่ทดสอบ	
			ก่อนเรียน (คน)	หลังเรียน (คน)
9.5 - 12	80 - 100	แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์	0	26
8.5 - 9	70 - 79	แนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์	0	3
7.5 - 8	60 - 69	แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน	0	2
6.5 - 7	50 - 59	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	0	3
0 - 6	0 - 49	ไม่มีแนวคิด	35	1

จากตารางที่ 15 พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย ของนักเรียนทั้งหมด จำนวน 35 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 2 การเตรียมสารละลาย ก่อนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเมื่อนำร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนมาแบ่งกลุ่มตามแนวคิด พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 2 การเตรียมสารละลาย ของนักเรียนจำนวน 26 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 80 – 100 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 3 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 70 – 79 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 2 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 60 – 69 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน นักเรียนจำนวน 3 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 50 – 59 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนจำนวน 1 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล
17	สารละลายกลูโคสในน้ำ ประกอบด้วยโมลของน้ำ 20 โมล และโมลของกลูโคส 5 โมล ร้อยละโดยโมลของกลูโคส คือ 20		✓	
เรื่อง : การเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาริตีจากสารบริสุทธิ์				
18	ถ้าต้องการสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 1.0 M ต้องชั่ง NaCl มา 1 กรัม แล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร (มวลโมเลกุลของ NaCl = 58.5 g/mol)	✓		
19	ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีที่ปริมาตรสารละลายเท่ากัน และจำนวนโมลเท่ากัน จะมีความเข้มข้นเท่ากัน แต่เมื่อลดปริมาณตัวทำละลายลง โดยที่จำนวนโมลตัวละลายเท่าเดิม จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายลดลง	✓		
20	การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 1.0 M เตรียมได้โดยชั่ง $K_2Cr_2O_7$ มาจำนวน 294.18 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วใส่ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (มวลโมเลกุล $K_2Cr_2O_7$ = 294.18 g/mol)		✓	

ภาพประกอบ 23 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน B. เรื่อง การเตรียมสารละลาย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล
17	สารละลายกลูโคสในน้ำ ประกอบด้วยโมลของน้ำ 20 โมล และโมลของกลูโคส 5 โมล ร้อยละโดยโมลของกลูโคส คือ 20	✓		$\text{ร้อยละโดยโมลของกลูโคส} = \frac{\text{ส่วนของโมล}}{\text{5} + \text{20}} = \frac{\text{5}}{\text{25}} = \frac{\text{1}}{\text{5}} = \frac{\text{1}}{\text{5}} \times 100 = 20\%$
เรื่อง : การเตรียมสารละลายในหน่วยโมลาริตีจากสารบริสุทธิ์				
18	ถ้าต้องการสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 1.0 M ต้องชั่ง NaCl มา 1 กรัม แล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น 1 ลิตร (มวลโมเลกุลของ NaCl = 58.5 g/mol)	✓		$\frac{g}{Mw} = \frac{MV}{1000}$ $\frac{g}{58.5} = \frac{1(1000)}{1000}$ $g = 58.5 \text{ g}$ ต้องชั่ง NaCl มา 58.5 g
19	ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีที่ปริมาตรสารละลายเท่ากัน และจำนวนโมลเท่ากัน จะมีความเข้มข้นเท่ากัน แต่เมื่อลดปริมาณตัวทำละลายลง โดยที่จำนวนโมลตัวละลายเท่าเดิม จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายลดลง	✓	✓	ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีที่ปริมาตรสารละลายเท่ากัน และจำนวนโมลเท่ากัน จะมีความเข้มข้นเท่ากัน แต่เมื่อลดปริมาณตัวทำละลายลง โดยที่จำนวนโมลตัวละลายเท่าเดิม จะทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น
20	การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 1.0 M เตรียมได้โดยชั่ง $K_2Cr_2O_7$ มาจำนวน 294.18 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วใส่ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (มวลโมเลกุล $K_2Cr_2O_7$ = 294.18 g/mol)	✓		$M = \frac{294.18 \text{ g}}{294.18 \text{ g}} = 1 \text{ mol}$ $M = \frac{1 \text{ mol}}{\text{ปริมาตร } 1,000 \text{ ml} = 1 \text{ l}}$ $M = 1 \text{ M}$

ภาพประกอบ 24 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน B. เรื่อง การเตรียมสารละลาย

ตาราง 16 แสดงกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย

คะแนน (เต็ม 12 คะแนน)	ร้อยละคะแนน (%)	การจัดกลุ่มแนวคิด	จำนวนกลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่ทดสอบ	
			ก่อนเรียน (คน)	หลังเรียน (คน)
9.5 - 12	80 - 100	แนวคิดถูกต้องสมบูรณ์	0	20
8.5 - 9	70 - 79	แนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์	0	5
7.5 - 8	60 - 69	แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน	0	3
6.5 - 7	50 - 59	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน	0	3
0 - 6	0 - 49	ไม่มีแนวคิด	35	4

จากตารางที่ 16 พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดก่อนเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย ของนักเรียนจำนวน 34 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด หน่วยที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย และจำนวน 1 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 50 – 59 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ก่อนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเมื่อนำร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียนของนักเรียนมาแบ่งกลุ่มตามแนวคิด พบว่า ร้อยละของคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย หน่วยที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย ของนักเรียนจำนวน 20 คน อยู่ในช่วงร้อยละ 80 – 100 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องสมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 5 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 70 – 79 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องไม่สมบูรณ์ นักเรียนจำนวน 3 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 60 – 69 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน นักเรียนจำนวน 3 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 50 – 59 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนจำนวน 4 คน มีร้อยละของคะแนนอยู่ในช่วง 0 – 49 ซึ่งหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิด

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล
24	ค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ของเบนซีนเท่ากับ $5.07 \text{ }^\circ\text{C/m}$ หมายความว่า สารละลายที่มีเบนซีนเป็นตัวทำละลายเข้มข้น 1 โมลล จะเยือกแข็งที่อุณหภูมิ $5.07 \text{ }^\circ\text{C}$ (จุดเยือกแข็งของเบนซีน = $5.49 \text{ }^\circ\text{C}$)		✓	
25	กำหนดให้ ไส้กลูโคส 5 โมล ในน้ำ 100 กรัม จุดเยือกแข็งของสารละลายลดลง $4 \text{ }^\circ\text{C}$ ถ้าใส่ฟรักโทส 10 โมล ในน้ำ 100 กรัม จุดเยือกแข็งของสารละลายลดลง $8 \text{ }^\circ\text{C}$	✓		

ภาพประกอบ 25 แสดงแนวคิดก่อนเรียนของนักเรียน C. เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

ข้อ	ข้อความ	ถูก	ผิด	อธิบายเหตุผล
24	ค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ของเบนซีนเท่ากับ $5.07 \text{ }^\circ\text{C/m}$ หมายความว่า สารละลายที่มีเบนซีนเป็นตัวทำละลายเข้มข้น 1 โมลล จะเยือกแข็งที่อุณหภูมิ $5.07 \text{ }^\circ\text{C}$ (จุดเยือกแข็งของเบนซีน = $5.49 \text{ }^\circ\text{C}$)		✓	$\Delta T_f = K_f M$ $5.49 - T'_f = 5.07 \times 1$ $T'_f = 0.42 \text{ }^\circ\text{C}$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> ถ้าหนดให้ $T'_f =$ จุดเยือกแข็งจริง สารละลาย </div>
25	กำหนดให้ ไส้กลูโคส 5 โมล ในน้ำ 100 กรัม จุดเยือกแข็งของสารละลายลดลง $4 \text{ }^\circ\text{C}$ ถ้าใส่ฟรักโทส 10 โมล ในน้ำ 100 กรัม จุดเยือกแข็งของสารละลายลดลง $8 \text{ }^\circ\text{C}$	✓		ไส้กลูโคส 5 mol ในน้ำ 100 g $\rightarrow \frac{5}{100} \times 1000 = 50 \text{ m}$ ไส้ฟรักโทส 10 mol ในน้ำ 100 g $\rightarrow \frac{10}{100} \times 1000 = 100 \text{ m}$ 5 m อุณหภูมิลด $4 \text{ }^\circ\text{C}$ $\therefore 10 \text{ m}$ อุณหภูมิลด $8 \text{ }^\circ\text{C}$

ภาพประกอบ 26 แสดงแนวคิดหลังเรียนของนักเรียน C. เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมุ่งหวังพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแก่นักเรียน หลังจากเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบแนวคิด เรื่อง สารละลาย ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานในการวิจัย

1. เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แล้วจำนวนนักเรียนทั้งหมดร้อยละ 70 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย หลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50
2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดีขึ้น
3. แนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผล ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. นำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกิจกรรมนี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ความเหมาะสมขององค์ประกอบของกิจกรรมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.30 แสดงว่าองค์ประกอบของกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับมาก และมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00

3. นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 จำนวน 3 คน ครั้งที่ 2 จำนวน 9 คน และครั้งที่ 3 จำนวน 36 คน

4. หาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา จากคะแนนแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนนักเรียนทั้งหมด 36 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร พบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมีเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนให้สูงกว่าร้อยละ 50 ของแบบวัดแนวคิด คิดเป็นร้อยละ 94.45 ซึ่งมากกว่าที่ตั้งเกณฑ์ไว้ที่ร้อยละ 70 จึงนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษา 2 ด้าน ได้แก่ ด้านแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย และด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยมีรายละเอียดในแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดำเนินการดังนี้

1.1 สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ แต่ละด้านมีการประเมินจำนวน 3 ข้อ 4 ข้อ และ 3 ข้อ ตามลำดับ รวมมีการประเมินทั้งหมดมี 10 ข้อ

