



ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Effect of STEM Education Approach on Biology Achievement,
Scientific Creativity and Instructional Satisfaction
of Grade 11 Students

อับดุลยามีน หะยีชาเดร์

Abdulyameen Hajeekhadae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Teaching Science and Mathematics
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Effect of STEM Education Approach on Biology Achievement,
Scientific Creativity and Instructional Satisfaction
of Grade 11 Students

อับดุลยามีน หะยีชาเดร์

Abdulyameen Hajeekhadae

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Education in Teaching Science and Mathematics
Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการ
เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้เขียน นายอับดุลยามีน หะยีซาเดร์

สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**คณะกรรมการสอบ**

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ) (ดร.ณัฐินี โมพันธ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ)

.....กรรมการ
(ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ) (ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ)

.....กรรมการ
(ดร.แววฤดี แววทองรักษ์) (ดร.แววฤดี แววทองรักษ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
และคณิตศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคล
ที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(นายอับดุลยามีน หะยีชาเดร์)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน
และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายอับดุลยามีน หะยีชาเดร์)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้เขียน	นายอับดุลยามีน หะยีซาเดร์
สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่กำลังศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.เมือง จ.ปัตตานี จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาใช้ระยะเวลาในการวิจัย 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย สำหรับแบบแผนในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้การทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

Thesis Title	Effect of STEM Education Approach on Biology Achievement, Scientific Creativity and Instructional Satisfaction of Grade 11 Students
Author	Mister Abdulyameen Hajeekhadæ
Major Program	Teaching Science and Mathematics
Academic Year	2016

ABSTRACT

This research aimed to study the effect of STEM Education approach on biology achievement, scientific creativity and instructional satisfaction of Grade 11 Students. The study recruited 48 students who were studying in grade 11/3 at Demonstration School Prince of Songkla University, Muang District, Pattani Province, Thailand, in the second semester of the 2016. The sample was selected by using the sample random sampling technique. They were instructed through STEM education approach. The duration of research was 18 hours. The research instruments consisted of a lesson plan designed based on STEM Education approach learning under the topic of structures and functions of plants, biology achievement test, scientific creativity test, instructional satisfaction test and researcher's field-note. The experimental research was conducted using one group via pretest-posttest design. Mean, standard deviation and t-test dependent group were employed in the data analysis.

The results findings were as follows: The students' mean score of the post-test on biology achievement and scientific creativity were higher than mean score of the pre-test at the statistical significance level of .01. and The students' satisfaction towards STEM Education approach was at the high level.

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยพระนามของอัลลอฮ์ ผู้ทรงกรุณาปรานี ผู้ทรงเมตตาเสมอ
 วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความประสงค์ของอัลลอฮ์. (ช.บ.) พระเจ้าผู้ทรง
 อภิบาลแห่งสากลโลก และด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์
 ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ ดร. แววลฤดี
 แววทองรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ
 ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีตลอดมา ขอขอบคุณ ดร.ณัฐินี โมพันธ์
 ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ กรรมการ
 ผู้ทรงคุณวุฒิสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้อง
 สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัยและให้
 ข้อเสนอแนะในการนำไปปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ได้
 ดูแลการทำวิจัยของนักศึกษาและจัดเตรียมสถานที่ที่ใช้ในการสอบตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณผู้บริหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตลอดจนอาจารย์
 และบุคลากรทุกท่าน โดยเฉพาะผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชมนา จักรอารี ที่เป็นอาจารย์พี่เลี้ยงที่คอยให้
 ความช่วยเหลือ อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจตลอดในช่วงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 และ 6/3 ที่ให้ความร่วมมือในการ
 ทดสอบกับเครื่องมือที่ทดลองใช้ (try - out) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ให้ความร่วมมือ
 ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ พี่ ๆ
 เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ฝึกประสบการณ์วิชาชีพทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์
 และคณิตศาสตร์ (สควค.) ภายใต้การดูแลของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่
 ให้โอกาสในการศึกษาต่อระดับปริญญาโทและมอบทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัวผู้วิจัยที่คอยห่วงใย เป็นกำลังใจ ช่วยเหลือ และ
 สนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยเสมอมา

เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอสรรเสริญเอกราชอัลลอฮ์. (ช.บ.) พระเจ้าผู้ทรงประทานคุณ
 ความช่วยเหลือ และประทานบททดสอบต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้วิจัยอดทนและฝ่าฟันกับทดสอบต่าง ๆ และ
 สามารถดำเนินการทำวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณประโยชน์ใด ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์
 ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา มารดา คณาจารย์ และสถาบันการศึกษาที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา มีส่วน
 ร่วมในการวางรากฐานการศึกษา อบรม และให้การสนับสนุนผู้วิจัยตลอดมา

อับลุลยามีน หะยีชาเดร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(5)
ABSTRACT.....	(6)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง.....	(10)
รายการภาพประกอบ	(11)
รายการแผนภูมิ	(12)
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ความสำคัญและประโยชน์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	10
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	26
การคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	32
ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	43
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	48
แบบแผนการวิจัย.....	48
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	49
การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ.....	49
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	57
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	59

4 ผลการวิจัย.....	63
ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา.....	63
ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา.....	65
ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	71
ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้.....	78
5 การอภิปรายผลการวิจัย.....	86
สรุปผลการวิจัย.....	90
อภิปรายผลการวิจัย.....	90
ข้อเสนอแนะ.....	99
บรรณานุกรม.....	101
ภาคผนวก.....	110
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ.....	111
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้.....	115
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	135
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือวิจัย.....	148
ภาคผนวก จ ภาพแสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	160
ประวัติผู้เขียน.....	167

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด.....	38
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์.....	39
3. ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ.....	52
4. เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	55
5. ระดับผลการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	64
6. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลัง การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	65
7. จำนวนและร้อยละของระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลัง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	66
8. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลัง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	71
9. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม.....	73
10. ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม.....	75
11. จำนวนและร้อยละของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่.....	79
12. ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในแต่ละองค์ประกอบ.....	80
13. ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับและอันดับความพึงพอใจ ของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	81

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. กรอบแนวคิดวิจัย.....	8
2. ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา.....	15
3. ระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา.....	19
4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process).....	21
5. หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ.....	31
6. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	50
7. ตัวอย่างใบงานที่ 1 และใบงานที่ 2	67
8. โครงสร้างภายในของลำต้นและรากของพืชที่ตัดตามขวาง ผลงานของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3.....	68
9. โครงสร้างภายในของพืช 2 ชนิด.....	68
10. ภาพพิมพ์ปากใบเปิด (ซ้าย) และปากใบปิด (ขวา) ผลงานของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3.....	69
11. ตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องปัจจัยภายในที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช.....	70
12. ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	85

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

รายการแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
1. คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	65
2. ระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	66
3. คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	71
4. คะแนนเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	71
5. ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยพิจารณาความถี่.....	79
6. ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ.....	80

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 1 บทนำ

ความเป็นมาของปัญหาและปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพ เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนา วิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1) ปัจจุบันเป็นโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างก็เข้ามามีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ด้านของสังคม อีกทั้งยังเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความเจริญก้าวหน้าของประเทศนั้น ๆ ด้วยความเจริญก้าวหน้านี้เกิดจากประชากรในประเทศที่กล้าคิดแตกต่าง คิดริเริ่มสร้างสรรค์ผสมผสานกับการใช้จินตนาการในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อสังคมโลก จึงทำให้มวลมนุษยชาติมีนวัตกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกกันอยู่ในโลกปัจจุบัน (วิจารณ์ พาณิช, 2555) จะเห็นได้ว่าความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อประเทศอย่างยิ่ง ประเทศใดมีบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นจำนวนมาก นับได้ว่ามีทรัพยากรบุคคลที่มีคุณค่าและมีความสำคัญต่อประเทศชาติซึ่งจะสามารถนำพาประเทศชาติของตนให้เกิดการพัฒนา และเจริญก้าวหน้าไปได้ในทุก ๆ ด้าน (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์, 2546: 31) ซึ่งสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่มุ่งเน้นการนำความคิดสร้างสรรค์ และการพัฒนานวัตกรรมเพื่อนำมาทำสิ่งใหม่ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจทั้งในเรื่องกระบวนการผลิต รูปแบบผลิตภัณฑ์ และบริการใหม่ ๆ โดยมียุทธศาสตร์สำคัญที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ยุทธศาสตร์ในแผนฯ 12 ได้แก่ ยุทธศาสตร์ที่ 1 การเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพทุนมนุษย์ เป็นการเสริมสร้างและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงาน และการใช้ชีวิตที่พร้อมเข้าสู่ตลาดงาน และยุทธศาสตร์ที่ 8 การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรม เป็นการพัฒนาให้เป็นผู้ประกอบการทางเทคโนโลยี ส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมด้านการออกแบบและการจัดการธุรกิจ อันจะนำประเทศไปสู่ ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม คือ ปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีมาช่วยพัฒนา และนำพาประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่มีรายได้สูงประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559: 2)

การที่จะให้ทุกคนดำรงชีวิตประจำวันอยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความสุขและมีประสิทธิภาพได้นั้น โดยเฉพาะในโลกของศตวรรษที่ 21 ดังนั้นในการจัดการศึกษาในปัจจุบัน จึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่าง ๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ประกอบด้วยทักษะด้านสารสนเทศ (Information Literacy) ทักษะด้านสื่อ (Media Literacy) ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communications and Technology Literacy) เป็นต้น (วิจารณ์ พานิช, 2555) แต่ปัญหาด้านการศึกษาของสังคมไทยตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษาพบว่า เป็นลักษณะการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายและการท่องจำที่สำคัญ มิได้ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ฝึกการศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเองขาดการส่งเสริมด้านการแสดงออกทางความคิด ขาดความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ไม่สามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหา หรือนำองค์ความรู้ วิทยาการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไปใช้อย่างเหมาะสม จึงเป็นเหตุให้สังคมไทยนิยมการเลียนแบบหรือคล้อยตาม (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์, 2546: 178) ซึ่งสอดคล้องกับสำราญ พวงมาลัย (2548) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาว่า เป็นการเรียนแบบเน้นการบรรยายเป็นหลัก จึงทำให้นักเรียนชีววิทยาขาดความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนมีความเห็นว่าวิชาชีววิทยาต้องเป็นเรียนแบบท่องจำ เมื่อจำไม่ได้ก็ท้อ เกิดความไม่ชอบเรียนรู้ขึ้นมาส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิชาชีววิทยา อีกทั้งยังส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่ำไปด้วย

โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายในเนื้อหาประกอบด้วย การศึกษาลักษณะของโครงสร้างหลักของพืชมีอวัยวะซึ่งประกอบด้วย ราก ลำต้น ใบ และดอก หน้าที่สำคัญของแต่ละอวัยวะของพืช การคายน้ำของพืช และกลไกการลำเลียงน้ำ สารอาหารและอาหารของพืช จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหาบทนี้มาก่อน นักเรียนให้ความเห็นว่า “เป็นเรื่องที่มีรายละเอียดที่ต้องจดจำเยอะ เนื้อหาที่มีความซับซ้อนและต้องแยกความแตกต่างของโครงสร้างภายนอกและภายในของราก ลำต้น และใบให้ได้ ถ้าครูผู้สอนสามารถสอนเนื้อหาเรื่องนี้โดยไม่ต้องสอนแบบบรรยายจะทำให้เนื้อหาเรื่องนี้ น่าสนใจยิ่งขึ้น”

จากการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาของผู้วิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 พบว่า เมื่อผู้สอนจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนออกแบบสร้างชิ้นงานหรือสร้างโมเดลต่าง ๆ ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างชิ้นงานได้ทันในเวลาที่กำหนดให้ แต่ชิ้นงานส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีความหลากหลาย นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คิดหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว จึงมักจะคิดออกแบบสร้างสรรค์ภายใต้แนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่ เพราะนักเรียนกังวล

ว่าชิ้นงานที่ตัวเองสร้างขึ้นอาจจะไม่เหมือนกับเพื่อน ๆ ส่วนใหญ่ในชั้นเรียนและอาจจะส่งผลให้ตัวเองได้รับคะแนนจากการประเมินที่น้อยตามไปด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า นักเรียนยังขาดการแสดงออกทางความคิด ไม่กล้าที่จะคิดหรือเสนอแนวทางที่แตกต่างไปจากเดิม ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาจึงต้องเน้นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด กระบวนการปฏิบัติ เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายรูปแบบ เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและสิ่งแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557: 2) และฝึกให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สังคมไทยในอนาคตเป็นสังคมที่มีความเจริญทางด้านนวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อารี พันธุ์ณี, 2545) ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวคนทุกคนสามารถส่งเสริมคุณลักษณะนี้ให้พัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรง เช่น การฝึกคิด การทำ ลงมือทำกิจกรรม การให้ความรู้ในทางอ้อม เช่น การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ การสร้างความปลอดภัยในการคิด เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในช่วงมัธยมศึกษาเป็นช่วงที่นักเรียนมีความคิดเป็นตัวของตัวเองสูง (Egocentric) ซึ่งเหมาะแก่การพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ (Torrance, 1992) รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการสืบเสาะ แสวงหาความรู้และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และค้นคว้าหาคำตอบเพื่อหาทางออก หรือเรียกว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ซึ่งบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเหมือนกับบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปคือ เป็นบุคคลที่มีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม (Moravesik, 1981)

ในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่ใช้ในการจัดการศึกษาคือ สะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ในการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความสำคัญต่อผู้เรียน คือส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมที่ใช้ความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผู้เรียนเข้าใจสาระและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์และคุณค่าของสิ่งที่เรียน สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานรัฐมนตรี กระทรวงศึกษาธิการ (2559) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการ คือ 1. เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้เชื่อมโยงหรือแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง 2. เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ 3. เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 อาทิ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม ตลอดจน

การรู้เท่าทันสื่อ และ 4. เพื่อหล่อหลอมคุณลักษณะนิสัยที่ดีให้แก่ผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นความรับผิดชอบ ความมีวินัย ซื่อสัตย์ อดทน เป็นต้น ในการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ในกรณีที่กิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลาไม่มาก หรือถ้ากิจกรรมนั้นใช้ระยะเวลายาว ครูอาจมอบหมายให้ ทำนอกชั้นเรียนร่วมด้วยก็ได้ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการมอบหมายให้ออกแบบชิ้นงานกลุ่ม หรือในรูปของ โครงการก็ได้ โดยมีการกำหนดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงสู่การบูรณาการความรู้ ของเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนตามความเหมาะสม เนื่องจากความรู้พื้นฐานของ การศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือเนื้อหาสาระตามหลักสูตรแกนกลางนั่นเอง ซึ่งครูควรยึด เนื้อหาสาระหลักนั้นเป็นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาสามารถจัดให้มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติได้ และ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่ได้เข้าไปแทนที่หรือเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของ หลักสูตร กล่าวคือการจัดการเรียนรู้จะกลมกลืนและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ใน เนื้อหาวิชา เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหา ความรู้และวิจัยด้วยตนเองผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง ส่งผลให้ ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจและอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นด้วย อันจะส่งผลให้ระดับผลการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (Diana, 2012; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557: 3-5)

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยากับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยให้นักเรียนใช้ความรู้เรื่องโครงสร้าง และหน้าที่ของพืชดอกมาสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่จะช่วยในการแก้ปัญหา ภายใต้ แนวคิด “Change เปลี่ยนไอเดียสร้างสรรค์ สร้างบรรจุกุณทรัพย์สิ่งแวดล้อม” ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่าง ยิ่งว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กับการ พัฒนาความรู้ทางด้านเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัว ทำทหายกับ การเผชิญสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม มีการร่วมกันคิดและลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน อัน จะส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

คำถามวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหรือไม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ความสำคัญและประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. นักเรียนได้พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา
3. ได้พัฒนานักเรียนให้เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรมในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 3 ห้องเรียนได้แก่ ห้อง ม.5/1 จำนวน 49 คน ห้อง ม.5/2 จำนวน 45 คน และห้อง ม.5/3 จำนวน 48 คน รวมทั้งสิ้น 142 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ตามหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. ตัวแปรในการวิจัย

4.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

4.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

4.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

5. ขอบเขตของระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาสอนทั้งหมด 18 ชั่วโมง จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

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

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของ

ชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ความรู้ ความสามารถของผู้เรียนที่สามารถวัดออกมาเป็นคะแนน ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบทดสอบดังกล่าวจะวัดความสามารถทั้งทางด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิต แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ได้หลายวิธีที่จะช่วยในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบเขียนตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จำนวน 3 ข้อ ข้อละ 10 นาที รวมเป็น 30 นาทีและเกณฑ์การประเมินตามกรอบแนวคิดของทอแรนซ์ (Torrance, 1992) ที่วัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน โดยให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน แต่ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน

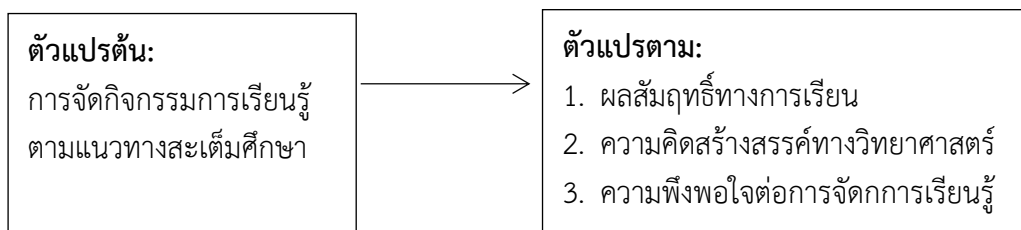
2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท โดยให้คะแนนกลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่ โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป โดยพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้องที่มีความแตกต่างและสอดคล้องกับคำถาม

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง ความรู้สึก และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 25 ข้อ ที่ครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทนักเรียน ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ และด้านรางวัลและประเมินผล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย



Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัยดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)
 - 1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 1.2 จุดเริ่มต้นของแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา
 - 1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา
 - 1.5 ความสำคัญของสะเต็มศึกษา
 - 1.6 การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน
 - 1.7 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.8 บทบาทของผู้สอนต่อการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.9 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.10 ประโยชน์จากการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2 การวัดและประเมินผล
 - 2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.4 คะแนนพัฒนาการ
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
 - 3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 3.4 เทคนิควิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์
 - 3.5 การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์
 - 3.6 การสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
 - 4.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 4.2 แบบวัดความพึงพอใจ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษาได้มีนักการศึกษาให้ความหมายแตกต่างกัน ดังนี้ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 49) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

มนตรี จุฬาวัฒนพล (2556: 16) ได้ให้ความหมายของของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ศานิกานต์ เสนีวงศ์ (2556: 30) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ

ชลธิป สมานิติ (2557: 1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาขาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไข้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นเตรียมพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557: 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ขณะเดียวกันก็ต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหา รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558: 201) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา (2559: ออนไลน์) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21

Tsupros (2009) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ ที่ผนวกแนวคิดทางวิชาการกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นบนโลก โดยนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ภายใต้บริบทที่มีความสัมพันธ์กับโรงเรียน ชุมชน ที่ทำงาน และบริษัทต่าง ๆ ในระดับโลก ทำให้นักเรียนสามารถที่จะพัฒนาความรู้และความเข้าใจด้านสะเต็ม และสามารถที่จะแข่งขันในเศรษฐกิจยุคใหม่ได้

Gonzalez and Kuenzi (2012) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ การเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและ คณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียน และไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องทางเทคนิค สามารถนำเนื้อหาความรู้ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Roberts (2013: 22-27) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies)

จากความหมายของสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

1.2 จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา

การพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่ท้าทายสำหรับผู้นำประเทศทั่วโลก สิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศมีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยี ควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การมีความรู้และทักษะในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อาจยังไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ทั้งหลายมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องใช้ต่าง ๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 51) ได้อธิบายจุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพโดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler., *et al.*, 2013) ผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) และทดสอบด้านคณิตศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของสหรัฐอเมริกานั้นต่ำกว่าหลายประเทศ คณะนักวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2003 รวมทั้งรายงานของ Phi Delta Kappan ที่ประเมินว่านักเรียนอเมริกันทำคะแนนได้ต่ำที่สุดในโจทย์แก้ปัญหา นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาที่ระบุว่าประชากรระดับคุณภาพที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์ และกำลังทำงานนั้นส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติมากกว่าเป็นชาวอเมริกันเอง นั่นหมายถึงการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา

ดังนั้นรัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่า ต้องพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยแห่งชาติ (National Research Council, 2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติที่นับได้ว่า เป็นชาติแรก ที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมกลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน โดยความคาดหวังว่านโยบายการศึกษาแบบ STEM Education นี้จะเป็นแนวทางที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวเพื่อช่วยยกระดับผลการทดสอบต่าง ๆ เช่น PISA ให้สูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพและส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาของชาติในด้านอื่น ๆ ได้ (Rachel, 2008) ซึ่งในการนำนโยบายลงสู่การปฏิบัตินั้นพบว่ารัฐบาล ได้ทุ่มเทงบประมาณด้าน STEM Education เป็นจำนวนมาก มีโรงเรียนต่างๆ ในเกือบ 40 รัฐ ที่ใช้ STEM Education มาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว (National Research Council of the National Academies, 2011)

นอกจากนี้ยังมีการประกาศใช้แผนการศึกษา Education to Innovate เพื่อเร่งกระตุ้นให้ STEM Education เป็นรูปธรรมและประสบผลสำเร็จ มีการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เช่น การประกาศแผนการสร้าง กลุ่มครูต้นแบบในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์โดยเรียกว่า STEM Master Teaching Corps ซึ่งนักการศึกษาเหล่านี้จะเป็นผู้นำในการศึกษาด้าน STEM Education จะเป็นผู้ที่ริเริ่มจุดประกาย ความคิดให้นักเรียน และช่วยให้กลุ่มสังคมของพวกเขาเจริญเติบโตมากขึ้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถานเอกอัครราชทูตไทยประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซี., 2555) นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ในประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจ STEM Education เช่นกัน เช่น ในประเทศจีน อินเดีย ฯลฯ โดยในปี 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคนซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก โดยจำนวนบัณฑิตที่จีนจะผลิตนั้นมีจำนวนเกินครึ่งของที่ทุกประเทศรวมกันผลิต ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของสถานการณ์ STEM Education ในอนาคตส่วนในประเทศไทยขณะนี้ภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ก็ได้ให้ความสำคัญและศึกษาแนวทางเพื่อจะได้ใช้ STEM Education ในการเรียนการสอนต่อไป

1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 50) และสภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council: NRC) ได้กล่าวถึงแนวคิดและลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1.3.1 เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

1.3.1.1 วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักใช้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้ วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียน ระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึก ทำทหายและเกิดความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

1.3.1.2 เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการวารสารนักบริหาร 50 Executive Journal ทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้น เทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

1.3.1.3 วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนา นวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3.1.4 คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึง การนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นๆที่สำคัญ ประการแรกคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและ คุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิต ศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิด คณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็ก หรือ การทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

1.3.2 เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาล จนถึงมัธยมศึกษาตอนปลายโดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา ให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียน สามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใด ก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศ สหรัฐอเมริกามีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

นอกจาก STEM Education จะเป็นการบูรณาการ ศาสตร์ทั้ง 4 สาขาดังกล่าว ข้างต้นแล้วยังเป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอีกด้วย ซึ่งจะทำให้การสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการทำงาน การเพิ่มมูลค่าและสามารถ สร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้

1.3.3 เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและ สอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

1.3.3.1 ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา

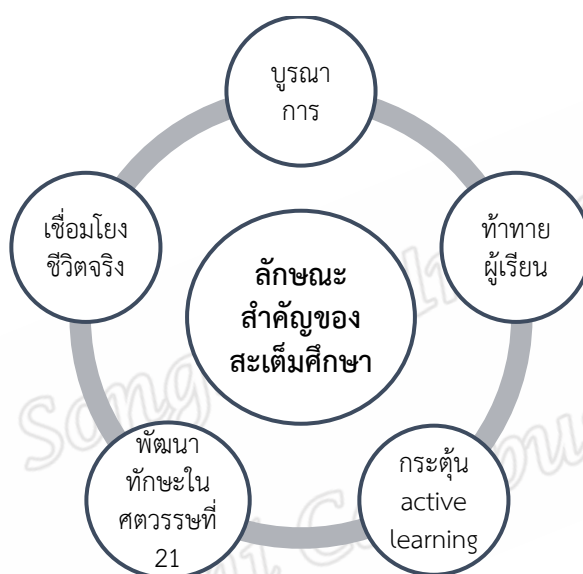
1.3.3.2 ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

1.3.3.3 ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มี ประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำ ตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากแนวคิดข้างต้นนักการศึกษา ก็ยังมีการบูรณาการศาสตร์อื่นประกอบเพื่อให้ การจัดการศึกษาสะเต็มศึกษานั้นครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน เช่น การจัดการศึกษา STEAM Education ที่มีการบูรณาการศิลปะ (A) ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอดหรือ ประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการยิ่งขึ้น อีกทั้งยัง สามารถสื่อสารความคิดของตนเองในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษา ท่าทางหรือการวาดภาพหรือการสร้างโมเดลจำลองทำให้ชิ้นงานนั้นมีความสวยงามเพิ่มขึ้น เกิดเป็น ชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งานและความสวยงาม (ยศวีร์ สายฟ้า, 2555)

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559 : 13) ได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 ประการ ได้แก่ (1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ (2) มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอคทีฟ (active learning) ของผู้เรียน (4) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ (5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต (ภาพประกอบ 2)

ภาพประกอบ 2 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ออนไลน์)

1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษาอาจมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อกล่าวถึงสะเต็มศึกษาในแต่ละท้องถิ่นก็มักจะอ้างอิงถึง STEM Literacy (การรับรู้สะเต็ม) ที่เป็นแกนหลักหรือเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนาผู้เรียน กล่าวคือ เป็นคุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องได้เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้ ซึ่ง Honey และคณะ (2014) เสนอแนะรายละเอียดเกี่ยวกับ STEM literacy ของผู้เรียนว่าผู้เรียนควรมี

1. ความตระหนักต่อบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสังคมหรือ ในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ผู้เรียนมีเข้าใจและสามารถอธิบายความสำคัญขององค์ความรู้ด้านสะเต็มที่มี ผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันในด้านต่าง ๆ
2. ความคุ้นเคยหรือคุ้นชินต่อหลักการหรือแนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ นั่นคือ ผู้เรียนสามารถแสดงความเชื่อมโยงของแนวคิดทางสะเต็มกับปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการ แนวความคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือในการทำงาน (อาชีพ) ต่าง ๆ ได้ นั่นคือ ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้าน สะเต็ม ในการแก้ ปัญหาได้อย่างเป็นเหตุและเป็นผล รวมทั้งเข้าใจความสำคัญของความรู้ด้านสะเต็ม ต่อการประกอบอาชีพ

นอกจากนี้ National Governor's Association (2009) ได้กล่าวถึงเป้าหมายหลัก ของสะเต็มศึกษา คือ การที่ผู้เรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการประยุกต์ความเข้าใจของตนเองในการศึกษาความ เป็นไปของโลกโดยใช้การบูรณาการความรู้จากทั้งสี่รายวิชาซึ่งความหมายของการรู้ด้านต่าง ๆ มี รายละเอียดดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลัก กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และโลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถ เชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาสาระระหว่างสาขาวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มี ทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) ความเข้าใจ และความสามารถใน การใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี (กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความ ต้องการของมนุษย์)

3. การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Literacy) ความเข้าใจการพัฒนาหรือ การได้มาของเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่ กับ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

4. การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วย ในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษาข้างต้นเป็นเพียงเป้าหมายกว้าง ๆ ส่วนเป้าหมายที่ เฉพาะเจาะจงนั้น นักการศึกษาได้พยายามกำหนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูนำไปใช้ในการกำหนด จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ซึ่งมอร์ริสัน (Morrison, 2006) ได้รวบรวมและสรุปเกี่ยวกับ เป้าหมายด้านผู้เรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ STEM ไว้ว่าผู้เรียนมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา ออกแบบ แนวทางการรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่

2. เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม (Innovators) ในการประยุกต์ใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

3. เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อ ตอบสนองความต้องการที่แท้จริง

4. เป็นนักพึ่งพาตนเอง (Self-reliant) ที่สามารถนำความคิดที่ริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ในการสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองให้สามารถให้สามารถทำงานได้

5. เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล (Logical thinkers) คือเข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

จะเห็นได้เป้าหมายในภาพรวมของสะเต็มศึกษานั้นคือมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ผลกระทบทั้งแง่บวกและแง่ลบของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในฐานะของพลเมืองที่มีความรับผิดชอบต่อสังคมผ่านกระบวนการคิดอย่างสร้างสรรค์ เป็นเหตุเป็นผล มีระบบและเป็นลำดับขั้นตอนโดยคำนึงถึงผลที่จะเกิดต่อสังคมทั้งในระดับปัจเจกบุคคล ชุมชนและระดับโลก

1.5 ความสำคัญของสะเต็ม (STEM) และสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ในสังคมโลกในขณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยความก้าวหน้าเทคโนโลยี การสื่อสารก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากมหาศาลอยู่ในแหล่งต่าง ๆ รวมถึงการที่ต้องแข่งขันกันเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจการค้าทำให้ทุกประเทศต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพสูงขึ้นเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันในตลาดแรงงานกับนานาชาติอารยะประเทศได้ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการปรับหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต ส่วนของผู้สอนและผู้เรียนก็ต้องมีปรับเปลี่ยนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นในการเป็นผู้สอนและผู้เรียนสำหรับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ซึ่งกำลังเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจกล่าวถึงกันอย่างมากในวงวิชาการ

สำหรับประเทศไทย คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ สภานิติบัญญัติแห่งชาติ (2558: 6-7) ได้กล่าวถึงความสำคัญของสะเต็ม (STEM) และสะเต็มศึกษา (STEM Education) ว่าประเทศไทยยังให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมน้อยมาก ทำให้ขาดองค์ประกอบที่สำคัญต่อการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจที่เป็นรูปธรรม และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางนวัตกรรมและความรู้ที่ยั่งยืนสังคมไทยไม่ได้ใช้ความรู้และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการตัดสินใจแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจและสังคม หรือภัยพิบัติต่าง ๆ โครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ไม่เพียงพอและเชื่อมโยง ขาดช่องทางการเข้าถึงที่มีประสิทธิภาพ การผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมไม่เพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ ขาดการมีส่วนร่วมของภาคการผลิต ทำให้มีข้อจำกัดในการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ระบบข้อมูลไม่ครบถ้วนไม่ถูกต้อง ไม่บูรณาการ และเข้าไม่ถึง จึงจำเป็นต้องมีการปฏิรูประบบการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมอย่างเร่งด่วน

โจทย์ที่สำคัญและท้าทายรัฐบาลในปัจจุบันและอนาคตคือการก้าวพ้นกับดักประเทศรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) ในขณะเดียวกันประเทศไทยที่กำลังจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ทำให้มีสัดส่วนของประชากรในวัยทำงานลดลง การออกจากกับดักที่ต้องเพิ่มรายได้

ต่อหัวประชาชาติด้วยจำนวนแรงงานลดลงนี้ จำเป็นต้องเพิ่มทักษะและคุณภาพของแรงงานด้านสะเต็มศึกษา น่าจะเป็นคำตอบที่จะสามารถช่วยเพิ่มการสร้างผลผลิต (Productivity) ของประเทศขึ้นได้ เพราะสะเต็มศึกษาจะสามารถช่วยสร้างทักษะด้านสะเต็มให้แก่เยาวชนในระบบการศึกษาผลิตกำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ตลอดจนช่วยยกระดับทักษะขีดความสามารถทางเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมของประชากรในวัยทำงาน (Career Development) อีกด้วย โดยเฉพาะแรงงานในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อให้บริษัทเหล่านี้สามารถพัฒนาไปสู่บริษัทที่มีทักษะและความสามารถที่จะผลิตสินค้าคุณภาพสูงได้ ประเทศไทยจำเป็นต้องยกระดับการลงทุนทางการวิจัยและพัฒนา จะต้องยกระดับขึ้นไปอีกระดับ จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบการผลิตกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อรองรับการลงทุนนี้ ไม่เพียงแต่ในสถาบันอุดมศึกษาหรืออาชีวศึกษา แต่จำเป็นต้องเริ่มพัฒนากำลังคนในการสร้างความรู้ความเข้าใจและแรงบันดาลใจให้แก่ผู้เรียนระดับประถมศึกษา จะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนรู้ โดยครูจะต้องสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ ตั้งคำถามแล้วหาคำตอบด้วยตนเอง รวมทั้งสามารถทำงานเป็นกลุ่มในระดับมัธยมศึกษาจะต้องนำสะเต็มศึกษามาใช้มากขึ้น ดังนั้น การเรียนการสอน วิธีการวัดผลสำหรับสะเต็มศึกษาจะต้องปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนจากการเรียนทฤษฎี เพียงอย่างเดียวเป็นการเรียนที่มีการลงมือปฏิบัติมากขึ้น ในระดับอุดมศึกษาก็ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การผลิตวิศวกรในปัจจุบันมุ่งเน้นการทำงานในโรงงานนั้น พบปัญหาว่าวิศวกรเหล่านี้ ทำงานได้เพียงระดับปฏิบัติการทั่วไป แต่ความสามารถในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ยังไม่มากนัก อาจเนื่องมาจากความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอหรือเหมาะสม การใช้สะเต็มศึกษาน่าจะช่วยให้วิศวกรเข้าใจและมีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นในการนำไปสร้างพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ หรือสรรค์สร้างนวัตกรรมต่าง ๆ เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการเชื่อมต่อองค์ความรู้และการนำงานวิจัยไปสู่การใช้จริงได้

1.6 การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน

การนำแนวคิดแบบสะเต็มศึกษาลงสู่ภาคปฏิบัติในชั้นเรียน สามารถทำได้ในรูปของการบูรณาการด้านเนื้อหา ทักษะปฏิบัติการ กิจกรรมการเรียนรู้ หรือการประยุกต์ความรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งแบบแยกรายวิชา และแบบรวมรายวิชา ตามข้อเสนอแนะของเขมวดี พงศานนท์ (2557) ดังนี้

1.6.1 ระดับการบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่ชั้นเรียน การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา (Contents) และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทาง วิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์

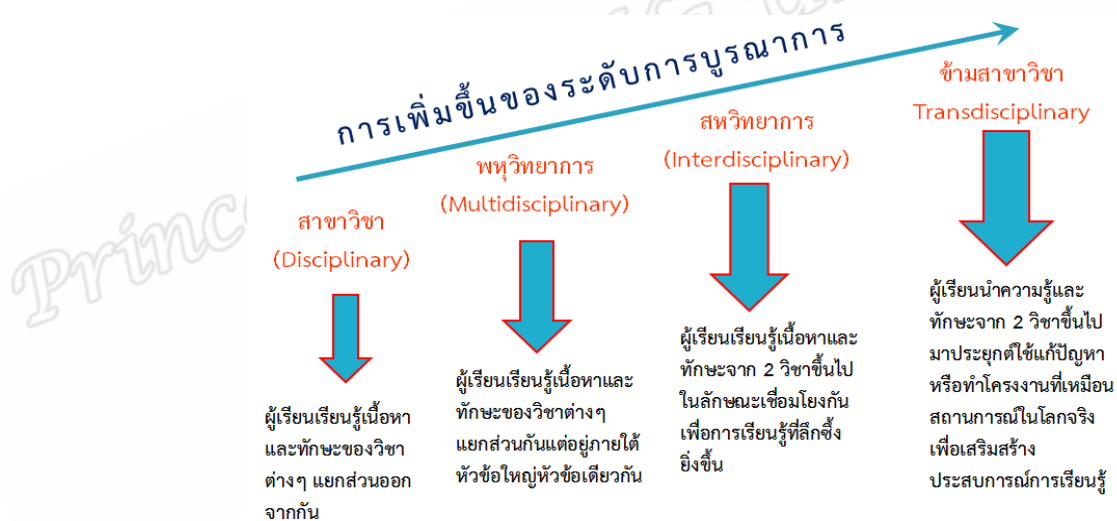
1.6.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้าน เนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์ แต่ได้มีการกำหนดหัวข้อหลัก (theme) หรือหัวข้อเรื่องที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้

1.6.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงานช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกัน เป็นการรวมกันมากกว่า 1 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

1.6.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่างๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา (disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (multidisciplinary integration), การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary integration) และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (transdisciplinary integration) (ภาพประกอบ 3)

ภาพประกอบ 3 ระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา



ที่มา: Vasquez, J. A., Snelder, C. and Comer, M. (2013: 1)

1.7 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จาร์ส อินทลาภพร และคณะ (2558: 64) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายได้แก่

1.7.1 จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

1.7.2 จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงการที่ตนเองสนใจโดยร่วมกันสำรวจสังเกตและกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจมีการวางแผนในการทำโครงการร่วมกันโดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่แล้วเขียนรายงานและนำเสนอต่อสาธารณชนและนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

1.7.3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็มคือ การผนวกแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National Research Council, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุปัญหา (Identify problem) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะเจออาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนที่ไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการ ซึ่งได้แก่

- 2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

- 2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหามักพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนที่ไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหามักต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้

ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อ แก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มี ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งใน กระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพ ตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอ ข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ (ภาพประกอบ 4)

ภาพประกอบ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)



ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ออนไลน์)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งมีทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

1.8 บทบาทของผู้สอนต่อการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

จาร์ส อินทลาภาพร และคณะ (2558: 64-65) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้

1.8.1 จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นตันทื่นน่าสนใจสนุกสนานมีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

1.8.2 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ทำทลายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

1.8.3 จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

1.8.4 จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระได้แก่สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีโดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

1.8.5 จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

1.8.6 เป็นผู้โค้ช (Coach) หรือเป็นที่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

1.8.7 ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

1.8.8 ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลองโดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

1.9 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนและตัวผู้สอนที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557: 17-20) มีดังนี้

1. การประเมินจากสภาพจริง

1.1 ความหมายของการประเมินจากสภาพจริง คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดขั้นระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธี ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องในชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

1.2 ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1.2.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

1.2.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

1.2.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.2.4 เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้านและหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

1.2.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

1.2.6 เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

1.2.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

1.3 วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและการประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริง ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม

1.3.2 ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน

1.3.3 การสัมภาษณ์

1.3.4 บันทึกของผู้เรียน

- 1.3.5 การประชุมหรือปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู
- 1.3.6 การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ
- 1.3.7 การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ
- 1.3.8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มสะสมงาน
- 1.3.9 การทดสอบ

1.4 แนวการประเมินตามสภาพจริง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการประเมินตามสภาพจริงให้ความสำคัญต่อการประเมินโดยใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบน้อยมาก แต่ให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม งานหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำ ซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงานและมีวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง คำตอบที่ได้อาจมิใช่แนวทางที่กำหนดไว้เสมอไป จึงทำให้การตรวจให้คะแนนไม่สามารถให้ได้อย่างชัดเจนแน่นอนเหมือนการตรวจให้คะแนนแบบข้อสอบเลือกตอบ ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริงจึงต้องมีการกำหนดแนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางอาจจัดทำโดยครู คณะครูหรือครูและผู้เรียนกำหนดร่วมกัน แนวทางการประเมินนั้นจะต้องมีมาตรวัดว่า ผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จและระดับความสำเร็จอยู่ในระดับใด แนวทางการประเมินที่มีมาตรวัดนี้เรียกว่า รูบริก (Rubric)

1.5 การประเมินโดยอิงรูบริกนี้โดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

- 1.5.1 การประเมินเป็นภาพรวม (Holistic score) เป็นการประเมินภาพรวมของงาน จะไม่เก็บเป็นคะแนน แม้ว่าจะใช้การให้คะแนนในการประเมินก็ต้องให้ความหมายของภาพรวมให้ได้
- 1.5.2 การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analysis score) เป็นการประเมินเพื่อวิเคราะห์ว่า ผลงานของผู้เรียนสามารถประเมินอะไรได้บ้าง แต่ละประเด็นผู้เรียนมีความสามารถอยู่ในระดับใด

นอกจากนี้ Edward (2013: 12-15) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) ในการสอนวิทยาศาสตร์ผู้สอนสามารถประเมินผู้เรียนดังนี้คือ
 - 1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ 20 ข้อ
 - 1.2 การปฏิบัติทดลอง
 - 1.3 การรายงานผลการทดลอง
 - 1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง
2. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของผู้เรียนดังนี้คือ
 - 2.1 การระดมความคิด
 - 2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ
 - 2.3 การทำงานเป็นทีม

สรุปได้ว่าในการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้สอนควรใช้การประเมินหลายครั้งคือประเมินก่อนเรียนระหว่างเรียนและประเมินหลังเรียนการประเมินระหว่างเรียนผู้สอนทำได้โดยการใช้คำถามการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนการประเมินตนเองและการประเมินจากเพื่อนและการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนดส่วนการประเมินหลังเรียนผู้สอนสามารถประเมินโครงการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

1.10 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ศิริลักษณ์ ชาวบัวลุ่ม (2558: 45) ได้อธิบายข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อประเทศและผู้เรียนในสังคมต่าง ๆ ดังนี้

1.10.1 สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมความเท่าเทียมกันทางการศึกษา เนื่องจากมีข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าตลอดระยะเวลามากกว่า 25-ปีที่ผ่านมากระบวนการศึกษาโดยทั่วไปจะส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายเนื่องจากแนวคิดของเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ จะเน้นที่เป็นภาคทฤษฎีมากกว่า (Verbal concepts) แต่สะเต็มศึกษาได้รับการออกแบบมาโดยมีเป้าหมายการสอนให้เกิดความเท่าเทียมกันทั้งสองเพศโดยมีเป้าหมายสูงสุดคือการเป็นสมาชิกของสังคมที่ประสบความสำเร็จ

1.10.2 สะเต็มศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันทั้ง 4 รายวิชาเข้าด้วยกันอย่างเป็นองค์รวม แทนการเรียนรู้แบบแยกส่วน ซึ่งความสามารถที่เกิดจากรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้เป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยผู้เรียนที่จบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทางด้าน STEM นั้นมีโอกาสเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและโอกาสในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM สูงโดยที่มีการคาดการณ์กันว่าประมาณร้อยละ 80 ของอาชีพในทศวรรษหน้าจะเป็นอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

1.10.3 สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์และกระบวนการใหม่ ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งนวัตกรรมที่เกิดขึ้นล้วนมีพื้นฐานมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาด้าน STEM ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาคุณลักษณะ ค่านิยม (Habits of mind) ที่พึงประสงค์สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นสำหรับทศวรรษที่ 21 สอดคล้องกับคำที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นตัวเร่งให้เกิดการบูรณาการเนื้อหาด้าน STEM ที่ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศ

1.10.4 สะเต็มศึกษาช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคตดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบความพร้อมในการศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยและความพร้อมในการประกอบอาชีพ (ACT College and Career Readiness) ประจำปี ค.ศ.2010 พบว่า มีนักเรียนเพียงร้อยละ 29 ที่มีความพร้อมที่จะเข้าศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษาและร้อยละ 43 ที่มีความ

พร้อมที่จะเข้าศึกษาในด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งหากภาครัฐไม่เร่งพัฒนาสะเต็มศึกษา สหรัฐอเมริกาก็มีแนวโน้มที่จะขาดแคลนแรงงานด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ในอนาคตอันใกล้

จะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่สำคัญและได้รับการสนับสนุนจากองค์กรต่างๆ มากมายโดยมีจุดประสงค์สำคัญคือ การแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นอาชีพที่จะพัฒนาไปอย่างรวดเร็วในอนาคต และเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรที่เป็นกำลังสำคัญในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้และเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่หากพิจารณาข้อดีภายใต้ข้อจำกัดนี้แล้วจะพบว่า ความไม่ชัดเจนนี้เปิดโอกาสให้ครูผู้สอนสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ตามความเข้าใจของตนเอง โดยไม่มีกรอบใด ๆ มาบังคับ ทั้งนี้เพื่อบรรลุเป้าหมายสูงสุดร่วมกันคือ การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองของชาติที่มีการรู้ด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนการสอนของครู โดยครูต้องศึกษาแนวทางในการวัดและประเมินผล ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์ ยินดีสุข (2548: 125) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549: 42) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออกมาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

2.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัดการเรียนรู้อิงภาพรวม การประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วย การประเมินความเข้าใจ กระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ซึ่งความก้าวหน้าด้านต่างๆ ของผู้เรียนจะส่งผลต่อจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้

การวัดและประเมินผลตาม Bloom's Revised Taxonomy ของ Anderson and Krathwoh (2001, อ้างถึงใน พิเศษฐ ตันทวนิช 2558, 19) ได้กล่าวว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการทำการวัดและประเมินมีดังนี้

1. การจำ (remembering) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาไว้ในสมอง พฤติกรรมการเรียนรู้ในส่วนนี้มุ่งวัดความสามารถในการจัดเก็บข้อความ (retention) ไว้ในตัวผู้เรียน สามารถแยกย่อยได้เป็น 2 ส่วนคือ

1.1 การจำได้ (recognizing) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ในลักษณะของการระบุแยกได้ว่า สิ่งเร้าที่เข้ามามีระดับต้นต้นนั้น หมายถึงหรือมีความหมายว่าอย่างไร

1.2 การระลึกได้ (recalling) หมายถึงการที่บุคคลสามารถย้อนระลึกนึกไปถึงสาระต่างๆ ที่ตนเคยประสบมา โดยไม่มีสิ่งเร้าใด ๆ มาเป็นตัวช่วยกระตุ้นความจำทันทีในขณะนั้น เป็นส่วนความจำระยะยาวในสมองของนักเรียน

2. ความเข้าใจ (understanding) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสื่อสารข้อความที่ตนได้รับรู้มาให้บุคคลอื่นได้รับทราบถึงข้อความนั้นด้วยวิธีการสื่อสารที่เป็นของตนเอง โดยอาจนำเสนอเป็นถ้อยคำ ภาษาเขียน ท่าทาง สัญลักษณ์ รูปภาพหรือวิธีการอื่นใดด้วยวิธีการที่เป็นของตนเอง ความเข้าใจถือได้ว่าเป็นจุดตั้งต้นของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยที่กระบวนการจัดการศึกษาคาดหวังว่าควรเกิดขึ้นกับผู้เรียน พฤติกรรมของความเข้าใจเน้นตรงการที่ผู้เรียนต้องสามารถสื่อความหมายของสาระบทเรียนที่ตนได้รับรู้มา ให้ปรากฏออกในลักษณะของการสื่อสารในลักษณะต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดสาระที่ตนรับรู้ได้ไปยังบุคคลซึ่งเป็นผู้รับให้สามารถรับสาระดังกล่าวได้อย่างถูกต้องตรงตามความหมายของสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจแบ่งออกได้เป็น 7 ส่วนย่อยคือ

2.1 การตีความ (interpreting) หมายถึงความสามารถของบุคคลในการสื่อความหมายเรื่องใดเรื่องหนึ่งในรูปแบบใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิมแต่คงความหมายเท่าเดิม เช่น อาจเปลี่ยนแปลงจากถ้อยคำเป็นถ้อยคำใหม่ ถ้อยคำเป็นสัญลักษณ์ สัญลักษณ์เป็นถ้อยคำ ถ้อยคำเป็นภาพ หรือภาพเป็นถ้อยคำ เป็นต้น

2.2 การยกตัวอย่าง (exemplifying) หมายถึงความสามารถที่บุคคลยกตัวอย่างหรือกรณีเฉพาะที่ สอดคล้องกับสิ่งที่เรียนรู้มาเพื่อให้บุคคลอื่นรับรู้ได้

2.3 การจัดประเภท (classifying) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจัดประเภทสิ่งของปรากฏการณ์ใด ๆ ตามเกณฑ์การจัดประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

2.4 การสรุปความ (summarizing) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจัดหาข้อความสั้น ๆ เพื่อแทนถ้อยคำหรือสาระเรื่องราวใด ๆ ที่มีเป็นจำนวนมาก ๆ โดยคงเนื้อความเดิมที่สำคัญไว้

2.5 การอ้างอิง (inferring) หมายถึงการที่ผู้เรียนสามารถจับรูปแบบ หรือแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้และใช้รูปแบบหรือแบบแผนดังกล่าวในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นการเพิ่มเติม

2.6 การเปรียบเทียบ (comparing) หมายถึงการที่บุคคลสามารถจับประเด็นเทียบเคียงความเหมือน และความแตกต่างของวัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ หรือพฤติกรรมใด ๆ จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ ในภาวะสามารถเทียบเคียงกันได้

2.7 การอธิบาย (explaining) หมายถึงความสามารถของบุคคลที่จะถ่ายทอดเรื่องราว ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือความเห็นใด ๆ ให้บุคคลอื่นได้รับรู้โดยวิธีการสื่อสารทางใดทางหนึ่ง เช่น การพูด การเขียน การใช้ท่าทาง หรือภาษาสัญลักษณ์ โดยการนำเสนอถ่ายทอดดังกล่าว นั้น โดยผู้นำนเสนอใช้วิธีการถ่ายทอดที่เป็นของตนเอง

3. การปรับใช้ (applying) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่ตนได้เรียนรู้ไปใช้ แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ตนต้องเผชิญหรือในชีวิตจริง ทั้งนี้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้น จะต้องเป็นสถานการณ์ที่มีความใหม่หรือต่างไปจากเดิม (หากสถานการณ์ที่กำหนดหรือเกิดขึ้นเป็นสถานการณ์ที่บุคคลคุ้นเคยแล้วเป็นอย่างมาก ก็จะเป็นลักษณะของพฤติกรรมการจำและความรู้ที่เป็นขั้นตอนการดำเนินการ) การปรับใช้แบ่งออกได้ เป็น 2 ส่วนย่อยดังนี้

3.1 การลงมือกระทำการตามขั้นตอน (executing) หมายถึง การกระทำที่บุคคลลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาใด ๆ ไปตามขั้นตอนการดำเนินการที่ตนเรียนรู้มา โดยมีลักษณะบางส่วนของปัญหาที่ผู้เรียนคุ้นเคย (familiar task) มาก่อน ลักษณะการดำเนินการมุ่งเน้นไปในทางด้านทักษะและโครงสร้างขั้นตอนการดำเนินการ (skills and algorithms) เป็นสำคัญ

3.2 การประยุกต์ (implementing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่คิดดำเนินการแก้ปัญหาที่ตนต้องประสบโดยปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ตนไม่คุ้นเคย (unfamiliar tasks) หรือมีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากสภาพที่ตนเคยเรียนรู้มา และสภาพการแก้ปัญหาดังกล่าวไม่มีแบบแผนของคำตอบที่แน่นอนตายตัวหรืออาจมีแบบแผนการแก้ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งแบบ แต่วิธีการที่เลือกนำเสนอสมควรจะต้องเป็นวิธีการที่มีประสิทธิผล ประสิทธิภาพ และสามารถดำเนินการได้จริง (effectiveness, efficiency and affordability)