1.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.67-1.00

1.3 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไปปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน

2. ด้านแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย ดำเนินการดังนี้

2.1 สร้างแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย จำนวน 40 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทเลือกถูกผิด และอธิบายเหตุผลสนับสนุน

2.2 ประเมินความสอดคล้องของผลการเรียนรู้และจุดประสงค์ของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ผลการประเมินความสอดคล้องแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่าเท่ากับ 0.67-1.00

2.3 นำแบบวัดแนวคิดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เรียนเนื้อหานี้มาแล้ว ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบแล้ว มาตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย เป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.39 ถึง 0.70 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22 ขึ้นไป ไว้จำนวน 20 ข้อ

1.4 นำแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ พบว่า แบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.99

1.5 นำแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย ที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลได้ดังนี้

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสารละลายของนักเรียนร้อยละ 94.45 ให้มีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 มีทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ในระดับดีขึ้น

3. แนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถอภิปรายดังต่อไปนี้

1. เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แล้วจำนวนนักเรียนทั้งหมด ร้อยละ 94.45 มีคะแนนแนวคิด เรื่อง สารละลาย หลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง ได้พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ ผ่านการสอดแทรกผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย อย่างละเอียด และครอบคลุมเนื้อหา

ตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รวมถึงกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาข้อมูลแบบทีม เพื่อให้อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ที่เน้นการจัดบรรยากาศในการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียน ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ (S. B. Wilson & Varma-Nelson, 2016) (Michaelsen, Sweet, & Parmelee, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวิสา บุญน้อม (2561) ที่จัดการเรียนรู้แบบใช้ทีมเป็นฐาน (team-based learning) พบว่า การมีปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ สามารถส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในกิจกรรมมีการเชื่อมโยงสถานการณ์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง นำมาสู่การจำลองสถานการณ์การเรียนรู้ที่สนุกสนาน ตื่นเต้น และท้าทายความรู้ความสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้อยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น (Marle et al., 2014) รวมทั้งมีการบูรณาการความรู้จากศาสตร์ทั้ง 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างครบถ้วน เพื่อให้นักเรียนสามารถร่วมกันระบุนปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหา และนำเสนอผลของการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาวิชาติ ประเสริฐสังข์ (2559) ที่กล่าวว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นั้นจะต้องมีการจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่น่าสนใจ มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิด และควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการบูรณาการความรู้ใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Levine and DiScenza (2018) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แนวสะเต็มศึกษาคควรนำกลยุทธ์ต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบกิจกรรมเพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้มีการบูรณาการทั้งแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางวิศวกรรม โดยนำเทคโนโลยีมาเอื้อประโยชน์ต่อการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาทิตยา พูนเรือง (2559) และ Z. S. Wilson et al. (2014) ที่ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิผลทางการเรียน พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนที่สูงขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้

กิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ผ่านการประเมินและตรวจสอบในด้านเนื้อหา และผลการเรียนรู้ เพื่อให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ทั้ง ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และครูผู้สอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน จากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ทั้งในด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของและความสอดคล้องของบทเรียนที่พัฒนาขึ้น และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็กจำนวน 3 คน และกลุ่มเล็กจำนวน 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของบทเรียน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างกลุ่มใหญ่จำนวน 36 คน เพื่อศึกษาระบวนการจัดการเรียนรู้ และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา พบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรพญา มณีรัตน์ (2560) ที่พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมและหาข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ทำให้การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง อยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์เป็นรายการการแข่งขันทำอาหาร (Mysterious chef) โดยมีวัตถุประสงค์ในกล่องปริศนา (Mystery box) คือ ใบกรูเมมา เป็นบททดสอบด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยการแปรรูปเป็นเจลพลังงานสูง ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมที่ทำทลายความสามารถของผู้เรียน และแสดงบทบาทสมมติสามารถกระตุ้นทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้ (Nabais & Costa, 2017) โดยในกิจกรรมนี้นักเรียนมีโอกาสได้เลือกวัตถุดิบสำหรับการสร้างชิ้นงานที่หลากหลายอย่างอิสระตามความคิดและจินตนาการ จึงได้ผลงานที่มีความแปลกใหม่ออกมา ทำให้มีพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลธิชา ชิวปรีชา (2554) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้เลือกวัสดุ อุปกรณ์อย่างอิสระในการคิดรูปแบบของชิ้นงาน ผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเองนับว่าเป็นหัวใจสำคัญของการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานรายกลุ่ม พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างความคิดที่แปลก

ใหม่เพื่อให้ได้เจลพลังงานสูงที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มเพื่อนร่วมชั้นและสินค้าในท้องตลาด โดยใช้วัตถุดิบที่นอกเหนือจากผู้วิจัยจัดเตรียมให้มาใช้เพื่อให้เกิดความแตกต่าง เช่น นักเรียนกลุ่มที่หนึ่งออกแบบรสชาติ โดยการนำน้ำผึ้งแท้และมะนาวสดมาใช้เพื่อให้ได้รสชาติและกลิ่นที่เป็นธรรมชาติแทนการใช้วัตถุดิบสังเคราะห์ และออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีรหัสคิวอาร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลใบกรุงเขมา ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในชิ้นงานเจลพลังงานสูง โดยเป็นการตัดแปลงความคิดจากบรรจุภัณฑ์ของสินค้าในท้องตลาดให้หนึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้แนวคิดดั้งเดิมสู่แนวคิดใหม่ที่แตกต่าง ส่งผลให้เกิดเป็นชิ้นงานที่สร้างสรรค์ นักเรียนกลุ่มที่สองออกแบบกลิ่นโดยใช้ใบเตย เพื่อให้ได้กลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์จากสมุนไพรไทย อีกทั้งเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของใบเตยที่ช่วยทำให้สดชื่น และบรรเทาอาการอ่อนเพลีย เพื่อแสดงให้เห็นว่านอกจากใบเตยจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวอันเป็นที่นิยมสำหรับการนำมาประกอบอาหารแล้ว ยังมีสรรพคุณในการบำรุงร่างกายอีกด้วย และเพิ่มส่วนประกอบของกลูต้าและคอลลาเจน ซึ่งเป็นส่วนผสมเพื่อช่วยให้ผิวขาวใสและเรียบเนียน ซึ่งการออกแบบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการสร้างความคิดที่แปลกใหม่และไม่ซ้ำกับผู้อื่น อีกทั้งนำมาสู่การสร้างนวัตกรรมได้ (Charyton, Jagacinski, Merrill, Clifton, & DeDios, 2011) และนักเรียนแต่ละกลุ่มมีวิธีการแปรรูปใบกรุงเขมาที่น่าสนใจ และแปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับผู้อื่น (Runco, 1986) นำมาสู่การสร้างนวัตกรรมที่เพิ่มมูลค่าให้กับชิ้นงาน และมีประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่นได้

การประเมินด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้สังเกตจากการดำเนินกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนสามารถแสดงบทบาทสมมติตามหน้าที่ของตนเองที่ได้รับมอบหมายได้อย่างดี เนื่องจากเป็นบทบาทที่ตนเองมีความถนัด และเป็นความคิดเห็นจากเพื่อนในกลุ่มถึงเหตุผลต่อบทบาทนั้น นอกจากนี้สมาชิกแต่ละคนได้ช่วยเหลือกันเพื่อให้ชิ้นงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี แม้จะไม่ใช้หน้าที่ของตนเองก็ตาม นำมาสู่การทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ (S. B. Wilson & Varma-Nelson, 2016) และนักเรียนทุกคนช่วยกันดำเนินงานอย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วเป็นไปตามที่วางแผนร่วมกันร่างไว้ มีการคอยย้ำเตือนเพื่อนเพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์เดิมซ้ำอีก ซึ่งแสดงออกถึงการรับผิดชอบในความผิดพลาดร่วมกัน และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพชรศิริพันธ์ ตุ่นคำ (2559) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล : โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า การจัดกิจกรรมที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมมีการใช้เทคโนโลยีในการค้นคว้าหาข้อมูลและออกแบบ

ผลงาน โดยให้นักเรียนจะได้ร่วมกันทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ผ่านการออกแบบวิธีการทดลอง ผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ การทดสอบผลิตภัณฑ์ และการนำเสนอผลิตภัณฑ์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างสร้างสรรค์ นำมาสู่การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

การประเมินด้านนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้ประเมินจากคุณภาพของชิ้นงาน บรรจุภัณฑ์ และการนำเสนอของนักเรียน พบว่า ชิ้นงานเจ๋งผลงานสูงที่นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้นสอดคล้องกับเกณฑ์การออกแบบและเกณฑ์การประเมินส่วนใหญ่ ในส่วนด้านการนำเสนอ พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีรูปแบบการนำเสนอที่หลากหลาย และสามารถดึงดูดความสนใจจากเพื่อนได้ดี เช่น การแสดงละครพร้อมใส่ชุดประกอบที่ตกแต่งให้สอดคล้องกับชิ้นงาน และการนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีจากไอแพด (Ipad) ซึ่งสามารถนำเสนอข้อมูลได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การเปิดวีดีโอประกอบการนำเสนอเพื่อแสดงน้ำเสียงและท่าทางให้เหมือนและพร้อมเป็นจังหวะเดียวกันกับภาพเคลื่อนไหว การอธิบายเนื้อหาความรู้ผ่านการเขียนจากปากกาอิเล็คทรอนิกส์ (Apple pencil)


จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยมีระดับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ในระดับดีขึ้นไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจกาญจน์ ไส้ละม้าย (2558) Bairaktarova and Evangelou (2012) และ Lou, Chou, Shih, and Chung (2017) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้กิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาต่อการพัฒนาทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ พบว่า การเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้

3. แนวคิด เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง มีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจแนวคิดก่อนเรียน พบว่า นักเรียนทั้งหมดไม่สามารถบอกความหมายและคำนวณค่าตอบออกมาได้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องหน่วยความเข้มข้นหน่วยต่าง ๆ การเจือจางสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนทร พรจำเริญ (2543) และ ลัดดาวลัย บุรณะ and จรรยา ดาสา (2560) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องของการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายใน

หน่วยต่าง ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dahsah and Coll (2008) ที่พบว่า นักเรียนมีความคิดที่ไม่ถูกต้องในเรื่องการเจือจางสารละลาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luoga et al. (2013) ที่พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ในเรื่องสมบัติคอลลิเกทีฟ

จากนั้นผู้วิจัยได้ประเมินแนวคิด เรื่อง สารละลาย ระหว่างเรียนของนักเรียน จากการดำเนินกิจกรรม ซึ่งเริ่มต้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ วีดีโอ และสร้างสถานการณ์จำลองขึ้นมา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น Meece, Blumenfeld, and Hoyle (1988) ในระหว่างการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพยายามสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนสร้างชิ้นงานที่เชื่อมโยงความรู้ในเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสารละลาย การเจือจางสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งในเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษามีเนื้อหาเรื่อง สารละลาย เพื่อพัฒนาแนวคิดแทรกอยู่ตามผลการเรียนรู้ ดังนี้

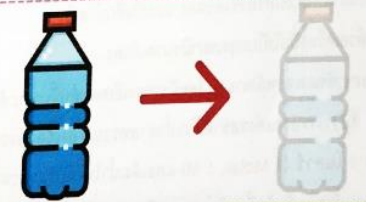
ตารางบันทึกผล																																					
วัตถุดิบ	หน่วยความเข้มข้น																																				
 <p>น้ำตาลทรายขาว (White Sugar) $C_{12}H_{22}O_{11}$</p>	<p>ร้อยละโดยมวล (%w/w)</p> $\frac{2}{102} \times 100 = 1.96 \% \text{ w/w}$																																				
	<p>โมลาร์ (M)</p> $\frac{0.0058 \text{ mol}}{102} = \frac{0.0058}{11.6} = 0.0005008612 = 5.8 \times 10^{-4} \text{ M}$																																				
	<p>โมลาล (m)</p> $\frac{0.0058 \text{ mol}}{6.1 \text{ kg}} = 0.00095081967$																																				
	<p>ร้อยละโดยโมล (X_{sucrose})</p> $\frac{0.0058}{0.0058 + 5.56} \times 100 = 0.0942$																																				
<p>มวล (g)</p> <p>มวลน้ำตาลทรายขาว 2 กรัม</p> <p>มวลน้ำ 100 กรัม</p> <p>มวลสารละลาย 102 กรัม</p> <p>$d = 1.58 \text{ g/mL}$</p> <p>$M_w = 342 \text{ g/mol}$</p> <p>$D_{\text{น้ำตาลทรายขาว}} = 1.022 \text{ g/cm}^3$</p>	<p>ร้อยละโดยมวล (%w/w)</p> <p>ในสารละลายน้ำตาลทรายขาว</p> <table border="1"> <tr> <td>น้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> <td>ในสารละลายน้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> </tr> <tr> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> </tr> <tr> <td>สารละลาย</td> <td>102 กรัม</td> <td>สารละลาย</td> <td>102.31 กรัม</td> </tr> </table> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์</p> <table border="1"> <tr> <td>น้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> <td>น้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> </tr> <tr> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> </tr> <tr> <td>สารละลาย</td> <td>102 กรัม</td> <td>สารละลาย</td> <td>102.31 กรัม</td> </tr> </table> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์</p> <table border="1"> <tr> <td>น้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> <td>น้ำตาลทรายขาว</td> <td>2 กรัม</td> </tr> <tr> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> <td>น้ำ</td> <td>100 กรัม</td> </tr> <tr> <td>สารละลาย</td> <td>102 กรัม</td> <td>สารละลาย</td> <td>102.31 กรัม</td> </tr> </table>	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	ในสารละลายน้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม	สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม	สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม	สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม
น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	ในสารละลายน้ำตาลทรายขาว	2 กรัม																																		
น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม																																		
สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม																																		
น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม																																		
น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม																																		
สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม																																		
น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม	น้ำตาลทรายขาว	2 กรัม																																		
น้ำ	100 กรัม	น้ำ	100 กรัม																																		
สารละลาย	102 กรัม	สารละลาย	102.31 กรัม																																		
<p>มวล (g)</p> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์ 1.37 กรัม</p> <p>มวลน้ำ 100 กรัม</p> <p>มวลสารละลาย 101.63 กรัม</p> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์</p> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์</p> <p>มวลโพแทสเซียมไทรโบรไมด์</p>	<p>ส่วนในล้านส่วน (ppm)</p> $\frac{1.37}{101.63} \times 10^6 = 11,573.88 \text{ ppm}$ <p>ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)</p> $\frac{1.37}{101.63} \times 10^9 = 11,573,888.52 \text{ ppb}$																																				

ภาพประกอบ 27 แสดงเนื้อหาเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ในเล่มกิจกรรม

จากภาพประกอบที่ 27 แสดงเนื้อหาเรื่อง หน่วยความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ โมลาร์ โมลาล ร้อยละโดยโมล ส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน เพื่อให้ นักเรียนได้คำนวณหน่วยความเข้มข้น ตามผลการเรียนรู้และจุดประสงค์

มวลของน้ำตาลทราย = 85.5 กรัม ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลทราย = 0.5 M

$$\text{mol} = \frac{855}{342} = 0.25 \text{ mol}$$

$$M = \frac{0.25 \text{ mol}}{500 \text{ mL}} = \frac{0.5 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} = 0.5 \text{ M}$$


1 M, 500 mL 0.5 M, 1000 mL

คำนวณปริมาตรของสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 1 M ที่ต้องใช้ และปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเจือจาง

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$1 (V_1) = 0.5 (100)$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

∴ ต้องเทน้ำ 50 mL

ภาพประกอบ 28 แสดงเนื้อหาเรื่อง การเจือจางสารละลาย ในเล่มกิจกรรม

จากภาพประกอบที่ 28 แสดงเนื้อหาที่ใช้ความรู้ในการเจือจางสารละลาย โดยกำหนดเงื่อนไขในกิจกรรมว่า การใช้วัตถุคือน้ำตาลทราย ต้องใช้ภายใต้การเจือจางจากสารละลายเข้มข้นที่เตรียมไว้ให้ ซึ่งทำให้นักเรียนต้องผ่านการคำนวณเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ และวางแผนวิธีการเจือจางสารละลายให้ได้ปริมาตรที่จะใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

โดยการสอดแทรกเนื้อหาดังกล่าวทำให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ผ่านกระบวนการในการทำงานกลุ่มในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สอดคล้องกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Blumenfeld et al., 1991) และเนื่องด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนร่วมกันนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ใน

การแก้ไขปัญหา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม National Research Council (2012) 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6) นำเสนอผลการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นวัฏจักรที่สามารถย้อนกลับไปได้ตลอด ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ (Berry III et al., 2005) ซึ่งสอดคล้องกับปรัชญา พิพัฒนาการนิยม (Progressivism) ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือทำ นำมาสู่เรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น (Ord, 2012) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ราชานนท์ อุดมสูงเนินม (2560) ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ Project-Based Learning พบว่า การเรียนรู้แบบโครงการนั้น มีแนวคิดสอดคล้องกับ John Dewey เรื่อง “Learning by doing” ซึ่งได้กล่าว การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติขณะที่เรียน ทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้ และสอดคล้องกับ Johnstone (1993) เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง นักเรียนสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของการละลายได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ การละลายน้ำของน้ำตาลทราย และมอลโทเดกซ์ทริน เป็นการแสดงผลในระดับมหภาค (Macroscopic representation) และเชื่อมโยงไปถึงการอธิบายที่บ่งบอกว่าสารที่สังเกตเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงนั้นประกอบด้วยโมเลกุลของตัวละลายหรือตัวทำละลายใดบ้าง ซึ่งเป็นการแสดงผลในระดับกึ่งจุลภาคหรือระดับโมเลกุล (Submicroscopic or molecular representation) นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีด้วยการใช้สัญลักษณ์ ได้แก่ สูตรคำนวณต่าง ๆ ในเรื่อง สารละลาย ซึ่งเป็นการแสดงผลในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representation) ทำให้นักเรียนมองภาพได้ง่ายขึ้น และเข้าใจมากขึ้น อีกทั้งในระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนจะมีการแสดงความคิดเห็นเพื่อวิจารณ์ชิ้นงานของกลุ่มตัวเอง รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง สารละลายของสมาชิกภายในกลุ่ม ก่อนจะนำเสนอวิธีการและขั้นตอนการสร้างสรรค์ชิ้นงานสู่ผู้อื่น ซึ่งการที่นักเรียนได้รับผลสะท้อนกลับจะเกิดกระบวนการเรียนรู้ นำมาสู่การแก้ไข ทำให้นักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องได้รับการพัฒนาและแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากการอภิปรายร่วมกันของเพื่อนในกลุ่ม นำมาสู่การพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารละลาย ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Salaeh (2017) ที่จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีการคิด การตั้งคำถาม และแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนรู้จักนำองค์ความรู้ในสาขาต่าง ๆ มาบูรณาการ เพื่อแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริง โดย