4. การวิเคราะห์ (analyzing) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะพิจารณาแยกแยะเรื่องราว หรือปรากฏการณ์ใด ๆ แล้วสามารถหึ่งถึงเบื้องหลัง ความเป็นมาเป็นไปหรือส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียดที่ประกอบด้วยกันเข้าเป็นสิ่งนั้น โดยการพิจารณาดังกล่าวเกิดจากบุคคลใช้ปัญญาของตนคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถรับรู้ได้ การวิเคราะห์เป็นความสามารถด้านสมองที่มีความจำเป็นมากในกรณีที่ต้องการสอนให้คนรู้จักคิด รู้จักหาเหตุผลมาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแยกย่อยได้เป็น 3 ลักษณะ

4.1 การชี้ระบุลักษณะสำคัญ (differentiating) หมายถึง การที่บุคคลสามารถระบุเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ที่มุ่งศึกษานั้นว่า มีสาระใดบ้างเป็นส่วนสำคัญ หรือการชี้ระบุองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งนั้น ให้เห็นได้ชัดเจน

4.2 การชี้ระบุระบบความสัมพันธ์ (organizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเรื่องราว ปรากฏการณ์หรือการใช้เหตุผลใด ๆ ว่า สิ่งดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

4.3 การชี้ระบุคุณสมบัติภายใน (attributing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถหึ่งเห็นถึงแนวคิด เจตนา หรือความตั้งใจที่ซ่อนอยู่ภายในของปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น

5. การประเมิน (evaluating) หมายถึง การลงข้อตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าให้กับกิจกรรมสิ่งของการกระทำ หรือปรากฏการณ์ใด ๆ ไปตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้การประเมินจะเกิดขึ้นนั้นต้องเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่า ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย

5.1 การตรวจสอบ (checking) หมายถึง การพิจารณาว่า ขั้นตอนการดำเนินงานใด ๆ กับผลลัพธ์ที่ได้ หรือขั้นตอนการดำเนินงานนั้น ๆ มีความสอดคล้องคงที่ภายในหรือไม่ รวมทั้งมีคุณสมบัติหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่

5.2 การลงข้อตัดสิน (critiquing or judging) หมายถึง การลงข้อประเมินให้กับผลผลิตหรือกระบวนการใด ๆ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และมาตรฐานภายนอกที่ได้รับการกำหนดล่วงหน้าหรือไม่อย่างไร

6. การสร้างสรรค์ (creating) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะคิด พัฒนา ประดิษฐ์สร้างหรือจัดกระทำสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น โดยผลงานดังกล่าวนั้นเกิดจากความคิดของตัวผู้สร้างเอง โดยมีได้ลอกเลียนงานของบุคคลใด ๆ มาในลักษณะของการลอกทั้งชิ้นงาน หรือการสร้างสรรค์หมายถึงการนำเอาสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นส่วนย่อยมาผูกพันประสานให้เกิดขึ้นเป็นผลงานชิ้นใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งสามารถแยกย่อยออกได้เป็น 3 ส่วนย่อย

6.1 การจัดกระทำใหม่ (generating or hypothesizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถให้ข้อเสนอแนะชี้แนะในแนวทางการพัฒนา สร้างสรรค์หรือเห็นแนวทาง ขั้นตอนในการจัดกระทำใหม่ให้กับปัญหาหรือ ขั้นตอนการดำเนินการใด ๆ ที่มีอยู่ โดยอาศัยแนวทางพื้นฐานวิธีการเดิมที่มีอยู่เป็นฐานและแนวคิดในการแก้ไข พัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิม

6.2 การวางแผน (planning) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการจัดลำดับขั้นตอนหรือสามารถกำหนดสิ่งที่จะต้องดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาหรือกระทำการบางอย่างให้ลุล่วงไปเพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการในกาลข้างหน้า

6.3 การสร้างและพัฒนา (producing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการที่ใช้ความสามารถ ทางสมองของตนในการคิดค้น เขียน สร้าง วาด หรือพัฒนาสิ่งใหม่ให้เกิดขึ้น โดยการกระทำดังกล่าว ผู้สร้างใช้ ความสามารถความคิดของตนเองเป็นสำคัญ มิได้เกิดจากการลอก หรือเลียนแบบผลงานของบุคคลอื่นมาทั้งหมด หรือลอกมาแทบทุกส่วน

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545: 96) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สิริพร ทิพย์คง (2545: 193) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมรรถภาพต่าง ๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547: 59) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงแบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้มี 6 แบบดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และเขียนข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false test) คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดั้งกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short answer test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ดแล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรโดยหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้พิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน

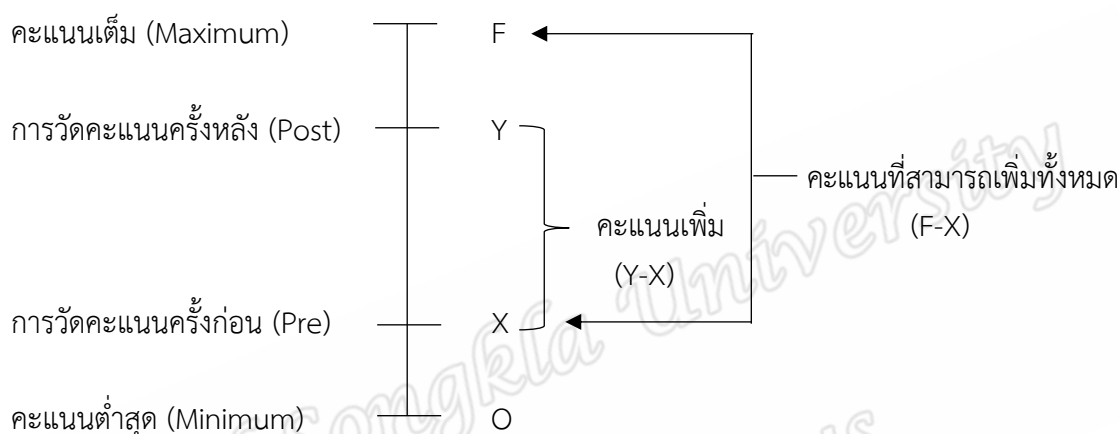
ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Bloom's Revised Taxonomy ได้แก่ ด้านการจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการปรับใช้ และด้านการวิเคราะห์

2.4 คะแนนพัฒนาการ

คะแนนพัฒนาการ (gain score) คือ ค่าที่เป็นตัวเลขจากการเปรียบเทียบผลการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป การวัดพัฒนาการของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่ผู้สอนดำเนินการได้ตั้งแต่ก่อนเรียน ในช่วงระหว่างเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียน ผลจากการวัดบอกถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน ดังนั้น การวัดพัฒนาการของผู้เรียนรายบุคคล จึงต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ เป็นการวัดพฤติกรรมเดียวกันของผู้เรียนคนเดิม และเป็นการวัดต่อเนื่องในแต่ละช่วงระยะเวลา

ศิริชัย กาญจนวาสี (2557: 12) ได้เสนอการคำนวณคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนที่พิจารณาจากคะแนนเพิ่มหรือคะแนนผลต่าง (Y-X) ที่ได้จากการวัดครั้งแรก (X) และการวัดครั้งหลัง (Y) มักประสบปัญหาจากอิทธิพลเพดาน (Ceiling Effect) เนื่องจากกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถสูง เช่น กลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลางโดยเฉลี่ยแล้วจะมีคะแนนการวัดครั้งแรกที่สูงกว่ากลุ่มอ่อน เมื่อมีการวัดครั้งหลังโอกาสที่คะแนนครั้งหลังจะสูงขึ้นได้เพียงได้นั้นจะถูกกำหนดโดยเพดาน (คะแนนเต็ม) ทำให้คะแนนเพิ่มของกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่ากลุ่มอ่อน (ภาพประกอบ 5)

ภาพประกอบ 5 หลักการคำนวณคะแนนพัฒนาการ



ที่มา: ศิริชัย กาญจนวาสี (2557: 12)

การประมาณคะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถคำนวณได้จากสูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score) โดยมีสูตรและวิธีการวัดดังนี้

$$GS\% = \frac{(Y-X)}{(F-X)} \times 100$$

เมื่อ	GS%	หมายถึง	คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (คิดเป็นร้อยละ)
	F	หมายถึง	คะแนนเต็มของการวัดทั้งครั้งแรกและครั้งหลัง
	X	หมายถึง	คะแนนการวัดครั้งแรก
	Y	หมายถึง	คะแนนการวัดครั้งหลัง

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity)

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523: 4) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงความสามารถในการผลิตและกระทำให้สิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์และแปลกใหม่จากความคิด หรือการกระทำของคนอื่น อย่างที่ไม่คาดคิดมาก่อน

สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ (2537: 56) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 2 ลักษณะ คือความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว และถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลกใหม่และมีคุณค่ากล่าวคือ ใช้ได้ โดยมีคนยอมรับ ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการคือการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของ หรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล บุคคลนั้นต้องเป็นคนที่มีความแปลก เป็นตัวของตัวเอง เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง มีความยืดหยุ่น และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้

อารี พันธุ์มณี (2537 : 25) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอ่อนกนัย อันนำไปสู่การคิดพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแต่คิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่ เป็นเหตุผล เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่คิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับ ความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือเรียกว่า เป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเอง จึงจะทำให้เกิดผลงาน

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2544: 2) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงการขยายขอบเขตความคิดออกไปจากกรอบของความคิดเดิมที่มีอยู่ ไปสู่ความคิดใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดให้กับปัญหาที่เกิดขึ้น

Torrance and Myers (1962: 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดผลิตผลหรือสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของตนเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ และสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นนี้อาจออกมาในรูปผลิตผลทางศิลปะ วรรณคดี วิทยาศาสตร์ หรืออื่น ๆ รวมทั้งอาจเป็นวิธีการหรือกระบวนการในการปฏิบัติ

Wallach and Kogan (อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี, 1994) เชื่อว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นการคิดแบบโยงสัมพันธ์ กล่าวคือบุคคลที่มีการคิดสร้างสรรค์จะสามารถคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่ เช่น เมื่อเห็นคำว่า ปากกา ก็จะนึกถึงสิ่งที่สัมพันธ์ต่อเนื่องกันไป ได้แก่ กระดาษ ดินสอ ขวดหมึก โตะ สมุดบันทึก หรืออื่น ๆ และหากยิ่งคิดได้มากก็ยิ่งแสดงถึงศักยภาพทางด้านความคิดสร้างสรรค์ของตนที่มีอยู่

Guilford (อ้างถึงใน ลักษณะ สิริวัฒน์, 2006) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองเป็นความสามารถที่คิดได้หลายทิศทางหรือแบบอนกนัย และความคิดสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วย ความคิดคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็นของตัวเองโดยเฉพาะคนที่มีลักษณะดังกล่าว จะต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระในการคิดด้วย

จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลที่คิดหลากหลายทิศทาง หลายแง่มุม โดยนำประสบการณ์ที่ผ่านมาของตนเองมาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ทำให้เกิดความคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้น ต้องเป็นคนกล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระทางความคิด

3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

อนันต์ จันทร์ทวี (2523: 3-10) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์สามารถค้นคว้าทดลอง และแสวงหาคำตอบหลาย ๆ วิธี ซึ่งคุณลักษณะอันนี้ได้จากการสังเกตพฤติกรรมตรวจรายงานหรือโครงการวิทยาศาสตร์ หรือคะแนนจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ทัศนีย์ บุญเต็ม (2526: 3) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการแสดงความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคล่องในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นทักษะในการตั้งสมมติฐาน และทักษะในการออกแบบการทดลองและการวางแผนการทดลอง

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539: 157) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่จะทำให้เกิดการคิดแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง และการแก้ปัญหา นั้นจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Piltz and Sund (1968: 6-8) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการของความคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา รวมทั้งค้นหาวิธีแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นที่ความคิดริเริ่ม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย

Moravcsik (1981: 221-225) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการคิดค้นหาความรู้ใหม่อันเป็นการตอบสนองความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ 2 ประการ คือ สามารถเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี และตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ซึ่งพยายามที่จะรู้และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัว

จากความเห็นของนักการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปความหมายความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิต แนวทางหรือวิธีการใหม่ ๆ ได้หลายวิธีที่จะช่วยในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.3 ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งให้เห็นถึงลักษณะของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ซึ่งลักษณะความคิดดังกล่าวมีความสอดคล้องกับลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป Piltz and Sund (1968) ได้อธิบายความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปว่า มีความใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันในเรื่องข้อปลีกย่อยที่ว่าด้วยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นแนวทางของการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้การแก้ปัญหาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ผลผลิตที่ได้จะเป็นตัวกระตุ้นที่ว่าใครมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การตัดสินใจว่าสิ่งใดเป็นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีสิ่งจำเป็น 2 ประการเกิดขึ้นพร้อมกันคือ ความคิดริเริ่มหรือความใหม่ และความมีศิลป์ ซึ่งสอดคล้องกับ Albert, 1983: 5-6; Feldman, 1986: 18; Gardner, 1983: 65-67 ได้กล่าวว่า แม้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะแตกต่างจากความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป แต่ทั้ง 2 ส่วนนี้ มีความสอดคล้องกันในด้านลักษณะเฉพาะของความคิดสร้างสรรค์

สำหรับลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปนั้น ได้มีนักการศึกษาที่ได้รับการยอมรับคือ Guilford ได้อธิบายถึงความสามารถที่เป็นองค์ประกอบหรือลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ว่ามีอยู่ 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคล่องในการคิด (Fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) และความละเอียดลออ (Elaboration) ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดของ Guilford และคำอธิบายความของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2534) ทำให้มีคำอธิบายเกี่ยวกับความสามารถที่เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งที่แปลกแตกต่างจากที่เห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้เป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรับปรุงผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่ ความคิดริเริ่มมีหลายระดับ ซึ่งอาจเป็นความคิดครั้งแรกที่เกิดขึ้นโดยไม่มีใครสอนแม้ความคิดนั้นจะมีผู้อื่นคิดไว้ก่อนแล้วก็ตาม ความคิดริเริ่มจำเป็นต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน และความคิดริเริ่มอาจจำเป็นต้องอาศัยความคิดจินตนาการ พฤติกรรมของบุคคลที่มีความคิดริเริ่ม จึงมักเป็นบุคคลที่กล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าเสี่ยงและเล่นกับความคิดของตน เป็นบุคคลที่มีเอกลักษณ์เป็นของตนเอง มีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ขลาดกลัวต่อสิ่งลึกลับประหลาดหรือคลุมเครือ แต่กลับขี้ขลาดขี้หว้อหากทดลอง รู้สึกพอใจและตื่นเต้นที่จะเผชิญกับสิ่งเหล่านั้น

2. ความคล่องในการคิด หมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณที่มากในเวลาจำกัด แบ่งเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

- 2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) ซึ่งเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

- 2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกัน หรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลากำหนด

2.3 ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค คือสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

2.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น ให้คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดให้ ความคิดคล่องแคล่วในการคิดมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะต้องแสวงหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขหลายวิธี และต้องนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ อนึ่งความคิดคล่องแคล่วในการคิดนอกจากจะช่วยให้เด็กได้เลือกคำตอบที่ดีและเหมาะสมที่สุดแล้ว ยังช่วยในการจัดหาทางเลือกอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ให้อีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น ในการแก้ปัญหาใด ๆ ก็ตามเรามักจะพยายามหาวิธีการแก้หลาย ๆ วิธี เช่น ถ้าเราไม่สามารถทำได้อย่างวิธีที่ 1 ก็อาจนำวิธีที่ 2 มาทดลองใช้ได้ หรือวิธีที่ 3 ก็ยังเป็นที่น่าสนใจถ้าวิธีที่ 2 ไม่สามารถแก้ไขได้เหล่านี้ เป็นต้น ความคิดคล่องแคล่วนอกจากช่วยให้มีข้อมูลมากพอในการเลือกสรรแล้วยังมีช่องทางอื่นที่เป็นไปได้ให้เลือกด้วย จึงนับได้ว่าความคิดคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถเบื้องต้นที่จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์

3. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นได้ทันที (Spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่พยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ ตัวอย่างได้แก่ คิดประโยชน์ของหนังสือพิมพ์ว่ามีอะไรบ้าง ความคิดของผู้ที่มีความคิดยืดหยุ่นสามารถคิดได้หลายทิศทาง เช่น เพื่อรู้ข่าวสาร เพื่อโฆษณาสินค้าเพื่อธุรกิจ ฯลฯ ในขณะที่คนซึ่งไม่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้เพียงทิศทางเดียวคือเพื่อรู้ข่าวสาร

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางการดัดแปลง (Adaptive flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ ตัวอย่างเช่น ในเวลา 5 นาที ท่านลองคิดว่าท่านสามารถใช้หยาทำอะไรได้บ้าง คำตอบก็อาจจะเป็นกระบุง กระจาด ตะกร้า กล่องดินสอ กระจอมเก็บน้ำ เปล เตียงนอน กรอบรูป กีบเสียบผม ด้ามไม้เทนนิส ไม้แบดมินตัน เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ความคิดยืดหยุ่นจะเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่วมีความแปลกแตกต่างออกไป หลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อนหรือเพิ่มคุณภาพความคิดให้มากขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ คือความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออจะทำให้สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้นความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น และหากนำความคิดนั้นไปปฏิบัติก็มีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะประสบความสำเร็จ

ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1964: 125) ได้นำแนวคิดและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการศึกษาวิจัยในรูปแบบการเรียนการสอนไว้มาก ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

1. ความคล่องแคล่วในการคิด (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด หาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีคำตอบในปริมาณมากในเวลาที่กำหนด
2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา และไม่ซ้ำกับที่มีอยู่
3. การคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะของความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา และไม่ซ้ำกับที่มีอยู่

อารี พันธุ์ณี (2537: 33-39) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือลักษณะการคิดแบบอเนกนัย ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม
2. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน
3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิดแบ่งออกเป็น ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) คือความสามารถในการคิดได้หลายประเภทอย่างอิสระ และความคิดยืดหยุ่นในการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) คือความสามารถที่คิดได้ไม่ซ้ำกัน
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดที่เป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจนอย่างละเอียด มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจัดเป็นความคิดที่มีความสำคัญต่อการสร้างผลงานที่มีความแปลก

จากลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ในข้างต้น สามารถสรุปลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิด ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้ว จัดจำแนกได้หลากหลายประเภท
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงที่แปลกใหม่ โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

3.4 เทคนิควิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณภาพของสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคลเช่นเดียวกับความคิดด้านอื่น ๆ แต่ก็สามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ซึ่งที่นิยมใช้กันมี 3 วิธีการ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2539) คือ

1. การสังเกตพฤติกรรม

การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน ทั้งนี้ อาจสังเกตจากความคิดหรือจินตนาการ การเล่น การปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การปรับปรุงและ ตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดย นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้เกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ แสดงลักษณะที่กล้า ทดลอง กล้าเสี่ยง

2. การตรวจสอบคุณภาพของผลงาน

การตรวจสอบคุณภาพของผลงานเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะ พิจารณาจากคุณภาพของผลงานที่นักเรียนจัดทำขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาจากผลงานหลาย ๆ ชิ้น ต่อเนื่องกันจะดีกว่าการพิจารณาจากผลงานเพียงชิ้นเดียว และหากได้พิจารณาจากงานในแฟ้มสะสมงาน ที่จัดทำมาตลอดภาคเรียนก็จะทำให้สามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง และเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตามการตรวจสอบคุณภาพของผลงานนี้จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ ชัดเจนโดยอาจใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบริก (rubric) และหากมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คนก็จะยิ่งดี

3. การใช้แบบทดสอบ

การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบนั้น แบบทดสอบวัดความคิด สร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ ซึ่งสมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2537) ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดสติปัญญา กับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ว่าแบบทดสอบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสม ที่สุดสำหรับปัญหา ดังนั้นจึงมีคำตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบทดสอบวัดความคิด สร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลก ไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้ หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลาย ๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้ จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้ คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน อนึ่ง Torrance (1969 อ้างถึงใน กมล ชูสมัย, 2528) ได้แสดงความ คิดเห็นเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ส่วนมากจะพิจารณาถึงด้าน ผลผลิตมากกว่ากระบวนการ

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับความนิยมเชื่อถือและจะถูกนำมาใช้อ้างอิง หรือดัดแปลงเพื่อใช้กับนักเรียนมี 2 กลุ่ม คือ

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

Guilford (อ้างถึงใน สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ, 2537) ได้สร้างแบบวัดความคิด สร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด จำนวน 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาหรือสูงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

แบบทดสอบ	ข้อคำถาม
<p>1. แบบทดสอบด้านภาษาเขียน (7 ฉบับ)</p>	<p>ฉบับที่ 1 ความคล่องแคล่วในการใช้สัญลักษณ์ (DSU) เช่น ให้เขียนคำที่ประกอบด้วยอักษรที่กำหนดให้</p> <p>ฉบับที่ 2 ความคล่องแคล่วทางความคิด (DMU) เช่น ให้เขียนชื่อสิ่งของพวกเดียวกันของเหลวที่เป็นเชื้อเพลิง</p> <p>ฉบับที่ 3 ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (DMR) เช่น ให้เขียนคำที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน</p> <p>ฉบับที่ 4 ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (DMS) เช่น เขียนประโยคประกอบคำ 4 คำ ในแต่ละคำให้เริ่มต้นด้วยอักษรที่กำหนดให้</p> <p>ฉบับที่ 5 การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (DMT) เช่น ผ้าขาวมักใช้ทำอะไรได้บ้าง</p> <p>ฉบับที่ 6 การสรุปผล (DBI, DBC) เช่น ถ้าคนไม่พูดจะเกิดอะไรได้บ้าง</p> <p>ฉบับที่ 7 ประเภทงานอาชีพ (DMI) เช่น บอกชื่อของงานอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับคำที่กำหนดให้ เช่น หลอดไฟฟ้า วิศวกรไฟฟ้า เจ้าของโรงงานทำหลอดไฟฟ้า เป็นต้น</p>
<p>2. แบบทดสอบด้านรูปภาพ (3 ฉบับ)</p>	<p>ฉบับที่ 8 การวาดรูป (DFS) เช่น ให้อาหารรูปสิ่งของเฉพาะโดยใช้เซตของรูปที่กำหนดให้ เช่น รูปสี่เหลี่ยม โดยวาดซ้ำได้ เปลี่ยนขนาดได้ แต่ห้ามนำอย่างอื่นมาหรือเพิ่มเข้ามา</p> <p>ฉบับที่ 9 การวาดรูป (DFU) เช่น ให้ต่อเติมเป็นรูปให้สมบูรณ์</p> <p>ฉบับที่ 10 การตกแต่ง (DFI) เช่น ให้ตกแต่งภาพที่ร่างเอาไว้ด้วยแบบที่แตกต่างกันหลาย ๆ แบบ</p>
<p>3. แบบทดสอบด้านโจทย์ปัญหา (1 ฉบับ)</p>	<p>ฉบับที่ 11 การแก้ปัญหา (DFE) เช่น แก้ปัญหาไม้ขีดไฟ โดยการย้ายออกหรือย้ายให้มีรูปร่างใหม่</p>

เนื่องจาก Guilford เป็นนักจิตวิทยาในกลุ่มจิตมิติที่มุ่งเน้นอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญามิติใดบ้าง มากกว่าการพยายามอธิบายการเกิดและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่ทฤษฎีนี้ก็เป็นแนวทางให้ทอเรนซ์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาในลักษณะที่เป็นการสร้างแบบวัด ชุดการสอน ที่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

Torrance (Anastasi, 1988: 355-370) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีชื่อว่า MTCT (Minnesota test of creative thinking) ต่อมาใช้ชื่อว่า TTCT (Torrance test of creative thinking) ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุ โดยแบบทดสอบฉบับดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 3 ฉบับย่อย ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์

ฉบับย่อยที่	ข้อคำถาม
1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ มี 7 กิจกรรม	<ol style="list-style-type: none"> เขียนทุกคำถามที่เขาจำเป็นต้องถามเพื่อค้นหาว่าเกิดอะไรขึ้น เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ เขียนวิธีการปรับปรุงเครื่องเล่น เพื่อให้เด็กได้เล่นอย่างสนุกสนานยิ่งขึ้น เขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้ เช่นเดียวกับแบบทดสอบการใช้ประโยชน์ของกิลฟอร์ด เขียนคำถามทั้งหมดที่อาจถามเกี่ยวกับสิ่งของสิ่งเดียวกัน เขียนเหตุการณ์ทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ถ้าสภาพการณ์ที่กำหนดให้เกิดขึ้นจริงเช่นเดียวกับแบบทดสอบการสรุปผลลัพธ์ของกิลฟอร์ด
2. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ มี 3 กิจกรรม	<ol style="list-style-type: none"> การสร้างรูปภาพ ให้ผู้สอบลอกกระดาษสี แล้วติดลงบนแผ่นกระดาษใหม่ วาดภาพเพิ่มเติมให้เป็นภาพที่ไม่มีใครนึกถึง เสร็จแล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องที่น่าสนใจต้นต้น การต่อเติมรูปให้สมบูรณ์ เป็นการต่อเส้นให้กับรูปที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจเพิ่มเติมเป็นรูปภาพที่ไม่มีใครนึกถึงเสร็จแล้วตั้งชื่อและเล่าเรื่องในแต่ละภาพ เส้นกำหนดเส้นคู่ขนานสั้น ๆ แล้วให้สร้างรูปเพิ่มเติมให้มากที่สุด
3. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ด้วยเสียงและคำ มี 2 กิจกรรม	<ol style="list-style-type: none"> ให้นักเรียนฟังจากเครื่องบันทึกเสียง เขียนความสัมพันธ์ของเสียงในแต่ละครั้ง

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์มีดังนี้
 ฉบับย่อที่ 1 มี 7 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้าน
 ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ฉบับย่อที่ 2 มี 3 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้าน
 ความคิดคล่อง ความยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความละเอียดลออ

ฉบับย่อที่ 3 มี 2 กิจกรรม โดยจะตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในด้าน
 ความคิดริเริ่ม

นอกจากนี้ก็มีแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับอื่น ๆ เช่น Wallach and
 Kogan ซึ่งได้สร้างแบบทดสอบที่ประกอบแบบทดสอบย่อย 5 ฉบับ ได้แก่

1. ให้หาสิ่งที่เป็นพวกเดียวกันกับสิ่งที่กำหนดให้
2. ให้บอกประโยชน์ของสิ่งของ
3. ให้บอกความเหมือนของสิ่งของ 2 สิ่ง
4. ให้บอกความหมายของภาพเส้น
5. ให้บอกความหมายของเส้น

สำหรับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น Sandra and Robert
 (2001: 102) ได้อธิบายถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า สถานการณ์ในแบบวัด
 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ควรเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถ
 เชื่อมโยงกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ แต่ไม่ควรเน้นเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยตรง เนื่องจากจะทำให้แบบวัด
 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กลายเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง
 วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ที่เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ
 ซึ่งจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้านคือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ
 ความคิดริเริ่ม

3.5 การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

การตรวจให้คะแนนของข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะแตกต่าง
 จากข้อคำถามของแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ กล่าวคือข้อคำถามวัดความคิดสร้างสรรค์จะไม่มีคำตอบถูก
 หรือผิด แต่การได้คะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ดังนั้นนักเรียนจึงต้อง
 เขียนคำตอบให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และเพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบ
 วัดความคิดสร้างสรรค์ได้สอดคล้องตรงกัน จึงได้มีการกำหนดเกณฑ์ มาตรฐานในการตรวจให้คะแนนไว้
 โดยจะตรวจให้คะแนน 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ดังนี้

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาทอแรนซ์
 ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. คะแนนความคิดคล่อง จะพิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของ
 แบบทดสอบ โดยให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบ
 ของผู้อื่นหรือไม่ (แต่ต้องไม่ซ้ำกับคำตอบของตนเอง)

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น จะพิจารณาจากจำนวนกลุ่มหรือจำนวนประเภทของคำตอบ โดยนำคำตอบที่ให้คะแนนความคิดคล่องไปแล้วมาจัดกลุ่มหรือประเภท คำตอบใดเป็นคำตอบที่อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน หรือความหมายอย่างเดียวกัน ให้จัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน แล้วตรวจนับให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มที่จัดไว้ โดยให้คะแนนกลุ่มละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม จะพิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลก แตกต่างไปจากนักเรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่ม คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็ให้คะแนนน้อยหรือไม่ได้เลย แต่ถ้าคำตอบยิ่งซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำกับคนอื่นเลยก็จะได้คะแนนมากขึ้น โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0 – 1.99	ให้ 2 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2 – 4.99	ให้ 1 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป	ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากนั้นจึงหาผลรวมของคะแนนทั้ง 3 ด้านของทุกข้อคำถามจึงเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์รวมของนักเรียนคนใดคนหนึ่ง

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Hu and Adey (2002: 395) ได้อิงหลักการให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ แต่ต่างกันที่การให้คะแนนความคิดริเริ่ม ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดน้อยกว่าร้อยละ 5	ให้ 2 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นอยู่ระหว่างร้อยละ 5 – 10	ให้ 1 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดมากกว่าร้อยละ 10	ให้ 0 คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของบุญรัตน์ จันทร และคณะ (2558: 230 - 231) ใช้กรอบแนวคิดของทอแรนซ์ โดยให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนนขึ้นไป	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 คะแนน	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 คะแนน	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 3 คะแนน	จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม	จะได้ 3 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม	จะได้ 2 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม	จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้อง กับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน	จะได้ 4 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 2 - 3 คน	จะได้ 3 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบอยู่ระหว่าง 4 - 6 คน	จะได้ 2 คะแนน
คำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่า 7- 9 คน	จะได้ 1 คะแนน

จากการศึกษาการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยมุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบตามแนวคิดของทอแรนซ์ ฉบับภาษาไทยเขียนโดยวัดความสามารถใน 3 ด้านคือ

1. ความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดแล้วจัดจำแนกได้หลากหลายกลุ่มหรือประเภท
3. ความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่โดยไม่ซ้ำกับความคิดที่มีอยู่ทั่วไป

สำหรับการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้และปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีการของบุญรัตน์ จันทระและคณะ (2558: 230-231) โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หาได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

3.6 การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ เช่น

กัมปนาท วัชรนาคม (2534 : 67) ได้เสนอแนวทางปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ให้การยอมรับผลงานที่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
2. สนับสนุนแนวความคิดใหม่
3. สนับสนุนให้นักเรียนได้ชมการสาธิตและได้ทำการทดลองด้วยตนเอง
4. กำหนดให้นักเรียนทำงานในลักษณะที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์
5. สนับสนุนงานโครงการหรืองานวิจัยที่มีลักษณะที่เป็นความคิดสร้างสรรค์
6. จัดการเรียนการสอนที่เป็นแบบสืบเสาะหาความรู้
7. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกการใช้ความคิด จากภาพปริศนาทางวิทยาศาสตร์
8. ผู้สอนจะต้องคิดสร้างสรรค์วิธีการสอนด้วยตนเอง

9. เปิดโอกาสให้นักเรียนเริ่มและรับผิดชอบในการพิจารณาหัวข้อการเรียนรู้ที่นักเรียนสนใจและปรารถนาที่จะเรียน
 10. ไม่เน้นงานที่เป็นทีมมากเกินไป
 11. สนับสนุนการผลิตหรือการปรับปรุงเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์
 12. แสดงผลงานที่มีลักษณะสร้างสรรค์ ซึ่งผลิตโดยนักเรียนอื่นให้นักเรียนในชั้นได้ทราบ
 13. ส่งเสริมการแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์หลาย ๆ รูปแบบ เช่น การทดลอง ศิลปะ และการประพันธ์ เป็นต้น
 14. ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ การคิดค้น และการประดิษฐ์สิ่งใหม่
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539 : 54) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. พึงให้การส่งเสริมแรงด้วยการยกย่อง หรือแสดงความยินดีตามความเหมาะสมในทุกโอกาสที่บุคคลแสดงออกว่ามีความคิดหรือกระทำที่สร้างสรรค์ในทางวิทยาศาสตร์
2. พึงกระตุ้นให้บุคคลแสดงออก ซึ่งจินตนาการในทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการคิดแบบอเนกนัยผ่านกิจกรรมต่างๆ เช่น การเล่น การตอบคำถาม การสัมผัส หรือสำรวจสิ่งแวดล้อมที่มีความหลากหลาย
3. พึงยอมรับการแสดงออกและผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะแปลกประหลาดของบุคคลและพึงถือว่าคำถามการแสดงออกและผลงานที่มีลักษณะดังกล่าวมีคุณค่าด้วยจริงใจ
4. พึงตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแปลกๆ อย่างตรงไปตรงมาด้วยความตั้งใจ ด้วยความอบอุ่นและเป็นกันเอง
5. พึงให้กำลังใจประคับประคองและช่วยเหลือ แนะนำในทุกโอกาสที่บุคคลยังไม่ประสบความสำเร็จ หรือมีความล้มเหลวในการคิด การแสดงออกและการกระทำเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
6. พึงให้โอกาสสูงสุดแก่บุคคลที่มีวุฒิภาวะทางความคิดต่ำกว่าได้มีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการในกิจกรรมต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม
7. พึงให้โอกาสบุคคลได้มีโอกาสเรียนรู้เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การทดลอง การสำรวจ การอ่าน การทัศนศึกษา รวมทั้งให้มีโอกาสถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิดกับบุคคลอื่น

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

4.1 ความหมายของความพึงพอใจ

การจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ เพราะหากผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แล้วย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพในการเรียนและความสุขในการเรียนด้วย ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ดังนี้

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์ (2545: 36) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนว่าเป็นความรู้สึกพึงพอใจต่อการปฏิบัติของนักศึกษาในระหว่างการเรียนการสอน การปฏิบัติของอาจารย์ผู้สอน และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการเรียนการสอน

ปริญญา จเรรัชต์ และคณะ (2546: 3) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ทำที่ความรู้สึกหรือทัศนคติ ในทางที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งที่ปฏิบัติร่วมปฏิบัติ หรือได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติโดยผลตอบแทนที่ได้รับรวมทั้ง สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นปัจจัยทำให้เกิดความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ

Good (1973: 518) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจหมายถึง คุณภาพ สภาพหรือระดับความพึงพอใจซึ่งเป็นผลของความสนใจต่าง ๆ และทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ทำที่ความรู้สึกหรือทัศนคติในแง่ดี ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ เช่น วิธีการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้

4.2 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี ดังนี้ (อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ, 2535: 44)

3.2.1 การสังเกต เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการแสดงออกทางการพูด การแสดงออกทางกิริยาท่าทาง วิธีนี้ผู้สอบถามต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

3.2.2 การสัมภาษณ์ เป็นการวัดความพึงพอใจซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สอบถามได้รับข้อมูลที่เป็นจริงได้

3.2.3 การใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะต้องออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นจากบุคคลเป้าหมาย ซึ่งสามารถทำได้โดยรูปแบบได้แก่ ลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ โดยคำถามดังกล่าวอาจเป็นคำถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การควบคุมงาน การบริการ และเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกวิธีการวัดความพึงพอใจโดยใช้การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน และใช้แบบสอบถาม

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นัสรินทร์ ปือชา (2557: 5) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558: 401) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ โดยวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชา เคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ภัสสร ติตมา (2558: 3) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไปซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สูงเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนรู้ใหม่ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์แต่ละด้าน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ด้านที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ การออกแบบและสร้างชิ้นงาน มีคะแนนเฉลี่ย 2.83 รองลงมา คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 2.52 2.40 2.26 ตามลำดับ และความคิดสร้างสรรค์ด้านที่พัฒนาน้อยที่สุด คือ ความคิดละเอียดลออ มีคะแนนเฉลี่ย 2.22 จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน รวมทั้ง 5 ด้าน มีคะแนนเฉลี่ย 12.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

ดวงพร สมจันทร์ตา (2559: 353-359) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้เรื่องกายวิภาคของพืชตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 หัวข้อ ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของใบ การลำเลียงน้ำและสารอาหาร และผลและเมล็ด ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนในเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของใบ การลำเลียงน้ำ และสารอาหาร และผลและเมล็ด สูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

บุญลอย มุลน้อย (2559: 287) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้า และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สะเต็มศึกษา) ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.64/80.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากที่สุด

อาทิตยา พูนเรือง (2559: 371-377) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

Diana (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้ นักเรียนเกรด 3 - 8 เป็นกรณีศึกษา ให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมี ขั้นตอนการจัดกิจกรรม เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความพื้นฐาน ให้จินตนาการศึกษาค้นคว้าสำรวจ ตรวจสอบ สร้างสรรค์ ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นการออกแบบของตัวเองให้ เพื่อน ๆ ร่วมชั้น จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM ในการให้นักเรียนได้ทำ โครงงานส่งผลทำให้นักเรียน สามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้า และประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในภายภาคหน้าได้ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และมี ผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียน สำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและ ดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่เลย จากการศึกษา ชี้ให้เห็น ว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ดีกว่าเด็ก นักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่า หาก พวกเขาได้รับ โอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและ ฝึกงานจริง หรือให้รับผิดชอบทำโครงงานขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ข้อสำเร็จการศึกษา พวกเขาก็สามารถ สำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน

Tseng (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงงาน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา เจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบัน เทคโนโลยีที่ได้หวั่นจำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบบูรณาการ STEM ที่ใช้โครงงานเป็นฐานมีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไป และจากการให้ สัมภาษณ์แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM ที่จะประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติใน การประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

Han (2014) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ให้โรงเรียนแต่ละแห่งที่มีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้ว ทำการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนทุก ๆ 6 เดือนเป็นระยะเวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนจะได้รับคัดเลือกเข้ามาร่วมพัฒนาสู่การเป็นครูมืออาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษา ชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

Mayasari (2016) ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน “พลังงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์)” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 29 คน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods) และประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ 4P ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. แบบแผนการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs) ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design (วรณีย์ แกมเกตุ, 2555: 139)

E:	O ₁	X	O ₂
O ₁	หมายถึง การจัดการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)		
X	หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา		
O ₂	หมายถึง การจัดการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้)		

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 3 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง ม.5/1 จำนวน 49 คน ห้อง ม.5/2 จำนวน 45 คน และห้อง ม.5/3 จำนวน 48 คน รวมทั้งสิ้น 142 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 18 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นแบบสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality)

2.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert Scale) จำนวน 25 ข้อ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย เป็นแบบบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงของการจัดการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลในรูปความเรียง

4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 ศึกษาหลักการและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา

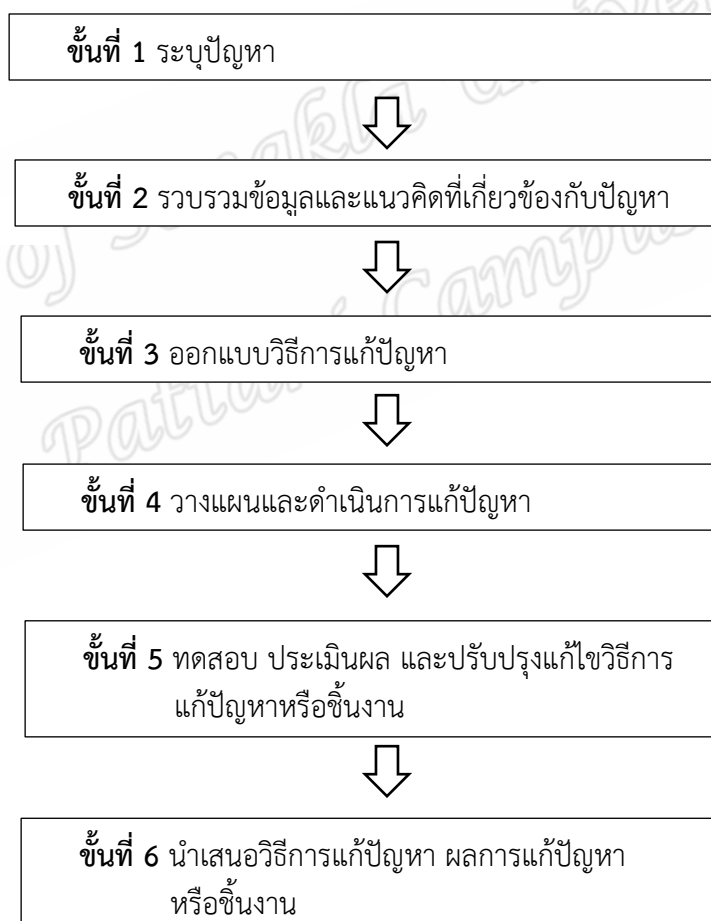
4.1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาของ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6)

4.1.3 วิเคราะห์เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 และกำหนดเนื้อหาที่จะใช้ในการวิจัย ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

4.1.4 ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ด้านสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ พฤติกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาการจัดการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้ สื่อ และการวัดผลการเรียนรู้จากหนังสือเรียน และจากคู่มือการจัดการเรียนรู้สำหรับครู

4.1.5 กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 แผน ใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์หรือ 18 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (ภาพประกอบ 6)

ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบแก้ไขความถูกต้อง ความครอบคลุม ความเหมาะสมของการจัดการเรียน และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นำแผนการจัดการเรียนรู้อุปมาปรับปรุงแก้ไข

4.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านพิจารณา ตรวจสอบ ความสอดคล้อง ขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert Scale) ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม มาก
- 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม น้อยที่สุด

4.1.8 นำความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538: 8-11)

- ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ถ้าค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของแผนการสอนมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน

4.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินและปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ

4.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.2.1.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากหนังสือเรียน คู่มือครู และหนังสือเพิ่มเติมอื่น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างข้อสอบ

4.2.1.2 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เพื่อดำเนินการออกข้อสอบได้ครอบคลุมตามสิ่งที่ต้องการวัด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				รวม		
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	จำนวนข้อ	ร้อยละ	
1. เนื้อเยื่อพืช	2	1	-	1	4	10	
2. อวัยวะและหน้าที่ของอวัยวะพืช	6	8	2	4	20	50	
3. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช	1	1	1	2	5	12.5	
4. การลำเลียงน้ำ สารอาหารและอาหารของพืช	3	4	3	1	11	27.5	
รวม	จำนวนข้อ	12	14	6	8	40	100
	ร้อยละ	30	35	15	20	100	100

4.2.1.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาจำนวน 40 ข้อ (ใช้จริง 30 ข้อ) ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

4.2.1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลงภาษาที่ใช้ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้ถูกต้อง ชัดเจนและเข้าใจง่าย

4.2.1.5 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ซึ่งมีคุณวุฒิปริญญาโทและเอก จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนในโรงเรียนซึ่งมีตำแหน่งครูชำนาญการขึ้นไป จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาหาค่าความตรง ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Index of Item Objective Congruence = IOC) คัดเลือกแบบทดสอบที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง

ให้คะแนน 0 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

4.2.1.6 นำแบบทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.2.1.7 นำคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยที่ค่าความยากง่าย (p) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 1.0 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) จากการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.27 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.70

4.2.1.8 นำคะแนนที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4.2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือโดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.2.2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

4.2.2.2 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

4.2.2.3 ลักษณะของแบบทดสอบ เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบข้อละ 10 นาที รวมทั้งสิ้น 30 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อที่ 1 เป็นคำถามที่ให้คาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น “ถ้าโลกนี้ไม่มีพืช จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่”

ข้อที่ 2 เป็นคำถามที่ให้บอกประโยชน์ของสิ่งของ เช่น “กล้วยเป็นพืชพื้นเมืองอยู่คู่คนไทยมาช้านาน คนไทยผูกพันกับกล้วยในทุกห้วงของชีวิต เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ประเพณีไทยแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน อาทิเช่น วัฒนธรรมการเกิด การแต่งงาน การบวช วัฒนธรรมทางอาหาร หรือแม้แต่การละเล่น จนกล่าวได้ว่า กล้วยเป็นพืชประจำบ้านของคนไทย และทรงคุณค่าต่อสังคมไทยมาช้านาน ให้นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วยได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด”

ข้อที่ 3 เป็นคำถามที่ให้แก้ปัญหาจากเหตุการณ์ เช่น “ปัจจุบันเกษตรกรไทยกำลังประสบปัญหาราคาสินค้าตกต่ำ โดยเฉพาะราคาข้าว จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น นักเรียนจะเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบข้าว ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้”

4.2.2.4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามวิธีการให้คะแนนของบุณรัตน์ จันทระและคณะ (2558: 230-231) และมีการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของความคิดริเริ่มเพื่อให้เหมาะสมกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 10 คะแนนขึ้นไป	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 7 - 9 คะแนน	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 4 - 6 คะแนน	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ถูกต้องอยู่ระหว่าง 1 - 3 คะแนน	จะได้ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม คำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

จัดกลุ่มคำตอบได้มากกว่า 6 กลุ่ม	จะได้ 4 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 4 - 5 กลุ่ม	จะได้ 3 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้ระหว่าง 2 - 3 กลุ่ม	จะได้ 2 คะแนน
จัดกลุ่มคำตอบได้น้อยกว่า 1 กลุ่ม	จะได้ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใครมากกว่า 4 คำตอบ	จะได้ 4 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 3 คำตอบ	จะได้ 3 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 2 คำตอบ	จะได้ 2 คะแนน
หากจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร 1 คำตอบ	จะได้ 1 คะแนน
หากไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร	จะได้ 0 คะแนน

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หาได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว
ข้างต้นสามารถแสดงเป็นตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับ คะแนน	ความคิด สร้างสรรค์	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม
4		จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง ≥ 10 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 6 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ ใคร ≥ 4 คำตอบ
3		จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 7 - 9 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 4 - 5 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ ใคร 3 คำตอบ
2		จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 4 - 6 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 2 - 3 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ ใคร 2 คำตอบ
1		จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง 1 - 3 คะแนน	จัดกลุ่มคำตอบได้ 1 กลุ่ม	จำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำ ใคร 1 คำตอบ
0		ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบที่ไม่ซ้ำใคร

4.2.2.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ได้ปรับปรุงใหม่ เสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง การใช้ภาษา และความสอดคล้องของข้อความกับวัตถุประสงค์ในการวัด และนำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4.2.2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ซึ่งมีคุณวุฒิระดับปริญญาโทและเอก จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนในโรงเรียนซึ่งมีตำแหน่งครูชำนาญการขึ้นไป จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 1 ท่าน รวมเป็น 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ นำผลการตรวจสอบมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้

4.2.2.7 นำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.2.2.8 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยการวัดความสอดคล้องภายใน ซึ่งคำนวณด้วยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

4.2.2.9 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4.2.2.10 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างมาหาความสัมพันธ์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

4.2.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 25 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.2.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจเพื่อหากรอบวัดความพึงพอใจให้ครอบคลุมในสิ่งที่ต้องการวัด

4.2.3.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 25 ข้อ แยกเป็นรายด้านทั้งหมด 4 ด้าน คือ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

4.2.3.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นำเสนอแก่อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม จากนั้นนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.2.3.4 นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ได้ปรับปรุงแล้ว นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ซึ่งมีคุณวุฒิระดับปริญญาโท จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ (Index of Consistency: IC) ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

ให้คะแนน +1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง
ให้คะแนน 0	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่
ให้คะแนน -1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

4.2.3.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข และปรับสำนวนการใช้ภาษาให้สั้น กระชับ และเข้าใจง่าย จากนั้นนำไปทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษารับสมบูรณ์ จำนวน 25 ข้อ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

4.2.3.5 นำผลที่ได้จากการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจ โดยใช้สูตรในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.95

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ

4.3.1 แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

แบบบันทึกภาคสนามมีลักษณะปลายเปิดสำหรับให้ผู้วิจัยใช้บันทึกเหตุการณ์ขณะทำการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน โดยจดบันทึกเหตุการณ์ทั่วไป เหตุการณ์ที่สำคัญ และสอดแทรกความคิดเห็น เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปประเมินว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน มีความเหมาะสมหรือไม่ ควรแก้ไขอย่างไร เพื่อนำผลไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 18 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

5.1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จากการสอบถามครูและสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาสภาพสังคม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และปัญหาต่าง ๆ ของชุมชนของนักเรียนด้วย

5.2 ปฐมนิเทศ ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

5.3 ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้

5.3.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 30 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

5.3.2 นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที โดยแต่ละข้อครูจะจับเวลาข้อละ 10 นาที เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด ครูให้นักเรียนทำข้อถัดไป

5.4 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบบันทึกภาคสนาม

5.5 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

5.5.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 30 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

5.5.2 นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

5.5.3 นักเรียนทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ

5.6 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ประมวลผลและเรียบเรียง นำเสนอในรูปความเรียง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1.1 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)

1.3 คำนวณคะแนนพัฒนาการจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาแปลผลตามเกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาลี (2552: 266-268) ดังนี้

คะแนน 76 - 100 หมายถึง พัฒนาการระดับสูงมาก

คะแนน 51 - 75 หมายถึง พัฒนาการระดับสูง

คะแนน 26 - 50 หมายถึง พัฒนาการระดับกลาง

คะแนน 0 - 25 หมายถึง พัฒนาการระดับต่ำ

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2 เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)

2.3 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ มาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้าน ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาแปลผลกับระดับความสัมพันธ์ตามเกณฑ์ของวรณีย์ เกมเกตุ (2555: 375) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.70 - 0.90 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับสูง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.30 - 0.69 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ต่ำกว่า 0.30 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับต่ำ

3. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

3.1 หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2546: 100) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.50 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50 – 4.49	หมายถึง มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	2.50 – 3.49	หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของ Cronbach

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนามของแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาประมวลผลและ เรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบความเรียง

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

7.1 สถิติพื้นฐาน

7.1.1 การหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2546: 105)

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

เมื่อ	\bar{X}	แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

7.1.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2546: 10)

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

เมื่อ	S.D.	แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน ค่าคะแนน
	n	แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม

7.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

7.2.1 การหาค่าดัชนีความเที่ยงตรง (Validity) ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้
	$\sum R$	แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

7.2.2 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สูตร (พงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543: 162)

$$IC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IC	แทน ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยาม
	$\sum R$	แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

7.2.3 การหาค่าความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ
	R	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	N	แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบแต่ละข้อ

7.2.4 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$D = \frac{R_U - R_L}{N}$$

เมื่อ	D	แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
	R_U	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มสูง
	R_L	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
	N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

7.2.5 การหาคะแนนพัฒนาการของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 267-268)

$$GS\% = \frac{(Y-X)}{(F-X)} \times 100$$

เมื่อ	GS%	แทน คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน
	F	แทน คะแนนเต็มของการวัดทั้งครั้งแรกและครั้งหลัง
	X	แทน คะแนนการวัดครั้งแรก
	Y	แทน คะแนนการวัดครั้งหลัง

7.2.6 การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา คำนวณได้จากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551: 88-89)

$$r_{xx} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ	r_{xx}	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	N	แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	P	แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	Q	แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ (1-p)
	S_x	แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งหมด

7.2.7 การหาค่าความเที่ยงของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราก โดยใช้สูตร (Cronbach, 1951)

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน จำนวนข้อของแบบวัด
	S_i^2	แทน คะแนนความแปรปรวนรายข้อ
	S_t^2	แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ

7.3 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

7.3.1 การทดสอบค่าที (t - test) ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Sample) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน โดยใช้สูตร (วรรณิ แกมเกตุ, 2555: 349)