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนได้ ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้น

หลังจากการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะได้ทดสอบความเรื่อง เรื่อง สารละลาย ผ่านการทำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารละลาย เพื่อประเมินผลการจัดการเรียนรู้ จากการตรวจแบบวัดแนวคิด พบว่า นักเรียนทั้งหมดมีการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารละลาย ดีขึ้นและตอบได้ละเอียดมากกว่าการทดสอบก่อนเรียน โดยกิจกรรมสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย ได้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94.29 เนื่องจาก ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาขั้นตอนการรายงาน ส่วนประกอบ สร้างเงื่อนไขให้นักเรียนรายงานเป็นหน่วยความเข้มข้นของสารละลายในทุกหน่วย ความเข้มข้น ในการใช้วัตถุดิบนั้นๆ พร้อมทั้งแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียด อีกทั้งยังสุมตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกมาอธิบายวิธีความหมายและหลักการคำนวณหน่วยความเข้มข้นหน้าชั้นเรียน ส่งผลให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปราย และแก้ไขแนวคิดให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ก่อนออกมานำเสนอสู่เพื่อนร่วมชั้น และในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเตรียมสารละลาย ถูกพัฒนาแนวคิด รองลงมา คิดเป็นร้อยละ 88.57 เนื่องจากในการทำกิจกรรม ผู้วิจัยสร้างเงื่อนไขให้ใช้สารละลาย น้ำตาลทรายจากที่กำหนดไว้ให้ ทำให้นักเรียนต้องคำนวณความเข้มข้น และปริมาตรที่ต้องการใช้ พร้อมทั้งเจือจางสารละลายน้ำตาลทรายด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 สมบัติบางประการของสารละลาย ถูกพัฒนาได้น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80 เนื่องจาก ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาไม่ได้ให้นักเรียนลงมือทำการทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด และการลดลงของจุดเยือกแข็งของสารละลายน้ำตาลทราย เพียงแต่ใช้สื่อวิดีโอให้นักเรียนร่วมกันจินตนาการถึงปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการจำกัดของเวลาในการทำกิจกรรมอีกทั้งการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสำหรับการเดือดของสารละลายน้ำตาลทราย จึงส่งผลให้นักเรียนบางคนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่บ้าง แต่เมื่อคุณภาพรวมคะแนนหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมดในแนวคิดเรื่องสมบัติบางประการของสารละลายอยู่ในระดับที่สูงกว่ากว่าเดิมอย่างชัดเจน

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง สามารถพัฒนาแนวของนักเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเหตุผลที่สอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีคะแนนแนวคิดหลังเรียน เรื่อง สารละลาย สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kivinen and

Ristelä (2002) Cotabish, Dailey, Robinson, and Hughes (2013) และ นันทพร วดีศิริศักดิ์ (2560) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านการลงมือปฏิบัติสามารถพัฒนาผลทางการเรียนหลังเรียนให้สูงกว่าก่อนเรียนได้ และการเรียนรู้ผ่านจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (Burrows et al., 2014)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. การสกัดเจลจากใบกรงเขมา ต้องทำความสะอาดใบกรงเขมาให้สะอาด และเลือกใบกรงเขมาที่แห้งสนิทจะได้ไม่มีรา ถ้าใช้เป็นใบกรงเขมาสดควรตากแดดก่อนนำมาใช้เพื่อให้ง่ายต่อการสกัดเจล

2. ควรใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติชนิดอื่นในการสกัดเจล เช่น ว่านหางจระเข้

3. การทำกิจกรรมควรเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ให้หลากหลายในปริมาณที่เพียงพอสำหรับทุกกลุ่ม และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้วัตถุดิบหรืออุปกรณ์ ที่นอกเหนือจากที่เตรียมไว้ให้ เพื่อความอิสระในการคิดสร้างสรรค์

4. ในการวัดแนวคิดของนักเรียนควรใช้เครื่องมือในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนในหลากหลายรูปแบบ เช่น การสัมภาษณ์

บรรณานุกรม

- Arkarapanthu, A., Chavasit, V., Sungpuag, P., & Phuphathanaphong, L. (2005). Gel extracted from Khrueta-ma-noi (*Cyclea barbata* Miers) leaves: chemical composition and gelation properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10), 1741-1749.
- Baer, D. J., Stote, K. S., Henderson, T., Paul, D. R., Okuma, K., Tagami, H., . . . Ukhanova, M. (2014). The metabolizable energy of dietary resistant maltodextrin is variable and alters fecal microbiota composition in adult men. *The Journal of nutrition*, 144(7), 1023-1029.
- Bairaktarova, D., & Evangelou, D. (2012). Creativity and science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in early childhood education. *Contemporary perspectives on research in creativity in early childhood education*, 377-396.
- Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487-494.
- Banerjee, N., Bhattacharya, J., Bhattacharyya, S., Dutta, S., Loganayagam, R., & Surowka, P. (2011). Hydrodynamics from charged black branes. *Journal of High Energy Physics*, 2011(1), 94.
- Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). Students' misconceptions and how to overcome them. In *Misconceptions in Chemistry* (pp. 21-36): Springer.
- Berry III, R. Q., Reed, P. A., Ritz, J. M., Lin, D. C. Y., Hsiung, S., & Frazier, W. (2005). STEM initiatives. *SolidWorks®*, 1001, 23.
- Billiar, K., Hubelbank, J., Oliva, T., & Camesano, T. (2014). Teaching STEM by Design. *Advances in Engineering Education*, 4(1), n1.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Boud, D., & Feletti, G. (2013). *The challenge of problem-based learning*: Routledge.
- Burrows, A. C., Breiner, J. M., Keiner, J., & Behm, C. (2014). Biodiesel and integrated

- STEM: Vertical alignment of high school biology/biochemistry and chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1379-1389.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? In: American Association for the Advancement of Science.
- Calik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of research in science teaching*, 42(6), 638-667.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*: Springer Science & Business Media.
- Charyton, C., Jagacinski, R. J., Merrill, J. A., Clifton, W., & DeDios, S. (2011). Assessing creativity specific to engineering with the revised creative engineering design assessment. *Journal of Engineering Education*, 100(4), 778-799.
- Christensen, R., Knezek, G., & Tyler-Wood, T. (2014). Student perceptions of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) content and careers. *Computers in human behavior*, 34, 173-186.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226.
- Cunningham, C. M. (2009). Engineering is elementary. *The bridge*, 30(3), 11-17.
- Dahsah, C., & Coll, R. K. (2007). Thai Grade 10 and 11 students' conceptual understanding and ability to solve stoichiometry problems. *Research in Science & Technological Education*, 25(2), 227-241.
- Dahsah, C., & Coll, R. K. (2008). THAI GRADE 10 AND 11 STUDENTS' UNDERSTANDING OF STOICHIOMETRY AND RELATED CONCEPTS. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 573-600.
- Ebenezer, J. V., & Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, 80(2), 181-201.
- Gronlund, N. E. (1998). *Assessment of student achievement*: ERIC.

- Guilford, J. P. (1967). Creativity: Yesterday, today and tomorrow. *The Journal of Creative Behavior*, 1(1), 3-14.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 34(2), 181-197.
- Jacobsen, N., & Salguero, C. P. (2014). *Thai herbal medicine: Traditional recipes for health and harmony*. Simon and Schuster.
- Jane piirto. (2011). How to Embed Creativity Into the Curriculum. In *Creativity for 21st Century Skills How to Embed Creativity Into the Curriculum*: Sense.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701.
- Kelley, J. J., & Tsai, A. C. (1978). Effect of pectin, gum arabic and agar on cholesterol absorption, synthesis, and turnover in rats. *The Journal of nutrition*, 108(4), 630-639.
- Kivinen, O., & Ristelä, P. (2002). Even higher learning takes place by doing: From postmodern critique to pragmatic action. *Studies in Higher Education*, 27(4), 419-430.
- Koehler, C. M., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D. M., & Kazerounian, K. (2013). The Nexus between Science Literacy & Technical Literacy: A State by State Analysis of Engineering Content in State Science Standards. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 14(3).
- Levine, M., & DiScenza, D. J. (2018). Sweet, Sweet Science: Addressing the Gender Gap in STEM Disciplines through a One-Day High School Program in Sugar Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1316-1322.
- Linn, R. L. (2008). *Measurement and assessment in teaching*: Pearson Education India.
- Lou, S.-J., Chou, Y.-C., Shih, R.-C., & Chung, C.-C. (2017). A study of creativity in CaC2 steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6), 2387-2404.

- Luoga, N. E., Ndunguru, P. A., & Mkoma, S. L. (2013). High school students' misconceptions about colligative properties in chemistry. *TaJONAS: Tanzania Journal of Natural and Applied Sciences*, 4(1), 575-581.
- Marle, P. D., Decker, L., Taylor, V., Fitzpatrick, K., Khaliqi, D., Owens, J. E., & Henry, R. M. (2014). CSI–Chocolate science investigation and the case of the recipe rip-off: Using an extended problem-based scenario to enhance high school students' science engagement. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 345-350.
- Meece, J. L., Blumenfeld, P. C., & Hoyle, R. H. (1988). Students' goal orientations and cognitive engagement in classroom activities. *Journal of educational psychology*, 80(4), 514.
- Michaelsen, L. K., Sweet, M., & Parmelee, D. X. (2011). *Team-Based Learning: Small Group Learning's Next Big Step: New Directions for Teaching and Learning, Number 116* (Vol. 103): John Wiley & Sons.
- Mukerji, B., & Bhandari, P. (1959). Cissampelos pareira l. source of a new gurariform drug. *Planta Medica*, 7(03), 250-259.
- Nabais, J. V., & Costa, S. D. (2017). A Forensic Experiment: The Case of the Crime at the Cinema. *Journal of Chemical Education*, 94(8), 1111-1117.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*: National Academies Press.
- Ord, J. (2012). John Dewey and Experiential Learning: Developing the theory of youth work. *Youth & Policy*, 108(1), 55-72.
- Organization, W. H. (2015). *Guideline: sugars intake for adults and children*: World Health Organization.
- Ozaki, K., & Hayashi, M. (1997). The effects of glucose oligomers (maltodextrins) on freeze-drying liposomes. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 45(1), 165-170.
- Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.
- Plucker, J. A., Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2015). What we know about creativity. *Washington, DC: Partnership for 21st Century Skills*.

- Runco, M. A. (1986). Flexibility and originality in children's divergent thinking. *The Journal of Psychology, 120*(4), 345-352.
- Salguero, C. P. (2010). *A Thai herbal: traditional recipes for health and harmony*: ReadHowYouWant. com.
- Singthong, J., Cui, S. W., Ningsanond, S., & Goff, H. D. (2004). Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (Cissampelos pareira) pectin. *Carbohydrate polymers, 58*(4), 391-400.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2*(1), 4.
- The Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P-21 framework definition*.
- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education, 25*(11), 1353-1368.
- Vardhanabhuti, B., & Ikeda, S. (2006). Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (Cissampelos pareira) leaves. *Food hydrocolloids, 20*(6), 885-891.
- Vasquez, J. A., Sneider, C. I., & Comer, M. W. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*: Heinemann Portsmouth, NH.
- Wilson, S. B., & Varma-Nelson, P. (2016). Small groups, significant impact: a review of peer-led team learning research with implications for STEM education researchers and faculty. *Journal of Chemical Education, 93*(10), 1686-1702.
- Wilson, Z. S., McGuire, S. Y., Limbach, P. A., Doyle, M. P., Marzilli, L. G., & Warner, I. M. (2014). Diversifying science, technology, engineering, and mathematics (STEM): An inquiry into successful approaches in chemistry. *Journal of Chemical Education, 91*(11), 1860-1866.
- Word, D. (2003). ABC of learning and teaching in medicine. Problem based medicine. *BMJ, 326*, 328-330.
- Yang, K., Wang, Z., Brenner, T., Kikuzaki, H., Fang, Y., & Nishinari, K. (2015). Sucrose

- release from agar gels: Effects of dissolution order and the network inhomogeneity. *Food hydrocolloids*, 43, 100-106.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.
- เบญจกาญจน์ ไสละม้าย. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา. *Academic Services Journal Prince of Songkla University*, 26(2), 104-110.
- เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในเรื่องสารชีวโมเลกุล:โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ไสว พักขาว. (2559). ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills). Retrieved from <http://www.e-manage.mju.ac.th/openFile.aspx?id=Mjl5Mzc3>
- กขพรรณ วงศ์เจริญ. (2548). การศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณสารเพคติน และสารอัลคาลอยด์ในกรุงเขมา (*Cissampelos pareira L.*). (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. 18, 334-348.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579). Retrieved from www.oie.go.th/sites/default/files/.../thailandindustrialdevelopmentstrategy4.0.pdf
- กัลยา แก้วมา. (2558). ผู้บริหารกับบทบาทการส่งเสริมการสร้างสรรค์องค์ความรู้ในองค์กร. *วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ*, 2(1), 10-11.
- จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม. (2551). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปิโตรเลียมและพอลิเมอร์ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.

- (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จุฬารัตน์ แก้วหานาม. (2560). “วิทย์-แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา” Retrieved from <http://iclassroom.obec.go.th/cop/knw/wpcontent/uploads/-STEM.pdf>
- ชลธิชา ชิวปรีชา. (2554). ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ทำกิจกรรมศิลปะด้วยใบตอง. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ญาริพีร์ ปักแก้ว. (2553). หมาน้อยเพศตินจากป่าธรรมชาติที่นับวันจะสูญสิ้น. Retrieved from <http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/%.pdf>
- ณัฐนิชา เต็มสินวานิช. (2550). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบร่วมมือ. (สารนิพนธ์ กศ.ม.), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ดนชนก เป็น้อย. (2559). นวัตกรรมกับความคิดสร้างสรรค์. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ, 3(1), 1-12.
- นันทพร วดีศิริศักดิ์. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย และสารละลายกรด - เบส กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. Retrieved from http://www.thaischool.in.th/files_school/48100535/webboard/48100535_0_20180522-194433.pdf
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2542). เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- ปฎิวัติ ศิริทิพย์ศักดิ์. (2559). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย และทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร. (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วารสารวิชาการแพรวกาฟ้าสินธุ์, 3(3), 129-140.
- ผสุดี ภูมิอินทร์. เด็กกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). นนทบุรี.
- พรประภา ชุนถนอม, กวรรณิการ์ สมบุญ, สุดารัตน์ สกุลคุ, & อรุณข สีหามาลา. (2556). ผลของ

- วิธีการสกัดต่อคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อยในเทือกเขาภูพาน. *KHON KAEN AGR*, 1(42), 556-562.
- พรอณี ลีกิจวัฒน์. (2557). วิธีการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10 ed.). กรุงเทพฯ: คณะครู
ศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร. (2554). การพัฒนากระบวนการผลิตเพคตินจากใบเครือหมาน้อย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พิเชษฐ เทบ่ารุ่ง. (2546). การหาปริมาณเพคตินและคุณภาพของเพคตินจากใบหมาน้อย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). แนวทางการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์.
- ภัทรวดี หาดแก้ว. (2557). เรียนวิทย์-คณิตผ่านการทำวุ้น. 43(191), 42-45.
- มัศยา แสนสม. (2552). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมพัฒนากระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. (สารนิพนธ์ กศ.ม.), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รชานนท์ อุดมสูงเนินม. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ Project-Based Learning. Retrieved from <https://prezi.com/bqpahyjiuqj/copy-of-project-based-learning/>
- รัชฎาพร อุ่นศิริไธย์, จีราวรรณ อุ่นเมตตาอารี, & จิตรา สิงห์ทอง. (2554). ฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของสารสกัดย่านาง เครือหมาน้อย และรางจืด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา.
- ลัดดาวัลย์ บุรณะ, & จรรยา ดาสา. (2560). แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 32(2), 9-16.
- วราภรณ์ แยมจินดา. (2547). แนวคิดเรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วราภรณ์ รักวิจัย. (2540). การอบรมเลี้ยงดูเด็กปฐมวัย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: ต้นอ่อน.
- วศินีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education* (สะเต็มศึกษา) (พิมพ์ครั้งที่

- ที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: พิมพ์ลักษณ์.
- วิริยะ ฤกษ์พาณิชย์. (2558). การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน Creativity-based Learning (CBL). วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(2), 24-37.
- ศรีแพร จันทราภิรมย์. (2550). ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมสร้างสรรค์ โดยเปลือกข้าวโพด. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์ศรี สุภาชร. (2559). การพัฒนาความเข้าใจในมิติ เรื่อง สารละลาย ด้วยการทดลองแบบ สืบเสาะร่วมกับภาพเคลื่อนไหวระดับอนุภาคสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning.*, 7(1), 28-47.
- ศิริพงษ์ เพี้ยศิริ. (2550). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับนักศึกษาปริญญาบัณฑิตด้วยกิจกรรม ศิลปะเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการผลิตผลงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์ บัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศิริวรรณ ศรีสรค์ตร. (2533). รายงานการวิจัยการศึกษาแนวทางการสกัดเพคตินจากใบหมามัน้อยและ ใบบัวโคก. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). รู้จักสะเต็ม. Retrieved from http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). หนังสือรายวิชาเคมีเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สมาน อัสวภูมิ. (2558). ความคิดสร้างสรรค์และการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. วารสารบริหารการศึกษาบัณฑิต, 14, 11-16.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์, 17(2), 201-207.
- สุทธิจักร ศรีถนอมรัก. (2548). แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตทุ่งเพียงของ แขวงเวียงจันทร์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชน ลาว. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนทร พรจำเริญ. (2543). มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องความเข้มข้นของสารละลายและการคำนวณหา ปริมาณสารจากสมการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดชุมพร. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา),

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,

สุวรรณ ก้อนทอง. (2557). ผลการจัดประสบการณ์แบบปฏิบัติจริงที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์.

(ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สุวิสา บุญน้อม. (2561). การพัฒนาบทเรียนเชิงรุกแบบใช้ทีมเป็นฐานวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ มหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อาทิตยา จิตรเชื้อเพื่อ. (2551). การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.

(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารี พันธุ์มณี. (2547). ฝึกให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไยใหม่.