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

เมื่อ	t	แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่
	n	แทน จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

7.4 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองกลุ่ม

7.4.1 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ใช้เพื่อหาค่าความสัมพันธ์กันของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มหลังเรียน โดยใช้สูตร (วรรณิ แกมเกตุ, 2555: 376)

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2] \cdot [n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	r_{xy}	แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	$\sum x$	แทน ผลรวมคะแนนรายชื่อของกลุ่มตัวอย่าง
	$\sum Y$	แทน ผลรวมคะแนนรวมของทั้งกลุ่ม
	$\sum X^2$	แทน ผลรวมคะแนนชุด X แต่ละกลุ่มตัวอย่างยกกำลังสอง
	$\sum Y^2$	แทน ผลรวมคะแนนชุด Y แต่ละกลุ่มตัวอย่างยกกำลังสอง
	$\sum XY$	แทน ผลรวมของผลคูณระหว่าง X และ Y
	n	แทน จำนวนคนหรือกลุ่มตัวอย่าง

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษารายละเอียดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง
2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
3. ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ข้อมูลพื้นฐานของโรงเรียน สภาพชุมชนโดยรวม เพศ ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงเรียน

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตั้งอยู่ที่ 181 ถนนเจริญประดิษฐ์ ตำบลรูสะมิแล อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี รหัสไปรษณีย์ 94000 มีบุคลากรทั้งหมด 88 คน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำ 52 คน อาจารย์พิเศษ 5 คน อาจารย์พิเศษชาวต่างประเทศ 1 คน และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน 31 คน มีนักเรียนทั้งหมด 1,098 คน เปิดสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในปีการศึกษา 2559 มีนักเรียนจำนวน 1,098 คน ชาย 404 คน และหญิง 694 คน

1.2 สภาพชุมชนโดยรวม

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับคณะศึกษาศาสตร์ ทางด้านหน้าของโรงเรียนติดกับถนนเจริญประดิษฐ์ ซึ่งเป็นถนนสายสำคัญที่เข้าสู่มหาวิทยาลัย จัดเป็นย่านธุรกิจ มีร้านค้าต่าง ๆ แผงลอย ร้านขายอาหาร ร้านบริการข้อมูลข่าวสาร ร้านอินเทอร์เน็ต มีหอพักเอกชน ซึ่งเป็นหอพักที่นักเรียนโรงเรียนสาธิตฯ ที่มาจากต่างจังหวัดพักอาศัย นักเรียนส่วนใหญ่เกือบ 70 % เป็นนักเรียนในพื้นที่จังหวัดปัตตานี อีก 30% มาจากจังหวัดใกล้เคียง คือยะลา นราธิวาส สตูล สงขลา ชุมชนที่โรงเรียนตั้งอยู่มีความสัมพันธ์กับสถานศึกษา ซึ่งผู้ปกครองและชุมชน รวมทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนได้มีส่วนร่วมในการสนับสนุนกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียนสาธิตฯ ด้วยดีตลอด

1.3 ข้อมูลนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

1.3.1 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวนนักเรียนทั้งหมดมีทั้งสิ้น 48 คน เพศชาย 15 คน และเพศหญิง 33 คน

1.3.2 ระดับผลการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

ตารางที่ 5 ระดับผลการเรียนชีววิทยาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ระดับผลการเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
4.0	34	70.8
3.5	10	20.8
3.0	2	4.2
2.5	2	4.2
2.0	-	-
1.5	-	-
1.0	-	-
0.0	-	-
รวม	48	100

1.3.3 พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเรียน มีความกล้าแสดงออก และให้ความร่วมมือในทุก ๆ กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นอย่างดี เมื่อผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ นักเรียนสามารถแสดงออกถึงความคิดเห็นที่หลากหลายและน่าสนใจ แต่เมื่อผู้สอนจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนออกแบบสร้างชิ้นงานหรือสร้างโมเดลต่าง ๆ ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ทันในเวลาที่กำหนดให้ แต่ชิ้นงานส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีความหลากหลาย นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คิดหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว จึงมักจะคิดออกแบบสร้างสรรค์ภายใต้แนวคิดคล้าย ๆ กัน ขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่ เพราะนักเรียนกังวลว่าชิ้นงานที่ตัวเองสร้างขึ้นอาจจะไม่เหมือนกับเพื่อน ๆ ส่วนใหญ่ในชั้นเรียนและอาจจะทำให้ได้คะแนนจากการประเมินที่น้อยตามไปด้วย

2. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

2.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามาตรวจให้คะแนนและทำการวิเคราะห์ผล ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 6

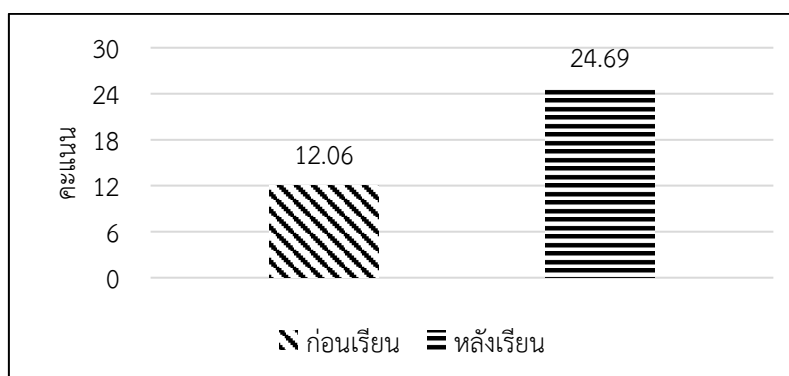
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	48	30	12.06	3.57	18.691**	.000
หลังเรียน	48	30	24.69	4.11		

**p<.01

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.06 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.57 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.69 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 1

แผนภูมิที่ 1 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



2.2 การศึกษาคะแนนพัฒนาการ (Gain score)

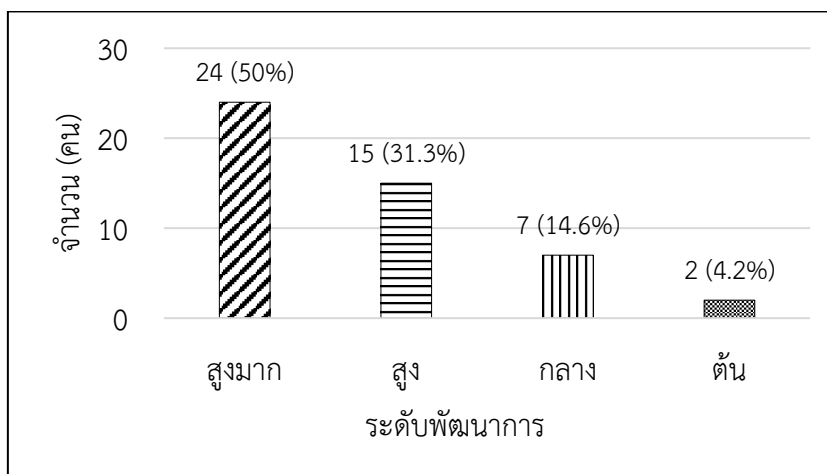
ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก มาวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรพัฒนาการสัมพัทธ์ จากนั้นนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่ได้จากสูตรมาแปลผลกับระดับพัฒนาการตามเกณฑ์การประเมินคะแนนพัฒนาการของศิริชัย กาญจนวาสี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
76 - 100	สูงมาก	24	50.0
51 - 75	สูง	15	31.3
26 - 50	กลาง	7	14.6
0 - 25	ต่ำ	2	4.2

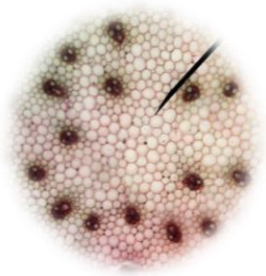
จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูงมาก จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 มีพัฒนาการระดับสูง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 31.3 มีพัฒนาการระดับกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14.6 และมีพัฒนาการระดับต่ำ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.2 ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2 ระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

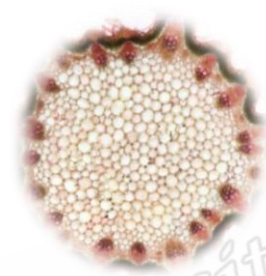


นอกจากนี้นักเรียนจะได้ฝึกการสังเกต และเปรียบเทียบข้อแตกต่างของพืชใบเลี้ยงคู่ และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โดยศึกษาจากโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืช ผ่านการตัดตามขวาง (cross section) ตัวอย่างผลงานของนักเรียน (ภาพประกอบ 8)

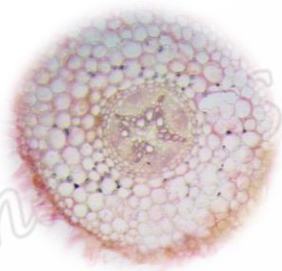
ภาพประกอบ 8 โครงสร้างภายในของลำต้นและรากของพืชที่ตัดตามขวาง ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3



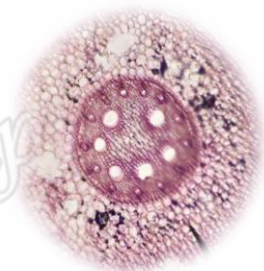
โครงสร้างภายในของลำต้นข้าวโพด
ที่กำลังขยาย 10X (S3)
(พืชใบเลี้ยงเดี่ยว)



โครงสร้างภายในของลำต้นหอมน้อย
ที่กำลังขยาย 10X (S5)
(พืชใบเลี้ยงคู่)



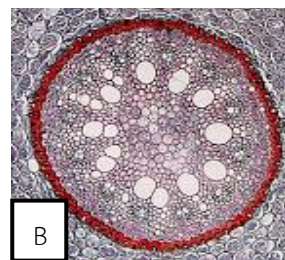
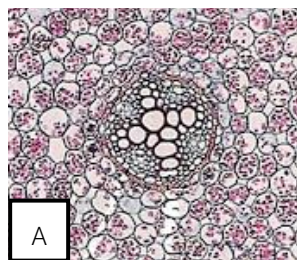
โครงสร้างภายในของรากถั่วเขียว
ที่กำลังขยาย 10X (S7)
(พืชใบเลี้ยงคู่)



โครงสร้างภายในของรากข้าวโพด
ที่กำลังขยาย 10X (S9)
(พืชใบเลี้ยงเดี่ยว)

จากการศึกษาโครงสร้างภายในของรากและลำต้น นักเรียนสามารถจำแนกข้อแตกต่างระหว่างพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ เช่น เมื่อผู้สอนแสดงรูปภาพโครงสร้างภายในของพืช 2 ชนิด แล้วให้นักเรียนบอกข้อแตกต่างของรูปภาพ A และ รูปภาพ B (ภาพประกอบ 9)

ภาพประกอบ 9 โครงสร้างภายในของพืช 2 ชนิด



ที่มา: Campbell, N. A. (1990: 694)

นักเรียนคนที่ 1 ตอบว่า “ รูปภาพ A และ B แสดงถึงโครงสร้างภายในของรากพืช สังเกตได้จากเนื้อเยื่อพืชแบ่งชั้นอย่างชัดเจน ซึ่งต่างจากโครงสร้างภายในของลำต้นที่เนื้อเยื่อไม่ได้แบ่งชั้นอย่างชัดเจน” นักเรียนคนที่ 2 ตอบว่า “ ทั้งรูปภาพ A และ B จัดเป็นโครงสร้างภายในของรากพืช สังเกตได้จากมีกลุ่มท่อลำเลียงน้ำและอาหารอยู่ตรงกลางของราก” นักเรียนคนที่ 3 ตอบว่า “ ข้อแตกต่างระหว่างรูปภาพ A และรูปภาพ B คือจำนวนแฉกของท่อลำเลียงน้ำ (xylem) พบว่า รูปภาพ A มีจำนวนแฉกของท่อลำเลียงน้ำ (xylem) 4 แฉก ส่วนรูปภาพ B มีจำนวนแฉกของท่อลำเลียงน้ำ (xylem) มากกว่า 4 แฉก โดยมีท่อลำเลียงอาหาร (phloem) อยู่ระหว่างแฉกเหล่านั้น ดังนั้นสรุปได้ว่ารูปภาพ A คือ โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงคู่ รูปภาพ B คือ โครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว”

ในเรื่องการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช ผู้สอนให้นักเรียนทำการศึกษาการเปิดและปิดของปากใบพืช โดยการทำภาพพิมพ์ปากใบ ตัวอย่างผลงานของนักเรียน (ภาพประกอบ 10) **ภาพประกอบ 10** ภาพพิมพ์ปากใบเปิด (ซ้าย) และปากใบปิด (ขวา) ผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3



ปากใบเปิด (S5)

ปากใบปิด (S7)

จากการศึกษาการเปิดและปิดของปากใบพืช นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของการเปิดและปิดของปากใบพืชต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำไว้ว่า “เมื่อปากใบของพืชเปิด จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศแพร่เข้าไปในรูปากใบ ขณะเดียวกันพืชจะสูญเสียน้ำออกสู่ภายนอกในรูปของไอน้ำผ่านทางรูปากใบเช่นกัน เราเรียกว่า การคายน้ำของพืช แต่เมื่ออากาศร้อนจัด ปากใบพืชจะปิดเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ” จากนั้นผู้สอนให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องปัจจัยภายในที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช เพื่อศึกษาอิทธิพลของจำนวนใบต่ออัตราการคายน้ำของพืช โดยให้นักเรียนทำการทดลองดังนี้

1. เติมน้ำปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง
2. นำกิ่งไม้ที่เตรียมมาตัดใบออกตามรายละเอียดชุดการทดลองทั้ง 4 ชุด ดังนี้
 - ชุดการทดลอง A : ชุดควบคุม (control) : ไม่มีการใส่กิ่งไม้
 - ชุดการทดลอง B : ไม่มีการตัดใบทิ้ง
 - ชุดการทดลอง C : ตัดใบทิ้งให้เหลือจำนวนใบเพียงครึ่งหนึ่งจากชุด B
 - ชุดการทดลอง D : ตัดใบไม้ทั้งหมดทิ้งให้เหลือเพียงกิ่ง
3. นำกิ่งไม้ใส่ในหลอดทดลองแต่ละหลอด ปรับระดับน้ำในหลอดทดลองทุกหลอดให้เท่ากัน จากนั้นเติมน้ำมันพืชลงไป 2 มิลลิลิตร

4. บันทึกระดับน้ำเริ่มต้นในหลอดทดลอง เมื่อวางทิ้งไว้ 1 วัน สังเกตปริมาตรของน้ำที่ลดลง โดยใช้กระบอกตวงในการวัด และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง (ภาพประกอบ 11)

ภาพประกอบ 11 ตารางบันทึกผลการทดลองเรื่องปัจจัยภายในที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช

บันทึกผลการทดลอง

ชุดการทดลอง	ระดับน้ำในหลอดทดลอง (มิลลิลิตร)		ปริมาตรน้ำที่หายไป (มิลลิลิตร)
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	

จากการศึกษาปัจจัยภายในที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช พบว่า นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า “ จำนวนใบของพืชมีผลต่ออัตราการคายน้ำของพืช ซึ่งพบว่า ชุดการทดลอง B ที่ไม่มีการตัดใบ มีอัตราการคายน้ำสูงสุด สังเกตได้จากระดับน้ำในหลอดทดลองลดลงมากที่สุด และชุดการทดลอง D ที่ตัดใบไม่ทั้งหมดทิ้งให้เหลือเพียงกึ่ง ไม่มีการคายน้ำเกิดขึ้น สังเกตได้จากระดับน้ำในหลอดทดลองไม่ลดลง ซึ่งมีระดับน้ำเท่ากับชุดการทดลอง A ที่เป็นชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่กิ่งไม้”

ในเรื่องการลำเลียงน้ำ สารอาหาร และอาหารของพืช ผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และศึกษากระบวนการลำเลียงน้ำ การลำเลียงสารอาหารและการลำเลียงอาหารของพืช จากนั้นออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และในช่วงท้ายคาบจะมีการสอบถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ผลการสอบถามของนักเรียน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.5 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลที่จำเป็นที่จะนำไปใช้ในการศึกษาต่อเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมา นักเรียนได้ฝึกการวางแผนในการดำเนินงานร่วมกับเพื่อน ๆ ภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกัน เพื่อกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาว่านักเรียนต้องการสร้างบรรยากาศอะไร มีขั้นตอนในการทำอะไร จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบงานตามความสามารถของแต่ละคน นักเรียนบางกลุ่มมีการลงพื้นที่จริงเพื่อไปสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลพืชในท้องถิ่นที่จะนำมาใช้ในการศึกษา เช่น ต้นละหุ่ง ผักตบชวา ทุปฤชา ซึ่งเป็นพืชที่พบเห็นได้ทั่วไปรอบ ๆ บริเวณชุมชนของนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้จักพืชในท้องถิ่นมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลของพืชที่ตัวเองสนใจเพื่อจะนำคุณสมบัติเด่น ๆ ของพืชดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในการสร้างสรรค์บรรยากาศจากธรรมชาติต่อไป

จากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับข้อคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษาดังนี้

S1 : ดีครับ ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ปฏิบัติเป็นกลุ่ม

S2 : ได้ฝึกศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถเรียนรู้ได้จากการทดลองต่าง ๆ

S3 : สนุกค่ะ ได้ลงพื้นที่จริงเพื่อหาวัสดุ ทำให้ได้พบปะกับผู้คนใหม่ ๆ และช่วยกันรังสรรค์

ผลงานออกมาจนสำเร็จ

2. ผลการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากนั้นนำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาตรวจให้คะแนนและทำการวิเคราะห์ผล ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	p-value
		\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D.		
ด้านความคิดคล่อง	12	10.46	1.87	10.72	1.54	1.336	.094
ด้านความคิดยืดหยุ่น	12	9.67	1.46	9.76	1.32	0.488	.314
ด้านความคิดริเริ่ม	12	3.83	2.58	5.87	2.90	4.847**	.000
รวม	36	23.96	4.79	26.35	4.72	4.058**	.000

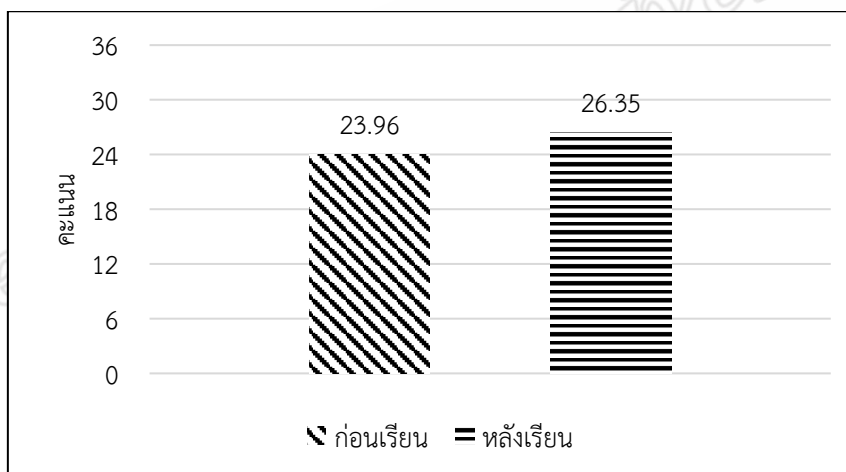
**p<.01

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.96 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.79 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.35 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.72 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 2

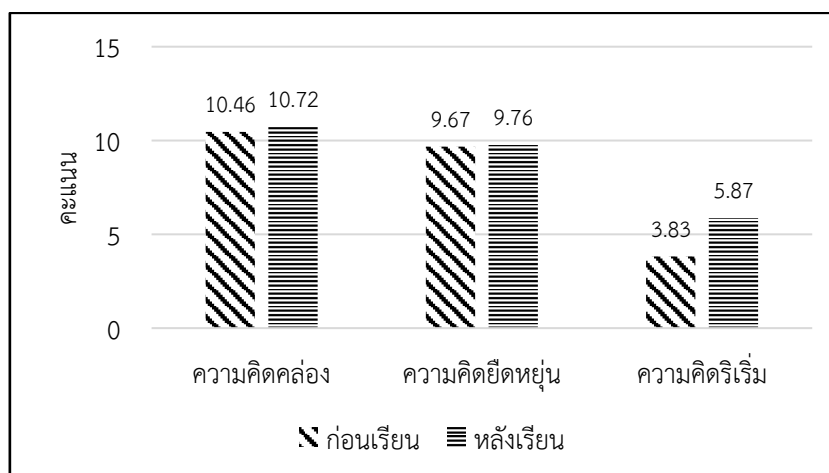
เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้แก่ ด้านความคิดคล่อง ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 10.46 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.87 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 10.72 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 ด้านความยืดหยุ่น ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.67 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.46 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.76 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 ด้านความคิดริเริ่ม ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.83 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.58 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.87 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.90 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดริเริ่มหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถจัดกระทำ และสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแบบภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 3

แผนภูมิที่ 2 คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



แผนภูมิที่ 3 คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



2.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาหาความสัมพันธ์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient: r_{xy}) ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (r_{xy}) ระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

	ด้านความคิด คล่อง	ด้านความคิด ยืดหยุ่น	ด้านความคิด ริเริ่ม	รวม
ด้านความคิดคล่อง	1.00			
ด้านความคิดยืดหยุ่น	.675**	1.00		
ด้านความคิดริเริ่ม	.448**	.392**	1.00	
รวม	.790**	.741**	.870**	1.00

** $p < .01$

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างด้านความคิดคล่องกับด้านความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 0.675 ด้านความคิดคล่องกับด้านความคิดริเริ่มเท่ากับ 0.448 และด้านความคิดยืดหยุ่นกับด้านความคิดริเริ่มเท่ากับ 0.392 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งสามค่าที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง และเมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มาหาความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (รวม) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (รวม) กับด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดยืดหยุ่น และด้านความคิดริเริ่มเท่ากับ 0.790 0.741 และ 0.870 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งสามค่าที่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์กันในระดับสูง

เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ (fluency)

พิจารณาจากจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถามทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ข้อละ 10 นาที โดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ได้คะแนน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีจำนวนคำตอบมากที่สุดของแต่ละข้อ ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 คือ “ถ้าโลกนี้ไม่มีพืช จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่” (ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 17) คือ น้ำท่วมเพราะไม่มีพืชช่วยดูดซับน้ำ สัตว์ดุร้ายเพราะต้องหาอาหารกินแทนพืช คนท้องผูกง่ายเพราะไม่มีอาหารจากเส้นใยพืช โลกร้อนขึ้นเพราะไม่มีตัวดูดซับคาร์บอน ระบบนิเวศไม่สมดุลเพราะขาดผู้ผลิต สารเคมีถูกสังเคราะห์เพิ่มขึ้นเพราะขาดสารที่ได้จากพืช สิ่งมีชีวิตอดตายเพราะไม่มีอาหารที่ได้จากพืช ไม่มีขนมที่ทำมาจากพืช สิ่งมีชีวิตเกิดการแย่งชิงอาหารเพราะไม่มีอาหารที่ได้จากพืช ไม่มีอาหารพวกมั่งสวิริติ ไม่มีการแสดงความรักโดยอาศัยดอกไม้เป็นสื่อ ไม่มีช็อคโกแลต คนเป็นโรคอ้วนเพราะกินอาหารจำพวกไขมัน ไม่มีบ้านที่ทำจากไม้ ไม่มี maple syrup ให้กิน คนภาคใต้ไม่มีอาชีพทำสวนยาง นักเรียนไม่มีดินสอใช้เขียน ไม่มีไม้กวาด ไม่มีเครื่องเทศไว้ปรุงอาหาร ไม่มีรสขมและรสหวานจากพืช ไม่ต้องเรียนวิชาพฤกษศาสตร์ คนทำอาชีพประมงและอุตสาหกรรม (มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 22 คำตอบ)

คำถามข้อที่ 2 คือ “ให้นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วยได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด” (ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 24) คือ ผลกล้วยทำกล้วยทอด ผลกล้วยทำกล้วยอบ ผลกล้วยทำกล้วยปั่น ผลกล้วยทำกล้วยเชื่อม ผลกล้วยทำโรตีสกล้วย ผลกล้วยทำสมูทตี้กล้วย ผลกล้วยทำพิชชากกล้วย ผลกล้วยใช้เป็นส่วนผสมในการทำอาหาร ผลกล้วยทำไอศกรีม ผลกล้วยทำเค้กกล้วย ผลกล้วยทำกล้วยเส้น ผลกล้วยบดสำหรับทารก ม้าก้านกล้วย อาหารสัตว์จากผลและหยวกกล้วย ผ่าบุ้ไ้ตะจากใบตอง ที่กันแดดและกันฝนจากใบตอง ผลกล้วยใช้ขัดผิว ใช้ใบตองคลุมดิน ทำที่อยู่ของสัตว์จากใบตองและต้นกล้วย ใช้เปลือกผลกล้วยขัดเล็บ ใช้ต้นกล้วยแห้งขึ้นหมาก (มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 21 คำตอบ)

คำถามข้อที่ 3 คือ “ให้นักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบข้าว ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้” (ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 1) คือ ทำข้าวผัด ข้าวต้ม โกโก้ครั้นช์ ข้าวยา ลูกอมรสข้าว โลชั่นจากข้าว แป้งฝุ่นจากข้าว สกรับผิวจากข้าว ลิปสติกจากข้าว แชมพูจากข้าว สบู่จากข้าว น้ำหอมจากข้าว เซรั่มจากข้าว มาส์กหน้า น้ำมันข้าว ครีมกันแดดจากข้าว ยาสีฟันจากข้าว โฟมล้างหน้าจากข้าว นำข้าวสารใส่ในบรรจุภัณฑ์ที่สวยงาม ข้าวอัดเม็ดพร้อมรับประทาน (มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 19 คำตอบ)

2. ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ (flexibility)

พิจารณาจากคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบมานั้น จะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่ม จะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน จากผลการพิจารณาคำตอบ ผู้วิจัยสามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้ชุดคำถามเดียวกับใช้วัดความคิดคล่อง ตัวอย่างคำถามคือ “ให้นักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า “วัตถุดิบข้าว” ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้” ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม

กลุ่มคำตอบ	นักเรียนกลุ่มที่ 1 (ตัวอย่างคำตอบของ นักเรียนคนที่ 1)	นักเรียนกลุ่มที่ 2 (ตัวอย่างคำตอบของ นักเรียนคนที่ 48)	นักเรียนกลุ่มที่ 3 (ตัวอย่างคำตอบของ นักเรียนคนที่ 26)
กลุ่มที่ 1 อาหารและ เครื่องดื่ม	ข้าวผัด, ข้าวต้ม, โกโก้ครั้นช์, ข้าวต้ม, ลูกอมรสข้าว, ข้าว อัดเม็ดพร้อมรับประทาน	ทำแป้งจากข้าว, ไอศกรีมรสข้าว, น้ำนมข้าว	ทำข้าวพอง
กลุ่มที่ 2 เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ ทำความสะอาด	โลชั่นจากข้าว, แป้งฝุ่นจากข้าว, สครับผิวจากข้าว, ลิปสติกจาก ข้าว, แชมพูจากข้าว, สบู่จากข้าว, น้ำหอมจากข้าว, เซรั่มจากข้าว, มาส์กหน้าน้ำนมข้าว, ครีมกัน แดดจากข้าว, ยาสีฟันจากข้าว, โฟมล้างหน้าจากข้าว	โลชั่นจากข้าว, ครีมบำรุงผิวจากข้าว, สบู่จากข้าว, ยาสีฟัน จากข้าว	สบู่จากข้าว, ครีมบำรุงผิวจากข้าว
กลุ่มที่ 3 การค้าขายและ การตลาด	นำข้าวสารใส่ในบรรจุภัณฑ์ ที่สวยงาม		ข้าวสารสีต่าง ๆ
กลุ่มที่ 4 ยารักษาโรค		ยาผงสมุนไพรจาก ข้าว	
กลุ่มที่ 5 ของที่ระลึก		ของชำร่วยจากข้าว	ของที่ระลึกจากข้าว
กลุ่มที่ 6 สิ่งของเครื่องใช้		เฟอร์นิเจอร์จากต้น ข้าว, บรรจุภัณฑ์จาก แกลบข้าว	ภาชนะจากแกลบ ข้าว
กลุ่มที่ 7 การศึกษาและ การวิจัย		สกัดสีจากข้าว, กระดาษจากใบข้าว, ชอล์กจากข้าว, แวกส์ สีข้าวจากข้าว	

จากตารางที่ 10 สามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนจากคำตอบเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มนักเรียนที่มีปริมาณคำตอบจำนวนมากแต่มีกลุ่มคำตอบจำนวนน้อย เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 1 มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 19 คำตอบ สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม กลุ่มเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และกลุ่มการค้าขายและการตลาด

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มนักเรียนที่มีปริมาณคำตอบและกลุ่มคำตอบจำนวนมาก เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 48 มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 15 คำตอบ สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้ 6 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม กลุ่มเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด กลุ่มยารักษาโรค กลุ่มของที่ระลึก กลุ่มสิ่งของเครื่องใช้ และกลุ่มการศึกษาและการวิจัย

กลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มนักเรียนที่มีปริมาณคำตอบจำนวนน้อยแต่มีกลุ่มคำตอบจำนวนมาก เช่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 26 มีจำนวนคำตอบทั้งสิ้น 6 คำตอบ สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้ 5 กลุ่ม คือ กลุ่มอาหารและเครื่องดื่ม กลุ่มเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และกลุ่มการค้าขายและการตลาด กลุ่มของที่ระลึก และกลุ่มสิ่งของเครื่องใช้

3. ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ (originality)

พิจารณาจากคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึงความคิดริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยคำตอบนั้นจะต้องไม่ซ้ำกับเพื่อนในห้องทั้ง 48 คน ถ้านักเรียนคนใดมีปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกับเพื่อนในห้องจำนวนมาก ก็จะได้คะแนนในด้านความคิดริเริ่มมากตามไปด้วย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงออกถึงความคิดริเริ่มพิจารณาแต่ละข้อ ดังนี้

เมื่อนำคำตอบที่ได้จากคำถามข้อที่ 1 คือ “ถ้าโลกนี้ไม่มีพืช จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่” ของนักเรียนทั้งหมดในห้องมาวิเคราะห์คำตอบแล้วพบว่า ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนในห้องตอบซ้ำกันมากที่สุด 5 อันดับแรกคือ น้ำท่วมเพราะไม่มีพืชคอยดูดซับน้ำ โลกร้อนขึ้นเพราะไม่มีพืชดูดซับคาร์บอนจากบรรยากาศ ระบบนิเวศไม่สมดุลเพราะขาดผู้ผลิต ไม่มีอาหารจากพืชไว้กิน และสิ่งมีชีวิตเกิดการสูญพันธุ์เพราะขาดอาหาร และเมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนที่มีจำนวนคำตอบไม่ซ้ำกับเพื่อนในห้องเรียงจากน้อยไปมาก ได้แก่ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 5 มี 1 คำตอบคือ ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้นเพราะไม่มีต้นไม้เป็นเชื้อเพลิง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ 12 มี 2 คำตอบคือ คนมีผิวดำมากขึ้นเพราะไม่มีพืชไว้หลบแดด ชั้นโอโซนถูกทำลายเพิ่มขึ้นเพราะไม่มีพืชคอยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่คนที่ 7 มี 3 คำตอบคือ มีพื้นที่ว่างเพิ่มขึ้นพื้นดินแห้งแล้งเพราะไม่มีพืชคอยดูดซับน้ำไว้ในดิน มนุษย์มีทักษะการล่าสัตว์เพิ่มขึ้นเพราะต้องกินอาหารที่ได้จากสัตว์แทนการกินพืช ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 23 มีมากกว่า 4 คำตอบคือ คนเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น มนุษย์อาศัยอยู่ในถ้ำเพราะไม่สามารถสร้างบ้านจากไม้ได้ ร่างกายมีอวัยวะเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยอาหารพวกเนื้อสัตว์ ไม่มีโครงการวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับพืช ไม่มีอาชีพที่ทำงานเกี่ยวกับพืช

เมื่อนำคำตอบที่ได้จากคำถามข้อที่ 2 คือ “ให้นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จาก ส่วนต่าง ๆ ของกล้วยได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด” ของนักเรียนทั้งหมดในห้องมาวิเคราะห์ คำตอบแล้วพบว่า ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนในห้องตอบซ้ำกันมากที่สุด 5 อันดับแรกคือ ของเล่นจาก ต้นกล้วย กล้วยบวชชี ใช้กล้วยเป็นส่วนประกอบในอาหาร อาหารสัตว์จากต้นกล้วย และกระถางจาก ต้นกล้วย และเมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนที่มีจำนวนคำตอบไม่ซ้ำกับเพื่อนในห้องเรียงจากน้อย ไปมาก ได้แก่ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 24 มี 1 คำตอบคือ โรตีกกล้วย ตัวอย่างคำตอบของ นักเรียนคนที่ 4 มี 2 คำตอบคือ สมูทตี้กล้วย พิซซากล้วย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 9 มี 3 คำตอบคือ ผ้าปูโต๊ะจากใบตอง คลุมดินด้วยใบตอง ไล่งูด้วยใบตอง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 18 มีมากกว่า 4 คำตอบคือ ที่ปูที่นอนจากใบตอง ที่ขัดผิวจากหยวกกล้วย รองเท้าจากหยวกกล้วย พอกผิวด้วยผลกล้วย สمانแผลด้วยเปลือกกล้วย

เมื่อนำคำตอบที่ได้จากคำถามข้อที่ 3 คือ “ให้นักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหา อย่งไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบข้าว ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้” ของนักเรียนทั้งหมดในห้องมาวิเคราะห์คำตอบแล้วพบว่า ตัวอย่างคำตอบที่นักเรียนในห้องตอบซ้ำกันมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ สบู่จากข้าว เค้กข้าว เครื่องดื่มผสมข้าว โลชั่นจากข้าว และครีมบำรุงผิวจากข้าว และเมื่อพิจารณา คำตอบของนักเรียนที่มีจำนวนคำตอบไม่ซ้ำกับเพื่อนในห้องเรียงจากน้อยไปมาก ได้แก่ ตัวอย่าง คำตอบของนักเรียนคนที่ 18 มี 1 คำตอบคือ ลิปสติคจากข้าว ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 34 มี 2 คำตอบคือ โลชั่นจากข้าว พุดดิ้งจากข้าว ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 28 มี 3 คำตอบคือ สบู่เก๋ตั้งจากข้าว เครื่องปรุงรสจากข้าว ซาซาวผสมข้าว ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนคนที่ 43 มี มากกว่า 4 คำตอบคือ ทาโยยากิไส้ข้าว ข้าวกลั่นสมุนไพร นมข้าวสำหรับทารกแพ้นมวัว ฉนวนกัน ความร้อนจากเส้นใยข้าว สปันน้ำข้าวข้าว อาหารเม็ดคาร์โบไฮเดรตจากข้าว

ผลการบันทึกข้อมูลภาคสนาม

จากการศึกษาและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนาม ของผู้วิจัยและการสัมภาษณ์นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกคิดเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา จากปัญหาที่เกิดขึ้น จริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น เมื่อผู้สอนเสนอสถานการณ์เรื่องบรรจุภัณฑ์อาหารที่ทำมาจาก โฟมผ่านการชมวีดิทัศน์และอ่านบทความ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันแสดงความคิดเห็นต่อ ปัญหาการใช้กล่องโฟมว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อตนเองและสังคม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละ กลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือผลกระทบจากการใช้กล่องโฟมได้อย่างหลากหลาย ไม่ซ้ำกับเพื่อนกลุ่ม อื่น ๆ ภายในระยะเวลาที่กำหนดให้ ซึ่งสามารถสรุปประเด็นที่นักเรียนนำเสนอได้ดังนี้ ผลกระทบต่อ สุขภาพ เช่น เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณขยะย่อยสลาย ยากเพิ่มขึ้น การศึกษา เช่น คนขาดความรู้ความเข้าใจในการบริโภคอาหารที่ปลอดภัย พ่อค้าไม่ทราบ ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใส่อาหารร้อน ๆ ลงกล่องโฟม พฤติกรรมของมนุษย์ เช่น เกิดนิสัยมั่งง่าย รักความสะดวกสบาย เศรษฐกิจ เช่น ราคาโฟมถูกกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกันทำให้คนเลือกใช้ สินค้าที่ถูกกว่า

เมื่อนักเรียนได้ทำความเข้าใจกับปัญหาข้างต้นแล้ว ผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดและหาแนวทางในการแก้ปัญหาผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานออกมาภายใต้แนวคิด”เปลี่ยนไอเดียสร้างสรรค์ สร้างบรรจุภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อม” โดยก่อนที่นักเรียนจะเริ่มลงมือสร้างชิ้นงานนั้น ผู้สอนได้กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนลงมือปฏิบัติงานเพื่อให้นักเรียนเข้าใจและดำเนินงานไปในทิศทางที่ถูกต้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนให้แต่ละกลุ่มสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์จากพืชในท้องถิ่นที่ผู้เรียนสนใจ กลุ่มละ 1 ชิ้น 2. กระดาษจากเส้นใยพืชที่นักเรียนสร้างขึ้นจะมีการทดสอบคุณภาพต่าง ๆ เช่น การหาน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความเหนียว และการซึมผ่านน้ำ การทดสอบต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่นักเรียนจะต้องคำนึงถึง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และช่วยกันตั้งคำถามและรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม จากการสังเกตพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดที่จะสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างน่าสนใจ ตัวอย่างเช่น กลุ่ม 1 “ต้องการสร้างบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารแห้งที่ทำมาจากเปลือกฝักข้าวโพด ที่สามารถดูดความชื้นได้แทนการใช้ silica gel ซึ่งเป็นสารที่มีกรดกำมะถันสะสมอยู่ และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ชิ้นนี้จึงตอบโจทย์ของการรักษาคุณภาพของอาหารโดยปราศจากกรดกำมะถัน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม” กลุ่ม 2 “สร้างกล่องใส่สิ่งของจากกากกล้วยที่สามารถรับน้ำหนักสิ่งของได้เยอะ” กลุ่ม 3 “บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารทอดจากดอกธูปฤาษี ที่สามารถซับน้ำมันได้ดี” และกลุ่ม 4 “บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารจากกากกล้วย” เป็นต้น

เมื่อแต่ละกลุ่มได้ลงมือปฏิบัติจริง จากการสังเกตพบว่า บางกลุ่มประสบปัญหาในระหว่างการทำงาน ได้ชิ้นงานที่ไม่ได้ตามที่หวังไว้ เช่น เส้นใยของพืชไม่ได้ประสานเนื้อเดียวกัน แห่งกรอบและแตกหักง่าย ไม่สามารถนำไปต่อยอดได้ พวกเขาจึงได้คิดหาแนวทางแก้ปัญหาใหม่ โดยการเพิ่มตัวประสานเข้าไปเช่น แป้งมัน จากผลการแก้ปัญหาดังกล่าว ทำให้ได้ชิ้นงานตามที่นักเรียนต้องการ และสามารถดำเนินการสร้างบรรจุภัณฑ์ต่อไปได้ บางกลุ่มเจอปัญหาเส้นใยพืชที่ผ่านการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือป่นด้วยเครื่องปั่นแล้วได้เส้นใยที่ไม่ละเอียด เนื่องจากเส้นใยพืชที่ใช้มีความเหนียว จึงทำให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เรียบ และไม่สวยงาม พวกเขาแก้ปัญหาโดยการหาสารเคมีที่จะไปช่วยย่อยเส้นใยให้ละเอียดมากขึ้น และยังช่วยลดเวลาในการย่อยสลายเส้นใยให้เร็วขึ้น พบว่าพวกเขาเลือกใช้โซดาไฟสำหรับใช้ย่อยเส้นใยพืชที่จะนำสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่สิ่งของ และบางกลุ่มใช้ปูนขาว บางกลุ่มใช้ซีเมนต์ สำหรับใช้ย่อยเส้นใยพืชที่จะนำสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหาร เป็นต้น

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

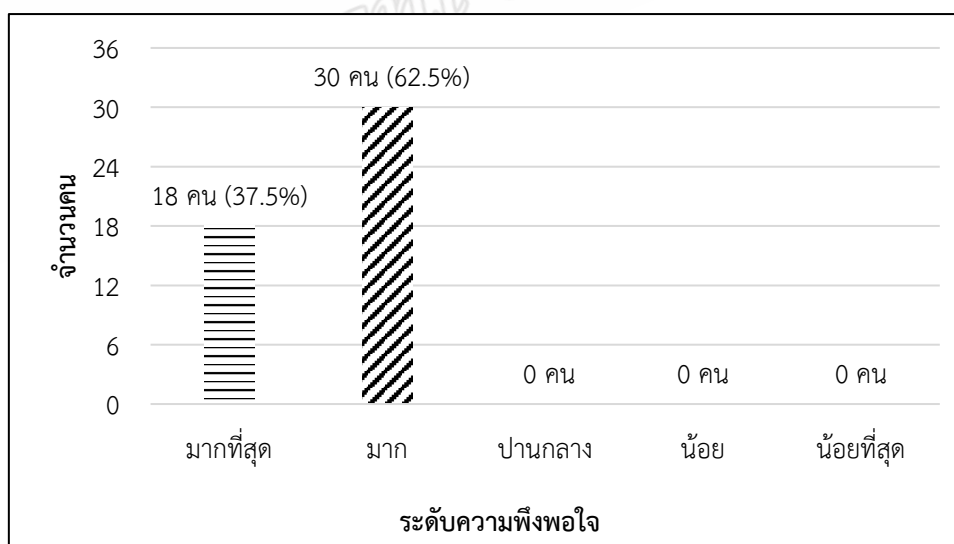
การศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ประเมินความพึงพอใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ สามารถนำเสนอได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 11 จำนวนและร้อยละของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยพิจารณาความถี่

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
4.51 – 5.00	มากที่สุด	18	37.5
3.51 – 4.50	มาก	30	62.5
2.51 – 3.50	ปานกลาง	-	
1.51 – 2.50	น้อย	-	
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด	-	
รวม		48	100

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุดจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากจำนวน 30 คนคิดเป็นร้อยละ 62.5 และไม่พบความพึงพอใจในระดับปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จากผลการศึกษาระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่ข้างต้น สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแผนภูมิได้ดัง แผนภูมิที่ 4

แผนภูมิที่ 4 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่



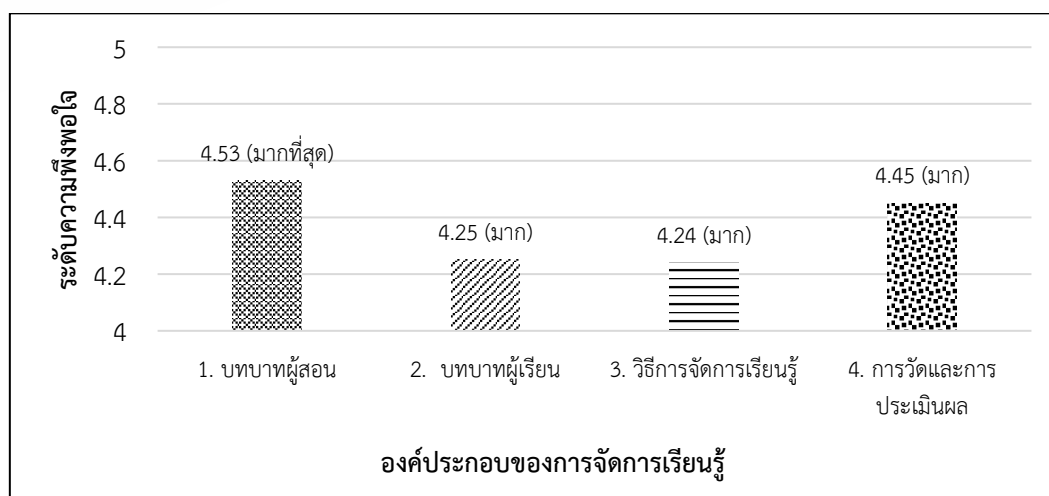
เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทนักเรียน ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
1. บทบาทผู้สอน	4.53	0.60	มากที่สุด	1
2. บทบาทนักเรียน	4.25	0.74	มาก	3
3. วิธีการจัดการเรียนรู้	4.24	0.77	มาก	4
4. การวัดและการประเมินผล	4.45	0.63	มาก	2
รวม	4.37	0.69	มาก	

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อย พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในด้านบทบาทผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12 รองลงมามีความพึงพอใจในด้านบทบาทนักเรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผลอยู่ในระดับมาก คือมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.25, 0.09, 4.24, 0.13, 4.45, 0.05 ตามลำดับ เมื่อจัดอันดับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อด้านบทบาทผู้สอนเป็นอันดับหนึ่ง ด้านการวัดและการประเมินผลเป็นอันดับที่สอง ด้านบทบาทนักเรียนเป็นลำดับที่สาม และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับที่สี่ ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแบบภูมิได้ตั้งแผนภูมิที่ 5

แผนภูมิที่ 5 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ



สำหรับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาในแต่ละรายการ สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับและอันดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
บทบาทผู้สอน				
1. ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี	4.54	0.60	มากที่สุด	3
2. ผู้สอนมีการจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก	4.31	0.77	มาก	5
3. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม แสดงความคิดเห็นและร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน	4.72	0.46	มากที่สุด	1
4. ผู้สอนให้กำลังใจและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น	4.62	0.54	มากที่สุด	2
5. ผู้สอนจัดเตรียม ตำรา เอกสาร สื่อ ข้อมูลที่น่าสนใจให้แก่เรียนอย่างสม่ำเสมอ	4.41	0.72	มาก	4
6. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.62	0.49	มากที่สุด	2
ภาพรวมบทบาทผู้สอนเฉลี่ย	4.53	0.60	มากที่สุด	
บทบาทนักเรียน				
7. นักเรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมที่ตนเองชอบและสนใจ	4.08	0.81	มาก	7
8. นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเองได้	4.10	0.88	มาก	6
9. นักเรียนมีโอกาสอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น	4.41	0.72	มาก	2
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวิชาอื่น	4.13	0.61	มาก	5

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับและอันดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
11. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียน มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงาน	4.36	0.67	มาก	3
12. นักเรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบ และเลือกแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.15	0.78	มาก	4
13. นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม	4.51	0.68	มากที่สุด	1
ภาพรวมบทบาทนักเรียนเฉลี่ย	4.25	0.74	มาก	
วิธีการจัดการเรียนรู้				
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวกับสังคมในท้องถิ่น	4.31	0.61	มาก	2
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน แสวงหาความรู้โดยใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น	4.44	0.68	มาก	1
16. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์	4.28	0.83	มาก	3
17. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์	4.31	0.69	มาก	2
18. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน	4.23	0.84	มาก	4
19. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	3.90	0.97	มาก	5
ภาพรวมวิธีการจัดการเรียนรู้เฉลี่ย	4.24	0.77	มาก	

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับและอันดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
การวัดและการประเมินผล				
20. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลนักเรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.33	0.66	มาก	6
21. ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล	4.41	0.68	มาก	4
22. เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความเป็นไปได้ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน	4.46	0.64	มาก	3
23. การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้	4.51	0.56	มากที่สุด	2
24. ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินผลได้เหมาะสมกับการเรียนรู้	4.38	0.63	มาก	5
25. การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของนักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล	4.59	0.59	มากที่สุด	1
ภาพรวมการวัดและการประเมินผลเฉลี่ย	4.45	0.63	มาก	
ภาพรวมความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ย	4.37	0.69	มาก	

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.37 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 0.69 และพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ใน 2 ระดับ คือ ความพึงพอใจในระดับมากที่สุดกับความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งความพึงพอใจในระดับมากที่สุดมี 7 ข้อ และความพึงพอใจในระดับมากมี 18 ข้อ เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ พบว่าด้านบทบาทผู้สอนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม แสดงความคิดเห็นและร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน อันดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2 ข้อ คือ 1. ผู้สอนให้กำลังใจและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้

นักเรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และอันดับที่ 3 คือ ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 4.62 และ 4.54 ตามลำดับ ด้านบทบาทนักเรียนมีระดับความพึงพอใจมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 เมื่อพิจารณาเป็นรายชื่อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม อันดับที่ 2 คือ นักเรียนมีโอกาสนอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น และอันดับที่ 3 คือ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียน มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 4.41 และ 4.36 ตามลำดับ ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้มีระดับความพึงพอใจมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.77 เมื่อพิจารณาเป็นรายชื่อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน แสวงหาความรู้โดยใช้ทรัพยากรในห้องเรียน อันดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2 ข้อ คือ 1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวกับสังคมในห้องเรียน 2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์ และอันดับที่ 3 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 4.31 และ 4.28 ตามลำดับ และด้านการวัดและการประเมินผลมีระดับความพึงพอใจมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 เมื่อพิจารณาเป็นรายชื่อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของนักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล อันดับที่ 2 คือ การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน และสามารถตรวจสอบได้ และอันดับที่ 3 คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความเป็นไปได้ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 4.51 และ 4.46 ตามลำดับ

ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนในแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สำหรับความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนในแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ออกมาในแต่ละประเด็นที่นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมออกมา สามารถแสดงเป็นแผนภาพ (ภาพประกอบ 12)

ภาพประกอบ 12 ความคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประเด็นที่ 1 สิ่งที่นักเรียนชอบในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ได้สร้างสรรค์ผลงานจากพืชในท้องถิ่น
2. สนุก ตื่นเต้น ในช่วงของการทดสอบคุณภาพของเส้นใยพืชที่จะนำมาสร้างบรรจุภัณฑ์
3. ได้ฝึกการสังเกต และแยกแยะข้อแตกต่างระหว่างพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
4. ได้แลกเปลี่ยนไอเดียใหม่ ๆ กับเพื่อน ๆ
5. ครูให้กำลังใจเสมอ และสร้างแรงจูงใจในการที่จะสร้างสรรค์ผลงาน
6. ได้มีโอกาสลงสำรวจพืชพรรณไม้ในท้องถิ่น รู้จักชื่อพืชมากขึ้น

ประเด็นที่ 2 สิ่งที่นักเรียนไม่ชอบในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ระยะเวลาในการทำบรรจุภัณฑ์น้อยเกินไป
2. เนื้อหาเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกเป็นเนื้อหาที่มีรายละเอียดที่ต้องจดจำเยอะ
3. เพื่อนบางคนไม่ให้ความร่วมมือ
4. ในช่วงเวลาที่ครูให้นักเรียนสร้างบรรจุภัณฑ์ตรงกับช่วงเวลาที่นักเรียนทำโครงการทำให้นักเรียนมีภาระงานเพิ่มมากขึ้น

ประเด็นที่ 3 สิ่งที่นักเรียนได้รับจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. ได้ฝึกทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม
2. ฝึกการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ
3. ช่วยพัฒนาการคิดอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ
4. ฝึกความกล้า กล้าคิด กล้าทำสิ่งใหม่ ๆ โดยไม่กลัวกับปัญหาที่เกิดขึ้น และพร้อมที่จะแก้ไขเมื่อพบเจอกับปัญหา
5. สามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานออกไม่ได้
6. เป็นการเรียนรู้ที่สามารถบูรณาการความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
7. เป็นการเรียนรู้ที่ไม่ต้องผ่านการท่องจำเนื้อหาที่เรียน