ภาคผนวก







**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนากิจกรรมเสริมเติมศึกษา เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะ
ในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวณัฐริกา นต์ คำชู

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : 394/61X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 29 พฤศจิกายน 2561

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการ
รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the
Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical
Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 25 ธันวาคม 2561

ลงชื่อ.....
(นายปิยชาติ บุญเทัญ)
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

ลงชื่อ.....
(แพทย์หญิงสุรพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X-394/2561



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

ด้านเนื้อหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แพน ทองเรือง

อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยุไซะ กุโน

อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

อาจารย์ ดร. ชัชฎาภรณ์ พิณทอง

อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครูวราวดี แก้วจันทิก

ครู คศ.2 โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ตาราง 17 ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3				
1. กิจกรรมมีการบูรณาการตามรูปแบบสะเต็มศึกษาครบทุกสาขาวิชา	3	4	5	12	4.00	0.71	มาก
2. กิจกรรมเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง	3	5	5	13	4.33	1.15	มาก
3. สถานการณ์ในกิจกรรมมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับชีวิตจริง	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4. กิจกรรมเหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
5. หลักการของกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
6. จุดประสงค์ของกิจกรรมมีประโยชน์สำหรับผู้เรียน	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
7. จุดประสงค์ของกิจกรรมเหมาะสมต่อวัยของผู้เรียน	3	5	5	13	4.33	1.15	มาก
8. จุดประสงค์ของกิจกรรมมีความชัดเจนและเป็นไปได้	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
9. เนื้อหาของกิจกรรมเหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน	4	5	4	13	4.33	0.58	มาก
10. เนื้อหาของกิจกรรมครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3				
11. เนื้อหาของกิจกรรมมีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
12. เนื้อหาของกิจกรรมเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติจริง	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
13. รูปแบบของกิจกรรมมีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
14. กิจกรรมเหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์	3	5	5	13	4.33	1.15	มาก
15. กิจกรรมมีการจัดลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
16. ระยะเวลาในการใช้กิจกรรมมีความเหมาะสม	3	4	4	11	3.67	0.58	มาก
17. ความถูกต้องของภาษา	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
18. การใช้สีสัน ขนาดตัวอักษร และภาพเหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
19. การประเมินผลของกิจกรรมครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	3	4	5	12	4.00	1.00	มาก
20. การประเมินผลของกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4	5	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบเฉลี่ย					4.30	0.55	มาก

ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย : เจลพลังงานสูง เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1. ด้านจุดประสงค์ของกิจกรรม						
1.1 จุดประสงค์สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับ พื้นฐาน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.2 จุดประสงค์สอดคล้องกับสาระ การเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.3 จุดประสงค์สอดคล้องกับ ตัวชี้วัด	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
1.4 จุดประสงค์สอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.5 จุดประสงค์สอดคล้องกับ เนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2. ด้านเนื้อหา						
2.1 เนื้อหาสอดคล้องกับ จุดประสงค์ของกิจกรรม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.2 เนื้อหาถูกต้องและครอบคลุม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.3 มีการจัดลำดับเนื้อหาที่ เหมาะสม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ กำหนด	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้น	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
3. ด้านการใช้ภาษา						
3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องของการใช้ภาษา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.3 การใช้ภาษาน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.4 ภาษาที่ใ้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.5 ภาษาที่ใช้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4. ด้านกิจกรรมสะเต็มศึกษา						
4.1 กิจกรรมสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับจุดประสงค์	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.2 กิจกรรมสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.3 กิจกรรมสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับการประเมินผล	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.4 กิจกรรมสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.5 การจัดลำดับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีความเหมาะสม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
5. ด้านการประเมินผล						
5.1 การประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
5.2 การประเมินผลมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.3 การประเมินผลเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.4 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5.5 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
1	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้
2	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
9	0	1	1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
10	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
26	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 19 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
34	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารละลาย

ข้อที่	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
1	0.63	0.36	ใช้ได้	
2	0.57	0.28	ใช้ได้	✓
3	0.70	0.30	ใช้ได้	
4	0.57	0.33	ใช้ได้	✓
5	0.58	0.31	ใช้ได้	
6	0.51	0.18	ปรับปรุง	
7	0.55	0.43	ใช้ได้	✓
8	0.75	0.25	ใช้ได้	
9	0.56	0.38	ใช้ได้	✓
10	0.67	0.28	ใช้ได้	
11	0.65	0.27	ใช้ได้	✓
12	0.63	0.28	ใช้ได้	✓

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
13	0.67	0.33	ใช้ได้	✓
14	0.65	0.32	ใช้ได้	
15	0.61	0.23	ใช้ได้	✓
16	0.49	0.35	ใช้ได้	✓
17	0.57	0.27	ใช้ได้	✓
18	0.61	0.27	ใช้ได้	
19	0.61	0.34	ใช้ได้	✓
20	0.53	0.22	ใช้ได้	
21	0.62	0.27	ใช้ได้	✓
22	0.46	0.09	ปรับปรุง	
23	0.59	0.19	ปรับปรุง	
24	0.59	0.31	ใช้ได้	✓
25	0.65	0.27	ใช้ได้	
26	0.69	0.26	ใช้ได้	✓
27	0.46	0.30	ใช้ได้	
28	0.58	0.28	ใช้ได้	✓
29	0.27	0.06	ปรับปรุง	
30	0.23	-0.01	ปรับปรุง	
31	0.70	0.27	ใช้ได้	✓
32	0.39	0.27	ใช้ได้	✓
33	0.53	0.19	ปรับปรุง	
34	0.59	0.26	ใช้ได้	✓
35	0.53	0.17	ปรับปรุง	
36	0.44	0.13	ปรับปรุง	
37	0.60	0.23	ใช้ได้	

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อที่	p	r	การพิจารณา	ข้อที่เลือก
38	0.67	0.23	ใช้ได้	✓
39	0.65	0.28	ใช้ได้	
40	0.67	0.22	ใช้ได้	✓

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3		
1. ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์					
1.1 การใช้เทคนิคในการสร้างความคิดสร้างสรรค์	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.2 การสร้างสรรค์ความคิดที่แปลกใหม่	1	1	1	1.00	ใช้ได้
1.3 การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์	0	1	1	0.67	ใช้ได้
2. ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์					
2.1 การสื่อสารความคิดสร้างสรรค์ไปสู่สมาชิกในกลุ่ม	0	1	1	0.67	ใช้ได้
2.2 การแสดงบทบาทและความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	0	1	1	0.67	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3		
2.3 การเข้าใจถึงข้อจำกัดของสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า	0	1	1	0.67	ใช้ได้
2.4 การมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้	-1	1	1	0.33	ปรับปรุง
3. ด้านนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์					
3.1 คุณภาพชิ้นงาน					
3.1.1 ผลงานของเจดต่อ 1 หน่วยบริโภค	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.1.2 รสชาติ	0	1	0	0.33	ปรับปรุง
3.1.3 สี	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.1.4 กลิ่น	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.1.5 เนื้อสัมผัส	1	1	0	0.67	ใช้ได้
3.2 บรรจุภัณฑ์					
3.2.1 การปกป้องชิ้นงาน	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.2.2 ความสะดวกในการพกพา	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.2.3 การดึงดูดผู้บริโภค	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ตาราง 21 (ต่อ)

ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC	การพิจารณา
	1	2	3		
3.3 การนำเสนอ					
3.3.1 รูปแบบการนำเสนอ	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.3.2 การพูด	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3.3.3 การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	1	1	1	1.00	ใช้ได้



ตาราง 22 แสดงคะแนนแนวคิดหลังเรียนและร้อยละคะแนนของแนวคิดหลังเรียน ของนักเรียน
จำนวน 36 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในการหาประสิทธิภาพกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี
สารละลาย : เจลพลังงานสูง

นักเรียน คนที่	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	ร้อยละคะแนน หลังเรียน
1	59	98.33
2	52.5	87.50
3	45	75.00
4	33.5	55.83
5	40.5	67.50
6	52	86.67
7	35.5	59.17
8	43.5	72.50
9	37.5	62.50
10	54	90.00
11	44	73.33
12	51	85.00
13	27.5	45.83
14	36.5	60.83
15	40.5	67.50
16	50.5	84.17
17	35	58.33
18	33	55.00
19	46	76.67
20	42.5	70.83

ตาราง 22 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	ร้อยละคะแนน หลังเรียน
21	32.5	54.17
22	48.5	80.83
23	33.5	55.83
24	41.5	69.17
25	54	90.00
26	29	48.33
27	40.5	67.50
28	41	68.33
29	45.5	75.83
30	54	90.00
31	50	83.33
32	52	86.67
33	49	81.67
34	44	73.33
35	54	90.00
36	41	68.33

ตาราง 23 แสดงคะแนนแนวคิดก่อนและหลังเรื่อง สारละลาย ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สारละลาย : เจลพลังงานสูง

นักเรียน คนที่	คะแนนก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)
1	6.00	41.50
2	12.00	54.00
3	7.00	60.00
4	10.00	54.50
5	9.00	37.50
6	11.00	53.50
7	9.00	55.50
8	11.50	53.00
9	13.00	58.00
10	17.00	58.50
11	10.00	30.50
12	8.50	44.00
13	8.00	55.00
14	10.50	58.50
15	13.00	59.50
16	10.00	54.50
17	9.50	52.50
18	11.00	26.00
19	11.50	54.50
20	22.00	54.00
21	9.50	57.50

ตาราง 23 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)
22	11.50	60.00
23	6.00	52.00
24	11.00	33.00
25	11.50	54.00
26	7.00	51.50
27	11.00	44.00
28	8.00	52.00
29	17.50	57.50
30	22.00	58.00
31	12.50	54.00
32	15.50	59.50
33	10.00	51.50
34	12.50	49.50
35	7.00	51.50
เฉลี่ย	11.20	51.44

ตาราง 24 แสดงร้อยละคะแนนแนวคิดก่อนและหลังเรียนรายบุคคล ของนักเรียนที่เรียนด้วย
กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี สาระละลาย : เจลพลังงานสูง

นักเรียนคนที่	ร้อยละคะแนนก่อนเรียน	ร้อยละคะแนนหลังเรียน
1	10.00	69.17
2	20.00	90.00

ตาราง 24 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ร้อยละคะแนนก่อนเรียน	ร้อยละคะแนนหลังเรียน
3	11.67	100.00
4	16.67	90.83
5	15.00	62.50
6	18.33	89.17
7	15.00	92.50
8	19.17	88.33
9	21.67	96.67
10	28.33	97.50
11	16.67	50.83
12	14.17	73.33
13	13.33	91.67
14	17.50	97.50
14	17.50	97.50
15	21.67	99.17
16	16.67	90.83
17	15.83	87.50
18	18.33	43.33

ตาราง 24 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ร้อยละคะแนนก่อนเรียน	ร้อยละคะแนนหลังเรียน
20	36.67	90.00
21	15.83	95.83
22	19.17	100.00
23	10.00	86.67
24	18.33	55.00
25	19.17	90.00
26	11.67	85.83
27	18.33	73.33
28	13.33	86.67
29	29.17	95.83
30	36.67	96.67
31	20.83	90.00
32	25.83	99.17
33	16.67	85.83
34	20.83	82.50
35	11.67	85.83
เฉลี่ย	18.86	85.74



ภาพประกอบ 29 แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยประเมินจากการออกแบบ และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ โดยประเมินจากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

หัวข้อการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	1	2	3	4
การคิดอย่างสร้างสรรค์				
1. การใช้เทคนิคในการสร้างความคิดสร้างสรรค์				
2. การสร้างสรรค์ความคิดที่แปลกใหม่				
3. การเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์				
รวม				
ระดับ				
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์				
1. การสื่อสารความคิดสร้างสรรค์ไปสู่สมาชิกในกลุ่ม				
2. การแสดงบทบาทและความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย				
3. การเข้าใจถึงข้อจำกัดของสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า				
4. การมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้				
รวม				
ระดับ				

ภาพประกอบ 30 แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านนวัตกรรมและการสร้างสรรค์ โดย
ประเมินจากชิ้นงาน

หัวข้อการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	1	2	3	4
คุณภาพชิ้นงาน				
1. ผลงานของเจดต่อ 1 หน่วยบริโภค				
2. รสชาติ				
3. สี				
4. กลิ่น				
5. เนื้อสัมผัส				
บรรจุภัณฑ์				
1. การปกป้องชิ้นงาน				
2. ความสะดวกในการพกพา				
3. การดึงดูดผู้บริโภค				
การนำเสนอ				
1. รูปแบบการนำเสนอ				
2. การพูด				
3. การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง				
รวม				
ระดับ				

ตาราง 25 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การคิดอย่างสร้างสรรค์	
1. การใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ เช่น การระดมสมอง การเขียนแผนภาพแสดงความคิด การใช้เทคโนโลยีเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การนำวัตถุบิ/อุปกรณ์ ที่นอกเหนือจากการจัดเตรียมให้มาประยุกต์ใช้	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ นำเทคโนโลยีเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และนำวัตถุบิ/อุปกรณ์ ที่นอกเหนือจากการจัดเตรียมให้มาใช้
3 = ดี	ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างความคิดสร้างสรรค์ นำเทคโนโลยีเพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2 = พอใช้	ใช้เทคนิคในการสร้างความคิดสร้างสรรค์
1 = ปรับปรุง	ไม่ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างความคิดสร้างสรรค์

ตาราง 25 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การคิดอย่างสร้างสรรค์	
2. สร้างความคิดที่แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น โดยประยุกต์ใช้ทั้งแนวคิดใหม่และแนวคิดดั้งเดิม เข้ามาผสมผสานกันให้เกิดเป็นชิ้นงานที่สร้างสรรค์	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	สร้างความคิดที่แปลกใหม่ซึ่งแตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และสินค้าใน ท้องตลาด
3 = ดี	สร้างความคิดที่แปลกใหม่ซึ่งแตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น แต่ไม่แตกต่างจาก สินค้าในท้องตลาด
2 = พอใช้	สร้างความคิดที่ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น แต่แตกต่างจากสินค้าในท้องตลาด
1 = ปรับปรุง	สร้างความคิดที่ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้นและสินค้าในท้องตลาด

ตาราง 25 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การคิดอย่างสร้างสรรค์	
3. การเปลี่ยนแปลง และปรับปรุงความคิดที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มความพยายามในการสร้างสรรค์	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง และปรับปรุงความคิดตลอดการสร้างชิ้นงาน
3 = ดี	แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง และปรับปรุงความคิดบางครั้งในการสร้างชิ้นงาน
2 = พอใช้	แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความคิด แต่ไม่นำมาปรับปรุงในการสร้างชิ้นงาน
1 = ปรับปรุง	ไม่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง และปรับปรุงความคิดตลอดการสร้างชิ้นงาน

ตาราง 26 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	
1. สื่อสารความคิดใหม่ไปสู่สมาชิกภายในกลุ่ม เช่น การพูด การอธิบาย การยกตัวอย่าง การให้เหตุผล เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	มีวิธีการสื่อสารความคิดใหม่ไปสู่สมาชิกในกลุ่มที่หลากหลาย และร่วมกันนำความคิดใหม่ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน
3 = ดี	มีวิธีการสื่อสารความคิดใหม่ไปสู่สมาชิกในกลุ่ม และร่วมกันนำความคิดใหม่ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน
2 = พอใช้	มีวิธีการสื่อสารความคิดใหม่ไปสู่สมาชิกในกลุ่ม แต่มีเพียงสมาชิกบางคนในกลุ่มนำความคิดใหม่ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน
1 = ปรับปรุง	มีวิธีการสื่อสารความคิดใหม่ไปสู่สมาชิกในกลุ่มที่เข้าใจยาก ทำให้ไม่สามารถนำความคิดใหม่ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน

ตาราง 26 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	
2. การแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และความรับผิดชอบต่อการส่งงาน	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	สามารถแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และส่งงานตามเวลาที่กำหนด
3 = ดี	สามารถแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และส่งงานตามเวลาที่กำหนดบางครั้ง
2 = พอใช้	ไม่สามารถแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ หรือไม่ส่งงานตามเวลาที่กำหนด
1 = ปรับปรุง	ไม่สามารถแสดงบทบาทของตนเองตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และไม่ส่งงานตามเวลาที่กำหนด

ตาราง 26 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	
3. เข้าใจถึงข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม การใช้วัตถุดิบ/อุปกรณ์ที่กำหนดให้ในรูปแบบที่แตกต่างจากเดิม การให้วัตถุดิบ/อุปกรณ์ที่มีจำนวนจำกัด การสวมตัวแทนรายงานความคืบหน้าของชิ้นงาน	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์ และมีการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในทุกข้อจำกัดของสถานการณ์
3 = ดี	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์ และมีการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในบางข้อจำกัดของสถานการณ์
2 = พอใช้	แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์ แต่ไม่มีการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในทุกข้อจำกัดของสถานการณ์
1 = ปรับปรุง	ไม่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในข้อจำกัดของแต่ละสถานการณ์ และไม่มีการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในทุกข้อจำกัดของสถานการณ์

ตาราง 26 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	
4. การมองความผิดพลาดเป็นโอกาสในการเรียนรู้ และนำความผิดพลาดนั้นมาใช้พัฒนา ชิ้นงานให้ดีขึ้น	
ระดับทักษะ	ลักษณะทักษะ
4 = ดีมาก	สามารถเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นทุกครั้งที่เกิดปัญหา โดยนำมา ปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป
3 = ดี	สามารถเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบางครั้งที่เกิดปัญหา โดยนำมา ปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป
2 = พอใช้	สามารถเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น แต่ไม่นำมาปรับปรุงหรือพัฒนา ชิ้นงานให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป
1 = ปรับปรุง	ไม่สามารถเรียนรู้จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และไม่ปรับปรุงหรือพัฒนา ชิ้นงานให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป

ตาราง 27 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านนวัตกรรมจากการสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
1. คุณภาพของชิ้นงาน ด้าน พลังงานของเจลใน 1 หน่วยบริโภค	
ระดับทักษะ	ด้านพลังงานของเจลใน 1 หน่วยบริโภค
4 = ดีมาก	ใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไป *โดยชิ้นงานมีพลังงานทั้งหมด 90-150 kcal ต่อ 1 หน่วยบริโภค
3 = ดี	ใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป โดยชิ้นงานมีพลังงานทั้งหมด 90-150 kcal ต่อ 1 หน่วยบริโภค
2 = พอใช้	ใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นแหล่งให้พลังงานมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป โดยชิ้นงานมีพลังงานทั้งหมด 151-210 kcal ต่อ 1 หน่วยบริโภค
1 = ปรับปรุง	ชิ้นงานมีพลังงานไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
1. คุณภาพของชิ้นงาน ด้าน รัชชาติ	
ระดับทักษะ	ด้านรัชชาติ
4 = ดีมาก	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากรัชชาติเดิมของใบกรุงเขมาอย่างชัดเจน
3 = ดี	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น แต่ยังคงรัชชาติเดิมของใบกรุงเขมาอยู่บ้าง
2 = พอใช้	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แต่ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น และยังคงรัชชาติเดิมของใบกรุงเขมา
1 = ปรับปรุง	ไม่มีความสอดคล้องกับการออกแบบ ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้นและยังคงรัชชาติเดิมของใบกรุงเขมา

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
1. คุณภาพของชิ้นงาน ด้าน สี	
ระดับทักษะ	ด้านสี
4 = ดีมาก	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากสีเดิมของใบกรงเขมาอย่างชัดเจน
3 = ดี	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น แต่ยังคงมีสีเดิมของใบกรงเขมาอยู่บ้าง
2 = พอใช้	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แต่ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น และยังคงมีสีเดิมของใบกรงเขมาอยู่บ้าง
1 = ปรับปรุง	ไม่มีความสอดคล้องกับการออกแบบ ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น และมีสีไม่แตกต่างจากสีของใบกรงเขมา

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
1. คุณภาพของชิ้นงาน ด้าน กลิ่น	
ระดับทักษะ	ด้านกลิ่น
4 = ดีมาก	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น และแตกต่างจากกลิ่นเดิมของใบกรูงเขมาอย่างชัดเจน
3 = ดี	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แตกต่างจากเพื่อนร่วมชั้น แต่มีกลิ่นเดิมของใบกรูงเขมาอยู่บ้าง
2 = พอใช้	มีความสอดคล้องกับการออกแบบ แต่ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น และมีกลิ่นเดิมของใบกรูงเขมาอยู่บ้าง
1 = ปรับปรุง	ไม่มีความสอดคล้องกับการออกแบบ ซ้ำกับเพื่อนร่วมชั้น และมีกลิ่นไม่แตกต่างจากกลิ่นเดิมของใบกรูงเขมา

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
1. คุณภาพของชิ้นงาน ด้าน เนื้อสัมผัสแบบเจล	
ระดับทักษะ	ด้านเนื้อสัมผัสแบบเจล
4 = ดีมาก	เนื้อสัมผัสของชิ้นงานมีลักษณะกึ่งแข็งและกึ่งเหลวอย่างชัดเจน
3 = ดี	เนื้อสัมผัสของชิ้นงานมีลักษณะกึ่งแข็งและกึ่งเหลวบางส่วน
2 = พอใช้	เนื้อสัมผัสของชิ้นงานมีลักษณะกึ่งแข็ง หรือ กึ่งเหลว
1 = ปรับปรุง	เนื้อสัมผัสของชิ้นงานไม่มีลักษณะกึ่งแข็งและกึ่งเหลว

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
2. คุณภาพของบรรจุภัณฑ์ ด้าน การปกป้องชิ้นงาน	
ระดับทักษะ	ด้านการปกป้องชิ้นงาน
4 = ดีมาก	เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการบีบ กด หรือเขย่า บรรจุภัณฑ์ไม่เกิดความเสียหาย สามารถป้องกันเจลที่อยู่ภายในได้ และปิดได้สนิท
3 = ดี	เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการบีบ กด หรือเขย่า บรรจุภัณฑ์ไม่เกิดความเสียหาย สามารถป้องกันเจลที่อยู่ภายในได้ แต่ปิดได้ไม่สนิท
2 = พอใช้	เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการบีบ กด หรือเขย่า บรรจุภัณฑ์เกิดความเสียหาย สามารถป้องกันเจลที่อยู่ภายในได้ไม่สมบูรณ์ และปิดได้ไม่สนิท
1 = ปรับปรุง	เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล โดยการบีบ กด หรือเขย่า บรรจุภัณฑ์เกิดความเสียหาย ไม่สามารถป้องกันเจลที่อยู่ภายในได้ และได้ไม่ปิดได้สนิท

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
2. คุณภาพของบรรจุภัณฑ์ ด้าน ความสะดวกในการพกพา	
ระดับทักษะ	ด้านความสะดวกในการพกพา
4 = ดีมาก	บรรจุภัณฑ์ มีขนาดกระทัดรัดสามารถพกพาได้สะดวก มีขนาดพอดีกับปริมาณเจล เปิดรับประทานได้ง่าย เก็บรักษาได้สะดวกในกรณีที่ยังรับประทานไม่หมด
3 = ดี	บรรจุภัณฑ์ มีขนาดกระทัดรัดสามารถพกพาได้สะดวก มีขนาดไม่พอดีกับปริมาณเจล เปิดรับประทานได้ง่าย เก็บรักษาได้สะดวกในกรณีที่ยังรับประทานไม่หมด
2 = พอใช้	บรรจุภัณฑ์ มีขนาดกระทัดรัดสามารถพกพาได้สะดวก มีขนาดไม่พอดีกับปริมาณเจล เปิดรับประทานได้ยาก เก็บรักษายากในกรณีที่ยังรับประทานไม่หมด
1 = ปรับปรุง	บรรจุภัณฑ์ มีขนาดไม่กระทัดรัดทำให้พกพาไม่ได้สะดวก มีขนาดไม่พอดีกับชิ้นงานภายใน การเปิดรับประทานซับซ้อน และไม่สะดวกในการเก็บรักษากรณีที่ยังรับประทานไม่หมด

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
2. คุณภาพของบรรจุกภัณฑ์ ด้าน การดึงดูดผู้บริโภค	
ระดับทักษะ	ด้านการดึงดูดผู้บริโภค
4 = ดีมาก	บรรจุกภัณฑ์ มีสีสันสวยงาม ใช้ภาพประกอบที่สื่อถึงชิ้นงาน และมีฉลากบ่งบอกส่วนประกอบที่สำคัญ
3 = ดี	บรรจุกภัณฑ์ มีสีสันสวยงาม ใช้ภาพประกอบที่สื่อถึงชิ้นงาน แต่ไม่มีฉลากบ่งบอกส่วนประกอบที่สำคัญ
2 = พอใช้	บรรจุกภัณฑ์ มีสีสันสวยงาม แต่ใช้ภาพประกอบที่ไม่สื่อถึงชิ้นงาน และไม่มีฉลากบ่งบอกส่วนประกอบที่สำคัญ
1 = ปรับปรุง	บรรจุกภัณฑ์ สีสันไม่สวยงาม ใช้ภาพประกอบที่ไม่สื่อถึงชิ้นงาน และไม่มีฉลากบ่งบอกส่วนประกอบที่สำคัญ

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
3. การนำเสนอชิ้นงาน ด้าน รูปแบบการนำเสนอ	
ระดับทักษะ	ด้านรูปแบบการนำเสนอ
4 = ดีมาก	การนำเสนอน่าสนใจ แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้ดี
3 = ดี	การนำเสนอน่าสนใจ มีซ้ำกับกลุ่มอื่นบ้าง สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้
2 = พอใช้	การนำเสนอขาดความน่าสนใจ สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้น้อย
1 = ปรับปรุง	การนำเสนอไม่สอดคล้องกับชิ้นงาน และไม่สามารถดึงดูดความสนใจผู้ฟังได้

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
3. การนำเสนอชิ้นงาน ด้าน การพูด	
ระดับทักษะ	ด้านการพูด
4 = ดีมาก	พูดได้ชัดเจนต่อเนื่องเป็นธรรมชาติ โนม่น้ำวผู้ฟังได้ดี แสดงท่าทางและพูดด้วยน้ำเสียงที่เหมาะสมกับบทนำเสนอ
3 = ดี	พูดติดขัดบ้างบางช่วง แต่ยังพูดต่อได้ โนม่น้ำวผู้ฟังได้ แสดงท่าทางและพูดด้วยน้ำเสียงที่เหมาะสมกับบทนำเสนอ
2 = พอใช้	พูดติดขัดหลายช่วง ไม่เป็นธรรมชาติ โนม่น้ำวผู้ฟังได้น้อย ขาดความมั่นใจในการแสดงท่าทางและพูดด้วยน้ำเสียงที่ไม่เหมาะสมกับบทนำเสนอ
1 = ปรับปรุง	ไม่สามารถสื่อสารในสิ่งที่จะนำเสนอได้ ไม่เป็นธรรมชาติ ขาดความมั่นใจในการแสดงท่าทาง และพูดด้วยน้ำเสียงที่ไม่เหมาะสมกับบทนำเสนอ

ตาราง 27 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
นวัตกรรมจากการสร้างสรรค์	
3. การนำเสนอชิ้นงาน ด้าน การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	
ระดับทักษะ	ด้านการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง
4 = ดีมาก	ผู้นำเสนอและผู้ฟังมีการถาม – ตอบ ระหว่างการนำเสนอชิ้นงาน ผู้นำเสนอ สบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ และให้ผู้ฟังมีส่วนร่วมในการนำเสนอบ่อยครั้ง
3 = ดี	ผู้นำเสนอและผู้ฟังมีการถาม – ตอบ ระหว่างการนำเสนอชิ้นงาน ผู้นำเสนอ สบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ และให้ผู้ฟังมีส่วนร่วมในการนำเสนอบางครั้ง
2 = พอใช้	ผู้นำเสนอและผู้ฟังมีการถาม – ตอบ ระหว่างการนำเสนอชิ้นงาน แต่ผู้นำ เสนอไม่สบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ และไม่ให้ผู้ฟังมีส่วนร่วมในการนำเสนอ
1 = ปรับปรุง	ผู้นำเสนอและผู้ฟังไม่มีการถาม – ตอบ ระหว่างการนำเสนอชิ้นงาน ผู้นำเสนอ ไม่สบตาผู้ฟังระหว่างนำเสนอ และไม่ให้ผู้ฟังมีส่วนร่วมในการนำเสนอ



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณัฐริگانต์ คำชู
วัน เดือน ปี เกิด	26 ตุลาคม 2537
สถานที่เกิด	ปราจีนบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2550 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนมัธยมวัดใหม่กรงทองในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพ รัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อ.ศรีมหาโพธิ จ.ปราจีนบุรี พ.ศ. 2553 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนประจักษ์ราษฏรอำรุง อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พ.ศ. 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	37 ม.15 ต.หัวหว้า อ.ศรีมหาโพธิ จ.ปราจีนบุรี 25140
ผลงานตีพิมพ์	การเปรียบเทียบผลการพัฒนาแนวคิดทางเคมีเรื่องสารละลายโดยใช้การ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4