ประเด็นที่ 4 สิ่งที่นักเรียนอยากให้ผู้สอนปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. เพิ่มเวลาในการเรียนมากขึ้น
2. จัดกลุ่มนักเรียนให้พิจารณาถึงความรับผิดชอบของแต่ละบุคคลด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปราย ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 3 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง ม.5/1 จำนวน 49 คน ห้อง ม.5/2 จำนวน 45 คน และห้อง ม.5/3 จำนวน 48 คน รวมทั้งสิ้น 142 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 48 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ตามหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาสอนทั้งหมด 18 ชั่วโมง จำนวน 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

5. ตัวแปรในการวิจัย

- 5.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 5.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
 - 5.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
 - 5.2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 18 ชั่วโมง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย
 - 2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.27 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.70 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82
 - 2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ โดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79
 - 2.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert Scale) จำนวน 25 ข้อ ค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (alpha coefficient) ของ Cronbach เท่ากับ 0.95
3. แบบบันทึกภาคสนาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 18 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จากการสอบถามผู้สอนที่ผ่านการสอนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาสภาพสังคม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และปัญหาต่าง ๆ ของชุมชนของนักเรียนด้วย
2. ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดของหน่วยการเรียนรู้ เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ สำคัญ แหล่งเรียนรู้ สื่อ และการวัดผลและการประเมินผลจากหนังสือเรียน และคู่มือการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้สอน
3. ศึกษากระบวนการและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

4. ปฐมนิเทศ ซึ่งแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของผู้เรียนและผู้สอน
5. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้
 - 5.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 30 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที
 - 5.2 นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบข้อละ 10 นาที รวมเป็น 30 นาที โดยที่แต่ละข้อครูจะจับเวลา เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด ครูให้นักเรียนทำข้อถัดไป
6. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบบันทึกภาคสนาม
7. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้
 - 7.1 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก จำนวน 30 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที
 - 7.2 นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ โดยมีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
 - 7.3 นักเรียนทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป
8. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ประมวลผลและเรียบเรียง นำเสนอในรูปความเรียง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
 - 1.1 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ทำการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
 - 1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)
 - 1.3 คำนวณคะแนนพัฒนาการจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาแปลผลตามเกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาลี (2552: 266-268) ดังนี้

คะแนน 76 - 100 หมายถึง พัฒนาการระดับสูงมาก

คะแนน 51 - 75 หมายถึง พัฒนาการระดับสูง

คะแนน 26 - 50 หมายถึง พัฒนาการระดับกลาง

คะแนน 0 - 25 หมายถึง พัฒนาการระดับต้น

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทำการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.2 เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)

2.3 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาแปลผลกับระดับความสัมพันธ์ตามเกณฑ์ของวอร์ธีย์ เกมเกตต์ (2555: 375) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.70 - 0.90 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับสูง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.30 - 0.69 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับกลาง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ต่ำกว่า 0.30 หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับต่ำ

3. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

3.1 หาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2546: 100) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของ Cronbach

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนามของแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาประมวลผลและ เรียบเรียงนำเสนอในรูปแบบเรียง

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับความพึงพอใจมาก

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ก่อนเรียนเท่ากับ 12.06 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.57 และมีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังเรียนเท่ากับ 24.69 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.11 ซึ่งเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาเปรียบเทียบพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนัสนรินทร์ ป้อชา (2557: 5) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558: 401) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han (2014) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ STEM PBL สามารถส่งผลให้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ อีกทั้งยังช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

จากการศึกษาคะแนนพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูงมาก จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 50.0 มีพัฒนาการระดับสูง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 31.3 มีพัฒนาการระดับกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14.6 และมีพัฒนาการระดับต้น จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนุรอาชีกัน สาและ (2560:42) ที่ได้ศึกษาคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับพัฒนาการสูงมาก จำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 9.52 มีพัฒนาการระดับสูงจำนวน 10 คนคิดเป็นร้อยละ 47.62 มีพัฒนาการระดับกลางจำนวน 9 คนคิดเป็นร้อยละ 42.86 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับสูง

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ผ่านการทำกิจกรรมที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะในการทำงานร่วมกัน รวมไปถึงการได้ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำความรู้ความรู้อื่นๆ ไปประยุกต์ใช้ทำให้เห็นคุณค่าของการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful learning) ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว (ประสาธน์เนืองเฉลิม, 2557)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ขั้นการระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จากผลการสังเกตและบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น พบว่าในขั้นตอนแรก ผู้สอนนำเสนอปัญหาผ่านการแสดงบทบาทสมมติเป็นผู้บริโภค และให้นักเรียนในห้องเป็นพ่อค้าขายอาหารตามสั่ง การดำเนินเรื่องเช่นนี้เพื่อต้องการเสนอพฤติกรรมผู้บริโภคอาหารของผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกสบาย และความรวดเร็ว จนมองข้ามผลเสียที่อาจจะเกิดขึ้นตามมาจากการใช้กล่องโฟมบรรจุอาหาร จากนั้นผู้สอนเปิดวิดีโอทัศน์เรื่องโทษของกล่องโฟมบรรจุอาหาร และให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นจากการรับชมวิดีโอทัศน์ จากการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตกใจและไม่เคยทราบเรื่องนี้มาก่อน จากนั้นผู้สอนให้ผู้เรียนอ่านบทความเรื่อง “อย่าไวใจทาง อย่าวางใจโฟม” และให้ผู้เรียนช่วยกันแสดงความคิดเห็นต่อปัญหาการใช้กล่อง

โฝมว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อตนเองและสังคม ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียน กลุ่มละ 4-5 คน และให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้ ผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณขยะย่อยสลายยากเพิ่มขึ้น เศรษฐกิจ เช่น ราคาโฝมถูกกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกัน การศึกษา เช่น คนขาดความรู้ความเข้าใจในการบริโภค พืชที่ไม่ทราบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใส่อาหารร้อน ๆ ลงกล่องโฝม พฤติกรรม เช่น เกิดนิสัยง่าย รักความสะดวกสบาย ในขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องพยายามสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัว ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม ส่งผลให้นักเรียนตระหนักต่อปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนเข้าใจปัญหาอย่างท่องแท้ และสามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังได้รับแรงเสริมที่ดีจากผู้สอน ก็จะทำให้ผู้เรียนเห็นค่าความสำคัญของปัญหาอันจะนำมาซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

จากนั้นผู้สอนกำหนดกรอบแนวคิดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ภายใต้วลี “Change เปลี่ยนไอเดียสร้างสรรค์ สร้างบรรจุภัณฑ์ รักษ์สิ่งแวดล้อม” และกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนลงมือปฏิบัติงานเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและดำเนินงานไปในทิศทางที่ถูกต้อง ดังนี้ 1. ผู้สอนให้แต่ละกลุ่มสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์จากพืชในท้องถิ่นที่ผู้เรียนสนใจกลุ่มละ 1 ชิ้น 2. การทดสอบคุณภาพของเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช เช่น การหาน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความเหนียว และการซึมผ่านน้ำของเยื่อกระดาษ การทดสอบต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้เรียนจะต้องคำนึงถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะทำการวางแผน สืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ทางอินเทอร์เน็ต ห้องสมุด อาจารย์ และคนในชุมชนของผู้เรียน ในช่วงคาบเรียนวิชาชีววิทยานักเรียนแต่ละกลุ่มจะนำพืชชนิดต่าง ๆ ที่ได้ผ่านการสืบค้นมาทำการศึกษาข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ชื่อสามัญ ชื่อวิทยาศาสตร์ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ โครงสร้างภายในและภายนอกของ ราก ลำต้น และใบ จากการสำรวจพบว่า แต่ละกลุ่มมีการเลือกศึกษาพืชที่หลากหลายชนิดไม่ซ้ำกัน บางกลุ่มเลือกศึกษาพืชเพียงชนิดเดียว บางกลุ่มเลือกศึกษาพืชมากกว่า 1 ชนิด เช่น ละหุ่ง กัลยัย ผักตบชวา ฐปลาชื้อ ข้าวโพด ข้าว สับปะรด จากนั้นบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในสมุดบันทึกประจำกลุ่ม นอกจากนี้ ผู้สอนได้จัดเตรียมปฏิบัติการเรื่องการคายน้ำของพืช การลำเลียงน้ำและสารอาหารและอาหารของพืชให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วย จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษามานำเสนอหน้าชั้นเรียนพร้อมทั้งแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม ด้วยวิธีการนี้ทำให้ผู้เรียนได้รู้จักพืชมากขึ้น โดยเฉพาะพืชในท้องถิ่น

เมื่อนักเรียนมีข้อมูลทางด้านพฤกษศาสตร์ของพืชประจำกลุ่มเพียงพอแล้ว ขั้นตอนต่อไป นักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มดำเนินการวางแผน หาข้อมูลในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มศึกษาวิธีการในการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืชว่ามีขั้นตอนอย่างไรในการผลิต โดยคำนึงถึงลักษณะของวัตถุดิบหลัก รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ ต้นทุน ความปลอดภัย ฯลฯ เป็นต้น จากนั้นแต่ละกลุ่มลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกมา 1 วิธีในการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการสร้างบรรจุภัณฑ์ต่อไป นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืชตามแผนที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนนี้

นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทดลอง สังเกต ด้วยตนเอง เมื่อพบเจอปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตัวเองเพิ่มขึ้นจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อที่จะหาแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเพิ่มมากขึ้นโดยที่ไม่รู้ตัว

เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้เยื่อกระดาษจากเส้นใยพีชมาแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำเยื่อกระดาษมาทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดสอบหาน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความเหนียว และการซึมผ่านน้ำ จากนั้นบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้ประเมินเยื่อกระดาษที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์หรือไม่ จะต้องแก้ไขหรือปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นอย่างไร จากการสังเกตนักเรียนบางกลุ่มมีผลการทดสอบที่ดีในทุกการทดสอบโดยเฉพาะการทดสอบความเหนียว พบว่า เยื่อกระดาษสามารถรับน้ำหนักของทรายได้มากถึง 10 กิโลกรัมนั่นหมายถึงกระดาษมีความเหนียวสูงมากที่จะรับน้ำหนักของสิ่งของได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีบางกลุ่มที่เยื่อกระดาษสามารถรับน้ำหนักได้เพียง 1 – 2 กิโลกรัมเท่านั้น ทำให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวต้องพยายามคิดหาเหตุผลว่าทำไมเยื่อกระดาษจากเส้นใยพีชของตัวเองมีความสามารถรับน้ำหนักของทรายได้น้อย จึงนำมาซึ่งการค้นคว้าหาแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการผลิตบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติเรียบร้อยแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีการนำเสนอบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มตนเองให้แก่เพื่อน ๆ ในชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยผู้สอนให้นักเรียนจัดนิทรรศการแสดงผลงานในห้องเรียน

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนที่เปลี่ยนไป จากผู้รับความรู้กลายเป็นผู้แสวงหาความรู้ จนค้นพบข้อเท็จจริง และสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ทดลอง สังเกตด้วยตนเอง อีกทั้งนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะเห็นประโยชน์ คุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ถือเป็นเตรียมนักเรียนในการเรียนต่อไปในชั้นสูง เกิดการเพิ่มโอกาสการทำงานในอนาคต การเพิ่มมูลค่า และการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศด้านเศรษฐกิจได้ (พรทิพย์ ศิริภักทรชัย, 2556: 49)

ผลการวิจัยได้สรุปว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามที่สมมติฐานวางไว้

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 23.96 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.79 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.35 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.72 และเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ก่อนและหลังได้รับการ

จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาเปรียบเทียบพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ด้านความคิดคล่อง ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.46 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.87 ส่วนหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.72 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 ด้านความยืดหยุ่น ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.67 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.46 ส่วนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.76 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.54 ด้านความคิดริเริ่ม ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.83 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.58 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.87 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.90 และเมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มาเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดริเริ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น ก่อนและหลังเรียนไม่มีความแตกต่างกัน

เมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาหาความสัมพันธ์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างด้านความคิดคล่องกับความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดคล่องกับความคิดริเริ่ม ด้านความคิดยืดหยุ่นกับความคิดริเริ่มมีค่าเท่ากับ 0.675 0.448 และ 0.392 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทางบวกในระดับปานกลาง และยังพบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับองค์ประกอบ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดยืดหยุ่น และด้านความคิดริเริ่มเท่ากับ 0.790 0.741 และ 0.870 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทางบวกในระดับสูง

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์อันนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ใช้ความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จาก การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนพบว่า เมื่อผู้สอนจัดสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยหรือสนใจ ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนรู้ในชั้นระบุนปัญหาในชีวิตจริง ผู้สอนได้หยิบยกสถานการณ์เรื่อง การใช้กล่องโฟมบรรจุอาหาร โดยเปิดวิดีโอ และให้นักเรียนอ่านบทความที่เกี่ยวข้อง จากนั้นให้นักเรียนระบุนปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้กล่องโฟมบรรจุอาหาร ในขั้นตอนนี้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเป็นอิสระ ไม่มีผิดถูก เพื่อกระตุ้นนักเรียนระบุน

ปัญหาให้ได้มากที่สุด จากการระบุปัญหาของนักเรียนสามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้ ประเด็นด้านผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง ประเด็นด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณขยะย่อยสลายยากเพิ่มขึ้น ประเด็นด้านเศรษฐกิจ เช่น ราคาโพลีเอทิลีนสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ประเด็นด้านการศึกษา เช่น คนขาดความรู้ความเข้าใจในการบริโภค พลาสติกไม่ทราบผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใส่อาหารร้อน ๆ ลงกล่องโพลี ประเด็นด้านพฤติกรรม เช่น เกิดนิสัยมักง่าย รักความสะดวกสบาย จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนนี้นักเรียนได้ระบุปัญหาที่สามารถเป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างหลากหลาย เมื่อนักเรียนเข้าใจปัญหาอย่างดีแล้ว ผู้สอนกำหนดให้นักเรียนสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์จากพืชในท้องถิ่นภายใต้แนวคิด "Change เปลี่ยนไอเดียสร้างสรรค์ สร้างบรรจุภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อม" จากนั้นผู้สอนให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น งานวิจัย ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญหรือชาวบ้านในชุมชน และหนังสือที่เกี่ยวข้องกับพืชที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตลอดจนขั้นตอนในการสร้างบรรจุภัณฑ์ จากการสำรวจพบว่า นักเรียนเลือกใช้พืชที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการสร้างบรรจุภัณฑ์ได้หลายชนิด ได้แก่ กล้วย ผักตบชวา ทุปถาษี ข้าวโพด ข้าว สับปะรด โดยนักเรียนให้เหตุผลต่อการเลือกใช้พืชในการสร้างบรรจุภัณฑ์ต่างกัน ตัวอย่างเช่น กลุ่ม 1 "ต้องการสร้างบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารแห้งที่ทำมาจากเปลือกฝักข้าวโพด ที่สามารถดูดความชื้นได้แทนการใช้ silica gel ซึ่งเป็นสารที่มีกรดกำมะถันสะสมอยู่ และอาจเป็นอันตรายต่อร่างกาย ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ชิ้นนี้จึงตอบโจทย์ของการรักษาคุณภาพของอาหารโดยปราศจากกรดกำมะถัน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม" กลุ่ม 2 "สร้างกล่องใส่สิ่งของจากกาบกล้วยที่สามารถรับน้ำหนักสิ่งของได้เยอะ" กลุ่ม 3 "บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารทอดจากดอกทุปถาษี ที่สามารถซับน้ำมันได้ดี" กลุ่ม 4 "บรรจุภัณฑ์ใส่อาหารจากกาบกล้วย" เป็นต้น จากนั้นนักเรียนลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนและวิธีการที่ได้วางแผนไว้ โดยผู้สอนเป็นผู้คอยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์และติดตามความก้าวหน้าของการทำงานของนักเรียนตลอดจนคอยให้คำชี้แนะ และให้ความรู้เพิ่มเติมที่จำเป็น กระตุ้นนักเรียนให้คิดเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา หรือช่วยเหลือให้นักเรียนให้สามารถทำตามแผนที่วางไว้จนบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่นักเรียนกำหนดไว้

จากการสังเกตพบว่าบางกลุ่มประสบปัญหาในระหว่างการทำงาน ได้ชิ้นงานที่ไม่ได้ตามที่หวังไว้ เช่น เส้นใยของพืชไม่ได้ประสานเนื้อเดียวกัน แห้งกรอบและแตกหักง่าย ไม่สามารถนำไปต่อยอดได้ พวกเขาจึงได้คิดหาแนวทางแก้ปัญหาใหม่ โดยการเพิ่มตัวประสานเข้าไปเช่น แป้งมัน จากผลการแก้ปัญหาดังกล่าว พวกเขาได้ชิ้นงานตามที่พวกเขาต้องการ และดำเนินการสร้างบรรจุภัณฑ์ต่อไป บางกลุ่มเจอปัญหาเส้นใยพืชที่ผ่านการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วได้เส้นใยที่ไม่ละเอียด เพราะเส้นใยพืชที่ใช้มีความเหนียว จึงทำให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เรียบ และสวยงาม พวกเขาแก้ปัญหาโดยการหาสารเคมีที่จะไปช่วยย่อยให้เส้นใยให้ละเอียดมากขึ้น และยังช่วยลดเวลาในการย่อยสลายเส้นใยให้เร็วขึ้น พบว่าพวกเขาเลือกใช้โซดาไฟ สำหรับใช้ย่อยเส้นใยพืชที่จะนำสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่สิ่งของ และบางกลุ่มใช้ปูนขาว บางกลุ่มใช้ขี้เถ้า สำหรับใช้ย่อยเส้นใยพืชที่จะนำสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่อาหาร

จะเห็นได้ว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ผ่านการลองผิดลองถูก โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาจนค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหาพัฒนาปรับปรุงชิ้นงานจนได้บรรจุภัณฑ์ตามที่ตัวเองต้องการ ในการออกแบบกิจกรรม

สะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนในยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความท้าทายและสนุกสนาน ประเด็นปัญหาควรจะเป็นเรื่องที่ทำทลายความคิดและความสามารถ ไม่ควรเป็นกิจกรรมที่ง่ายหรือยากจนเกินระดับของผู้เรียน เพราะความท้าทายเปรียบเสมือนแรงกระตุ้นความมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและเสาะแสวงหาข้อมูลหรือวิธีการที่จะพิชิตสิ่งท้าทายเหล่านั้น ทั้งยังเป็นตัวกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ดีอีกอย่างหนึ่งด้วย (วชิร ศรีคุ้ม, 2558: 7)

ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรง เช่น การฝึกคิด การลงมือทำ กิจกรรม การให้ความรู้ ในทางอ้อม เช่น การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ การสร้างความปลอดภัยในการคิด เป็นต้น (บุญรัตน์ จันทร, 2559) รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการสืบเสาะแสวงหาความรู้และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และค้นคว้าหาคำตอบเพื่อหาทางออก หรือเรียกว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ซึ่งบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเหมือนกับบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปคือ เป็นบุคคลที่มีความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น (Moravesik, 1981 อ้างถึงใน บุญรัตน์ จันทร, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญลอย มูลน้อยและคณะ (2559, 287) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สะเต็มศึกษา) ผลการศึกษาพบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยภัสสร ติตมา (2558) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบุร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนได้แนบความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayasari (2016) ที่ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน “พลังงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์)” ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

ผลการวิจัยได้สรุปว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามที่สมมติฐานวางไว้

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ในระดับความพึงพอใจมาก

จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่า พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในด้านบทบาทผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12 รองลงมานักเรียนมีความพึงพอใจในด้านบทบาทนักเรียนวิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและการประเมินผลอยู่ในระดับมาก คือมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.25, 0.09, 4.24, 0.13, 4.45, 0.05 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของภานุวัฒน์ เกียรติณัฐ (2559, 325) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวความคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตสู่ผลิตภัณฑ์ภูมิปัญญาชาวบ้าน ในกิจกรรมลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 80.43 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shi Jer Lou และคณะ (2010) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนอาชีวศึกษาที่เมืองไต้หวัน ประเทศจีน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยกิจกรรมสะเต็ม ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อในการประเมินของแบบวัดความความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ ทศนคติต่อการเรียนสะเต็ม (STEM Learning Attitude) การออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอนของกิจกรรมสะเต็ม (teaching material design of the STEM activity) วิธีการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL strategy) และเนื้อหาของสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด (contents of STEM related concepts) จากผลการวิจัยพบว่า ทั้ง 4 หัวข้อมีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 4 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากต่อการเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็ม และยังพบว่า การออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอนของกิจกรรมสะเต็ม มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด คือ 4.16 และเนื้อหาของสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยสุด คือ 3.98

ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบในแต่ละด้าน พบว่า ด้านบทบาทผู้สอน นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นคนที่คอยชี้แนะ ตั้งคำถาม ให้คำแนะนำตลอดจนอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนรู้สึกสนุก ทำทหายกับสถานการณ์หรือปัญหาที่ผู้สอนกำหนดขึ้น ซึ่งปัญหาที่ผู้สอนนำมาใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา คือปัญหาการใช้โฟมบรรจุอาหาร นับเป็นปัญหาที่ใกล้ตัวกับนักเรียน เมื่อผู้สอนเสนอปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับตนเองและสังคมจากการใช้กล่องโฟมที่ไม่ถูกต้องหรือการใช้กล่องโฟมในปริมาณที่มากเกินไปแล้ว ทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักต่อปัญหาที่เกิดขึ้น เห็นความสำคัญของปัญหาที่จะต้องหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านบทบาทผู้สอน โดยข้อคำถามที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดสามอันดับแรกได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถาม แสดงความคิดเห็นและร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน อันดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2 ข้อ

คือ 1. ผู้สอนให้กำลังใจและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และอันดับที่ 3 คือ ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 4.62 และ 4.54 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญคือเป็นผู้อำนวยความสะดวกและโค้ชผู้เรียน โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่ท้าทายความคิดของผู้เรียน และให้ผู้เรียน มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนและบริบทของชั้นเรียน (จำรัส อินทลาภาพร, 2558: 66)

ด้านบทบาทนักเรียน ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและการประเมินผล นักเรียนมีความพึงพอใจในแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านมาจัดอันดับจากมากที่สุดไปน้อยสุดได้ผลดังนี้ ด้านการวัดและการประเมินผล ด้านบทบาทนักเรียน และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 4.25 และ 4.24 ตามลำดับ ในด้านการวัดการประเมินผล คะแนนของนักเรียนทั้งหมดที่ได้จากการเรียนในเนื้อหาเรื่องนี้ไม่ได้มาจากการให้คะแนนจากผู้สอนอย่างเดียว แต่ผู้สอนยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการให้คะแนนและประเมินชิ้นงานของตัวเอง อีกทั้งยังประเมินผลจากการปฏิบัติงานของแต่ละกลุ่ม ผู้สอนมีการชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนให้นักเรียนทุกคนทราบก่อนที่จะเริ่มเรียน และมีการแจ้งคะแนนผลการเรียนเป็นระยะ ๆ ส่งผลให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านการวัดและการประเมินผล โดยข้อคำถามที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดสามอันดับแรกได้แก่ อันดับ 1 คือ การให้คะแนนจากการปฏิบัติงานจริงของนักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล อันดับ 2 คือ การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้ และอันดับที่ 3 คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความเป็นไปได้ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 4.51 และ 4.46 ตามลำดับ ในด้านบทบาทนักเรียน พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น นักเรียนจะเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ผ่านการลงพื้นที่สำรวจพืชพรรณไม้ในหมู่บ้าน ฝึกการสังเกตและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของพืชแต่ละชนิดโดยใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการศึกษา และนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดสร้างเป็นบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติ นอกจากนี้นักเรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะในช่วงของการนำเสนอหน้าชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเสนอแนะและให้คำแนะนำแก่เพื่อนที่กำลังนำเสนอ ทำให้บรรยากาศในชั้นเรียนไม่ตึงเครียดและสนุก ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านบทบาทผู้เรียน โดยข้อคำถามที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดสามอันดับแรกได้แก่ อันดับ 1 คือ นักเรียนช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำงานกลุ่ม อันดับ 2 คือ นักเรียนมีโอกาสอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น และอันดับที่ 3 คือ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียน มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 4.41 และ 4.36 ตามลำดับ

ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนได้มีโอกาสสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์จากพืชในท้องถิ่น เพื่อที่จะนำมาใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์จากโฟมหรือพลาสติกที่ย่อยสลายยาก นักเรียนมีการ

บูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของพืช ด้านเทคโนโลยี เช่น การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาพืช การค้นคว้าข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เช่น การออกแบบบรรจุภัณฑ์ การผลิตกระดาษที่มีความเหนียวสูง และด้านคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณอัตราส่วนของวัตถุดิบที่จะนำมาสร้างบรรจุภัณฑ์ การคำนวณตัวเลขที่ได้จากการทดสอบกระดาษ โดยนำองค์ความรู้ต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยข้อคำถามที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดสามอันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน แสวงหาความรู้โดยใช้ทรัพยากรในห้องเรียน อันดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2 ข้อ คือ 1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวกับสังคมในห้องเรียน 2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์ และอันดับที่ 3 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 4.31 และ 4.28 ตามลำดับ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน และผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล (Ausubel) ที่เน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูลใหม่กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียน (จำรัส อินทลาภาพร, 2558: 71)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหลักการและขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นอย่างดี ผู้สอนควรวางแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม และสภาพสังคม เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในขั้นตอนระบุปัญหา นับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ผู้สอนต้องสร้างสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจ โดยเฉพาะปัญหาที่ใกล้ตัวกับนักเรียนและเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม นอกจากนี้ผู้สอนควรวางหาวิธีการสร้างแรงบรรดาลใจให้นักเรียนเกิดความตระหนักต่อปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหาอันจะนำมาซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไป

1.3 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ปัญหาที่พบเจอคือ เวลา เนื่องจากเป็นการเรียนการสอนที่ใช้กิจกรรมเป็นฐาน ดังนั้นผู้สอนต้องมีการจัดสรรเวลาที่ดีมาก ซึ่งการวางแผนและการเตรียมตัวล่วงหน้าสำคัญมาก เช่น การเตรียมพร้อมสถานที่ อุปกรณ์ และวัสดุ

ประกอบการทำกิจกรรม ในบางขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้จะต้องมีการยืดหยุ่นในเรื่องเวลา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของนักเรียน สถานที่ และวัสดุอุปกรณ์

1.4 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมออกมา โดยไม่ยึดติดกับความถูกต้องหรือคำตอบที่ถูกต้องมากเกินไป ควรปล่อยให้เด็กเกิดความอิสระในการคิด

1.5 ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองทำในสิ่งที่ตนเองคิดหรือคาดคะเนไว้ โดยในช่วงแรก ๆ นักเรียนอาจจะทำแบบลองผิดลองถูก ได้ผลออกมาสมบูรณ์บ้าง ไม่สมบูรณ์บ้าง ผู้สอนควรพยายามตั้งคำถามหรือให้ข้อเสนอแนะกับผลที่เกิดขึ้นเพื่อฝึกให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ ให้เหตุผลกับการกระทำของตนเองมากขึ้น

1.6 ผู้สอนควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนแต่ละคนก่อนที่จะเริ่มจัดกลุ่ม โดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเทอมที่ผ่านมา แล้วแบ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มให้มีสมาชิกในกลุ่มที่มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูง กลาง และต่ำคละกัน นอกจากนี้อาจจะพิจารณาในเรื่องพฤติกรรมการเรียน และความรับผิดชอบของนักเรียนแต่ละคนจากการสังเกตพฤติกรรมในเทอมที่ผ่านมา ให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิกในกลุ่มชายและหญิงคละกัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการวิจัยและพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาร่วมกับครูผู้สอนท่านอื่น ในรายวิชาเกี่ยวข้อง เพื่อลดภาระงานของเด็ก และทำให้กิจกรรมสะเต็มศึกษามีความน่าสนใจและมีหลากหลายมากขึ้น

2.2 ควรทำการวิจัยและศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เช่น ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม (environmental awareness) ความตระหนักรู้ต่อผลกระทบของปัญหาสิ่งแวดล้อม (environmental problems effect) ความสามารถในการแก้ปัญหา (problem solving ability) การเรียนแบบกลุ่มย่อย (small group learning) ฯลฯ เป็นต้น

2.3 ควรทำการศึกษากิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่สามารถบูรณาการความรู้ในรายวิชาอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากสี่รายวิชาหลัก เช่น บูรณาการกับวิชาสังคมกลายเป็น STEMS บูรณาการกับวิชาศิลปะกลายเป็น STEAM บูรณาการกับศาสนาอิสลามกลายเป็น I – STEM ฯลฯ เป็นต้น

2.4 ในขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเสร็จสิ้นการนำเสนอผลงาน ครูผู้สอนอาจจะจัดกิจกรรมออกนอกสถานที่ เช่น โรงเรียนในระดับประถมศึกษา สถานสงเคราะห์เด็ก จากนั้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมสะเต็มไปถ่ายทอดให้แก่เด็กนักเรียนเหล่านั้น

2.5 ควรทำการออกแบบกิจกรรมสะเต็มให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียน สภาพแวดล้อมรอบโรงเรียน สภาพสังคม เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่ใกล้ตัวกับผู้เรียน

บรรณานุกรม

กมล ชุสมัย. (2528). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะ และหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบแนะแนวทางการทดลองแบบไม่แนะแนวทาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

กรมวิชาการ. (2539). คู่มือการพัฒนาโรงเรียนเข้าสู่มาตรฐานการศึกษา: การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

_____ (2534). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

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

กัมปนาท วัชรธนาคม. (2534). การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตการศึกษา 11. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2544). ลายแทงนักคิด. กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดียม.

_____ (2553). การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking). กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดียม.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, 8(1), 62-74.

ชลธิป สมหาหิโต. (2557). เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดการกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สำหรับปฐมวัย เมื่อวันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ด่านสุธาการพิมพ์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: ดวงกมล

- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกายวิภาคของพืช. การประชุมวิชาการระดับคุรุศาสตร์ ครั้งที่ 1
- ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน. (2551). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. กาสินธุ: ประสานการพิมพ์.
- ทัศนีย์ บุญเติม. (2526). ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. วารสารวิทยาศาสตร์, 37(1), 32-33
- ธีรพงศ์ แก่นอินทร์. (2545). ผลของวิธีสอนแบบโครงการต่อเจตคติ ความพึงพอใจ คุณลักษณะอื่น และระดับผลการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 8(1), 33-45.
- นัสรีนทร์ ปือซา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและ ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์).
- บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สิริวิริยาสาน.
- บุญรัตน์ จันท. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องสมมูลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. ใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, เศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. (น.228-234). กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.
- บุญลอย มลุน้อย. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, การประชุมสัมมนาวิชาการและนำเสนอ ผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และ การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น” (น. 287 -298). เพชรบูรณ์: ผู้แต่ง.
- ปราณี กองจินดา. (2549). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา).

- ปัญญานต์ย์ วิเศษสมวงศ์. (2557). ความสำคัญของสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2559 จาก <http://mcpswis.mcp.ac.th/html>
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักรบริหาร*, 33(2), 49-56.
- พรศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(พิเศษ), 401 – 418.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- พิชิต ฤทธิจรูญ. (2545). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อื่น : ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข. (2548). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- พิสิษฐ ตันทวนิช. (2558). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 3(2), 13 - 25
- ไพศาล หวังพานิช. (2533). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.
- ภััสสร ติตมา. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(185), 14-18.
- ยศวีร์ สายฟ้า. (2555). การเสริมสร้าง วิทย์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ด้วย STEAM Model. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จาก http://www.educathai.com/workshop_download_handout_download.php?id
- ลักขณา สริวัฒน์. (2549). *การคิด Thinking*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- วชิร ศรีคุ้ม. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จาก <https://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-62525207>
- วรรณิ แกมเกต. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ตาตาพับลิเคชั่น.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองธรรม
- ศานิกานต์ เสนิวงศ์. (2556). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอริงามิ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(185), 30-31.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริลักษณ์ ขาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สมพร เชื้อพันธ์. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการจัดการเรียนการสอนตามปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา).
- สมศักดิ์ ภู่วิดาวรรณ. (2537). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *สะเต็มศึกษาประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559 จาก <http://www.stemedthailand.org/?knowstem>
- _____ การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559 จาก http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2481
- _____ (2557). *เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). แผนการจัดการเรียนรู้แบบคณะชั้น ป.4 - 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2547). *เรียนรู้...บูรณาการ*. กรุงเทพฯ :

_____. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (กรกฎาคม, 2559). *ร่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564)*. เอกสารประกอบการประชุมประจำปี 2559 ของ สศช, ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี, นนทบุรี สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 202 – 207.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุชาดา ศรีวัฒนา. (2542). *การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา).

สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(185), 49-51.

_____. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 42(188), 3-5.

สุมาลี กาญจนชาติ. (2525). *การศึกษาพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอายุ 11-15 ปี ในกรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ. (2535). *ความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อบทบาทของสหกรณ์การเกษตรสารภี จำกัด*. (วิทยานิพนธ์เทคโนโลยีการเกษตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีแม่โจ้).

อรพรรณ ฤทธิ์มั่น และบัลลังก์ โรหิตเสถียร. (2559, พฤษภาคม 28). ผลประชุมคณะกรรมการนโยบาย "สะเต็มศึกษา" กระทรวงศึกษาธิการ. [เว็บไซต์] สืบค้นจาก <http://www.moe.go.th/websm/2016/may/218.html>

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. การประชุมวิชาการระดับคุรุศาสตร์ ครั้งที่ 1*

อารมณั เพชรชื่น. (2527). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการศึกษาในระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

อนันต์ จันทร์ทวี. (2523). *ผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์และทัศนคติของนักเรียนชั้นมศ.2 และม.2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาคุรุศึกษบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)

อารี พันธุ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

_____ (2545). *ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ไยโหม เอ็ดดูเคท.

อารีรัตน์ วัฒนศิลป์ และบรรชา แสนทวี. (2552). *เตรียมพร้อมใช้หลักสูตรแกนกลางฯ '51*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิชย์

Albert, R. S. (Ed.). (1983). *Genius Eminence*. New York: Pergamon

Ana lucrecia Dowey, L. (2013). *Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines*. Degree Doctor of Education. University of California.

Anastasi, A. (1988). *Psychology Testing*. New York: Macmillan

Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. New York: David Mckay

Campbell, N. A and Reece, J.B (1990). *Biology*. Pearson: Boston.

- Cronbach, L.J. (1990). *Essentials of Psychological Testing*. 5th Ed. New York: Harper Collins Publisher, Inc.
- Diana, L.R. (2012). Integrated STEM Education through Project-Based Learning. Retrieved from: <http://www.rondout.k12.ny.us/Common/pages/DisplayFile.aspx?itemIdDowey>
- Edward, M.R. (2013). *Implementing Science, Technology, Mathematics, and Engineering (STEM) Education in Thailand and in ASEAN*. A Report Prepared for The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).
- Feldman, D.H. (1986). *Nature's Gambit*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1983). *Frame of Mind: The Theory of Multiple Intelligence*. New York: Basic Books.
- Gonzalez, H.B. and Kuenzi, J.J. (2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer*. Washington, DC: Congressional Research Service.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw – Hill Book Company.
- Guilford, J.P. (1956). *Structure of Intellect Psychological*. New York: McGraw - Hill Book Company.
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw – Hill Book Company.
- Han, S., Capraro, R. and Capraro, M. M. (2014). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2).
- Hu, W. and. Adey, P. (2002). A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. *International Journal of Science Education*, 24(4). (389-403)

- Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D. and Kazerounian, K. (2013). The Nexus between science literacy and technical literacy: a state by state analysis of engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education*, 14(3), 5-12.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D. and Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. AIP conference.
- Moravesik, M. J. (1981). Creative in Science Education. *Science Education*. 65(2): 221-225.
- Morrison, J.S. (2006). Ties STEM Education Monograph Series: Attributes of STEM Education. Retrieved from www.tiestech.org/
- National Governor's Association. (2009). Building a Science, Technology, Engineering and Math Agenda. Retrieved from www.partnership4learning.org/files/STEM%20Literacy
- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Retrieved from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- Piltz, A. and Sund R. (1968). *Creative Teaching of Science in Elementary School*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Robert, A. (2013). STEM is here. Now what? *Technology and Engineering Teacher*, September, 22-27.
- Sandra K. E. and Robert E. Y. (2001). *Assessing Student Understanding in Science*. California: Crowin Press, Inc.
- Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S. *Journal of STEM Education*, 13(5), 30-39.

Torrance, E.P. and R.E. Myers. (1962). *Creative Learning and Teaching*. New York: Good, Mead and Company

Torrance, E.P. (1964). *Guiding Creative Talent*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice - Hall.Inc.

Torrance, E.P. (1992). "A National Climate for Creativity and invention". *Gifted Child Today*. 5(1): 10-14

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 87–102.

Tsupros, N., Kohler, R., and Hallinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania

Wallach, M. A. and kogan N. (1965). *Model of Thinking in Young Children*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Wallach, M.A. and Kogan, N. (1965). *Modes of Thinking in Young Children: A Study of the Creativity - Intelligence Distinction*. New York: Holt, Rinehart and Winston

Prince of Songkla University
Pattani Campus
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1.1 อาจารย์มุกดา ธรรมกิติ | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 1.2 ครูณัฐธีวรรณ ลิ้มปัดรัตน์ | ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนเทศบาล 5 อำเภอเมือง
จังหวัดยะลา |
| 1.3 อาจารย์ศุภกาญจน์ บัวทิพย์ | อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง
จังหวัดปัตตานี |
| 1.4 ครูอาทิตย์ ใจแม่ | ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านวังสำราญ
อำเภอยะหา จังหวัดยะลา |
| 1.5 อาจารย์ยิวชิร ศรีคุ้ม | นักวิชาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษามหาบัณฑิต
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(สสวท.) |

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

- | | |
|---------------------------------|--|
| 2.1 ดร.ปานจันทน์ สุจริตธรรการ | อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 2.2 ครูทศพล เพ็ชรอุไร | ครูชำนาญการ โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 2.3 ครูณัฐรี สามี | ครูชำนาญการ โรงเรียนเบญจราษฎร์ ปัตตานี
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 2.4 ผศ.ชมนา จักรอารี | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 2.5 อาจารย์จันทร์ดา พิทักษ์สาลี | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |

3. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

- | | |
|-------------------------------|---|
| 3.1 อาจารย์โชเพีย มะลี | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 3.2 ครุฑบุรีย์ สาเมาะ | ครูชำนาญการ โรงเรียนเบญจราษฎร์ ปัตตานี
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 3.3 ดร.มัยดี แวดราแม | อาจารย์ภาควิชาประเมินผล และวิจัยทางการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 3.4 อาจารย์ศุภกาญจน์ บัวทิพย์ | อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 3.5 ดร.ปานจันทน์ สุจริตธรรการ | อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |

4. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. อาจารย์จันทร์ดา พิทักษ์สาลี | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 2. อาจารย์วิมล ภคธีรเชียร | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 3. อาจารย์โชเพีย มะลี | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 4. อาจารย์นุรอาซีกิน ยีสมัน | อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |
| 5. ผศ.ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ | อาจารย์ภาควิชาประเมินผล และวิจัยทางการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี |

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

สำเนาฉบับ



ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒.๐๗๐๓/ว๐๐๒

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ตรูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี ๙๕๐๐๐

๑๒ มกราคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์วชิร ศรีคุ้ม

ด้วยนายอับดุลยามีน หะยีซาเดร์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวิทย์ พจนตันติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร. ณรงค์ศักดิ์ ครอบคอบ และ ดร. แวฤดี แวทองรักษ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ในการนี้ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีคุณสมบัติเหมาะสม มีความรู้ความสามารถในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือเพื่อการวิจัยต่อไป รายละเอียดตามเครื่องมือวิจัย ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(นายธีระยุทธ รัชชะ)

รักษาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ภาควิชาการศึกษา
โทร. ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒
โทรสาร ๐๗๓-๓๓๗๓๘๒

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
3. แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงาน
4. ใบกิจกรรมเรื่อง “อย่าไว้ใจทาง อย่าวางใจโพม”
5. ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

รายวิชา ว 32244 ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชมีดอก

จำนวน 18 คาบ

ผู้สอน นายอับดุลยามีน หะยีซาเดร์

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ผลการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว ๘.๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

สืบค้น สืบค้น ตรวจสอบ ทำการทดลอง และอภิปราย เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ตรงต่อเวลา
2. มีคุณธรรม จริยธรรม
3. ใฝ่เรียนรู้
4. มีความรับผิดชอบ

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวรของพืชดอกได้
2. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล ทดลอง อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชได้
3. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของราก ลำต้น และใบของพืชได้

4. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปถึงแหล่งที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำของพืช และกลไกในการคายน้ำของพืชได้
5. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับปากใบและปัจจัยที่มีผลต่อการเปิดปิดของปากใบ และการคายน้ำของพืชได้
6. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับกระบวนการลำเลียงน้ำ สารอาหารและอาหารของพืชได้
7. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรม หรือสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมได้

5. สารสำคัญ

พืชดอกมีเนื้อเยื่อประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร เนื้อเยื่อเจริญเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีผนังเซลล์ปฐมภูมิบางและสามารถแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ส่วนเนื้อเยื่อถาวรเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของราก ลำต้น และใบ

รากเป็นอวัยวะของพืชที่เจริญเติบโตลงสู่ดิน เพื่อช่วยยึดลำต้นให้ติดกับดิน ดูดน้ำและสารอาหารจากดินมาสู่ลำต้นและใบ ส่วนใหญ่ไม่มีสีเขียวของคลอโรฟิลล์ ลำต้นของพืชส่วนใหญ่จะเจริญขึ้นมาเหนือดิน ทำหน้าที่ชูกิ่ง ใบ ดอกและผล ใบพืชเป็นส่วนที่เจริญอยู่ข้างลำต้นมีสีเขียวของคลอโรฟิลล์และอาจมีสารสีอื่น ๆ ประกอบอยู่ด้วย เพื่อทำหน้าที่สร้างอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ยังมีปากใบที่เป็นแหล่งของการแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำของพืช การเปิดปิดของปากใบขึ้นอยู่กับแสงสว่างและปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิที่เหมาะสม ปริมาณน้ำภายในใบ ฮอโมนบางชนิด

โครงสร้างภายในของพืชมีเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและสารอาหารผ่านไซเล็มของรากไปสู่ลำต้นและใบ นอกจากนี้อาหารที่พืชสร้างขึ้นจากใบจะถูกลำเลียงผ่านโฟลเอ็มไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต

6. สารการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1. เนื้อเยื่อพืช ได้แก่ เนื้อเยื่อเจริญ และเนื้อเยื่อถาวร	- การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ - การใช้เทคโนโลยี	- กระบวนการสร้างและออกแบบบรรจุภัณฑ์	- การคำนวณปริมาณวัตถุดิบและสารที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใย
2. โครงสร้างและหน้าที่ของราก ลำต้น และใบของพืช	- การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล		- การใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูล
3. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืช			- รูปทรงเรขาคณิตที่ใช้ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
4. การลำเลียงน้ำ สารอาหาร และอาหาร ของพืช			

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (1 คาบ)

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ เรื่องโทษของโพลีไมส์อาหาร จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นจากการรับชมวีดิทัศน์
3. ครูให้นักเรียนอ่านบทความเรื่อง “อย่าไวใจทาง อย่าวางใจโพลี” จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามจากใบกิจกรรมที่ครูแจกให้
4. ครูนำอภิปรายประกอบการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อปัญหาการใช้กล่องโพลีว่ามีผลกระทบต่อตนเองและสังคม
5. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละประมาณ 4-5 คน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (8 คาบ)

1. ครูกำหนดกรอบแนวคิดเพื่อให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาภายใต้หัวข้อ “เปลี่ยนไอเดียสร้างสรรค์ สร้างบรรจุภัณฑ์ รักรัสิ่งแวดล้อม”
2. ครูกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นก่อนการมอบหมายงานให้นักเรียน ดังนี้
 - 2.1 สร้างบรรจุภัณฑ์จากพืชในท้องถิ่นที่นักเรียนสนใจกลุ่มละ 1 ชิ้น
 - 2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช เช่น น้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความเหนียว และการซึมผ่านน้ำ
 - 2.3 กำหนดเวลาในการส่งบรรจุภัณฑ์ (คาบสุดท้ายของหน่วยการเรียนรู้)
3. ครูนำอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับเซลล์ และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต โดยเน้นให้นักเรียนเห็นว่า พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีหลายเซลล์ เช่นเดียวกับคนและสัตว์ ประกอบด้วยเซลล์เป็นจำนวนมากมารวมกันเป็นเนื้อเยื่อต่าง ๆ เนื้อเยื่อพืชแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อเจริญและเนื้อเยื่อถาวร ซึ่งเนื้อเยื่อทั้งสองชนิดนี้ต่างก็ทำงานประสานกันเป็นอวัยวะและมีหน้าที่เฉพาะที่แตกต่างกัน โดยครูจะให้นักเรียนทำการศึกษาลักษณะของเนื้อเยื่อพืชทั้ง 2 ชนิดในคาบปฏิบัติการ
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำสมุดจดบันทึกเกี่ยวกับพืชที่สนใจ (นักเรียนศึกษาในคาบปฏิบัติการ) โดยกำหนดเนื้อหาที่ต้องมีในสมุด ดังนี้
 - (1) ชื่อสามัญ
 - (2) ชื่อวิทยาศาสตร์
 - (3) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์
 - (4) รูปภาพโครงสร้างภายในและภายนอกของราก ลำต้น ใบ

5. ครูให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของราก ลำต้น และใบของพืชใบเลี้ยงคู่และใบเลี้ยงเดี่ยว พร้อมทั้งให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างดังกล่าว โดยให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าในห้องปฏิบัติการ

6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับรากพิเศษของพืชที่นอกเหนือจากการดูดน้ำและลำเลียงน้ำ สารอาหาร และอาหารต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช มาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับหน้าที่พิเศษของราก เช่น

ลำต้นลำต้น	ได้แก่	ข้าวโพด	โกนกง
หายใจ	ได้แก่	แสม	ลำพู
สะสมอาหาร	ได้แก่	มันแกว	มันสำปะหลัง
ยึดเกาะ	ได้แก่	พุดต่าง	พริกไทย

7. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มหาลำต้นพืชหลาย ๆ ชนิดที่ทำหน้าที่พิเศษอื่น ๆ นอกเหนือจากการชูกิ่ง ก้านและใบ มาสังเกตลักษณะต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนจำแนกชนิดและหน้าที่ของลำต้นเหล่านั้น เช่น

ลำต้นสะสมอาหาร	ได้แก่	กลอย	บุก
ลำต้นที่เปลี่ยนเป็นหนาม	ได้แก่	มะกรูด	ส้มจี๊ด
ลำต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง	ได้แก่	แก้วมังกร	กระบองเพชร
ลำต้นที่เปลี่ยนเป็นมือเกาะ	ได้แก่	ฟัก	แตงโม

8. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่พิเศษของใบพืช ที่นอกเหนือจากการสร้างอาหาร แลกเปลี่ยนแก๊ส และการคายน้ำ โดยให้นักเรียนยกตัวอย่างใบของพืชที่ทำหน้าที่พิเศษ เช่น

ใบของพืชที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกับดักแมลง	ได้แก่	หยาดน้ำค้าง	กาบหอยแครง
ใบของพืชที่เปลี่ยนไปเป็นมือเกาะ	ได้แก่	มะระ	ถั่วลิ้นเต่า
ใบเปลี่ยนไปทำหน้าที่สะสมอาหารและน้ำ	ได้แก่	กาบกล้วย	
ใบเปลี่ยนเป็นหนามเพื่อลดการคายน้ำ	ได้แก่	เสมา	

9. ครูให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปากใบของพืชชนิดต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยชี้ให้นักเรียนเห็นว่า ปากใบของพืชเป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำของพืชจะอยู่บริเวณของชั้นเอพิเดอร์มิส นอกจากนี้พืชยังมีการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำในบริเวณอื่น ๆ ได้ด้วย เช่น เลนติเซล เป็นต้น

10. ครูให้นักเรียนสังเกตเลนติเซลจากต้นไม้บริเวณโรงเรียน และให้นักเรียนไปสืบค้นเพิ่มเติมเรื่องการคายน้ำทางเลนติเซลว่าแตกต่างจากการคายน้ำทางปากใบพืชหรือไม่

11. ครูให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปิด - ปิดของปากใบและการคายน้ำของพืช โดยใช้คำถามดังนี้ “ในสภาวะปัจจุบันที่บรรยากาศของโลกมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้น นักเรียนคิดว่าจะมีผลอย่างไรต่อพืช”

12. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูล และศึกษากระบวนการลำเลียงน้ำ การลำเลียงสารอาหารและการลำเลียงอาหารของพืช จากนั้นออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

13. นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา

14. ครูคอยชี้แนะโดยการใช้คำถามเพื่อนำสู่แนวทางการศึกษาข้อมูลในส่วนที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบ การสร้างสรรค์และการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (2 คาบ)

1. ครูแจกใบกิจกรรมกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการในการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืชจากงานวิจัย และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาให้ได้มากที่สุด จากนั้นเปรียบเทียบแต่ละวิธีการว่ามีข้อดี ข้อจำกัดใดบ้าง รวมทั้งประเมินความเป็นไปได้ของวิธีการที่เลือกมาทั้งในด้านวัสดุอุปกรณ์ ต้นทุน ความปลอดภัย ฯลฯ เป็นต้น

2. สมาชิกในกลุ่มลงข้อสรุปร่วมกันเพื่อเลือกมา 1 วิธีการในการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการสร้างบรรจุภัณฑ์ และให้นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงการเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ลงในกระดาษสรุปแล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

3. ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มและกระตุ้นด้วยการใช้คำถามให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (4 คาบ)

1. นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ งบประมาณ ระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล ฯลฯ เป็นต้น

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการผลิตเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืชตามแผนที่กำหนด

3. ครูอำนวยความสะดวกในการจัดหาสถานที่ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ให้พร้อม กำหนดเวลาการทำงาน รวมทั้งมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น การตั้งคำถามให้ผู้เรียนอธิบายในสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้ผู้เรียนหลงประเด็น

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (2 คาบ)

1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพของเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช โดยทดสอบหาน้ำหนักมาตรฐาน ความหนา ความเหนียว และการซึมผ่านน้ำ จากนั้นบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบ

2. นักเรียนนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลแสดงในรูปของตาราง และกราฟ

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลที่ได้จากการทดสอบหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่ากลุ่มใดให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด

4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มได้สร้างสรรค์ขึ้นมาให้ดีขึ้น

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อเสนอแนะจากเพื่อน ๆ ต่างกลุ่ม และจากผลการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานสำหรับการต่อยอดความรู้หรือการดำเนินการครั้งต่อไป

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 คาบ)

1. นักเรียนและครูร่วมกันจัดนิทรรศการเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยพืชที่สร้างสรรค์ขึ้น และเปิดโอกาสให้เพื่อนต่างกลุ่มเข้ามาชมผลงาน

8. ชิ้นงาน

- 8.1 ใบกิจกรรม เรื่อง อย่าไวใจทาง อย่าวางใจโคม
- 8.1 ใบกิจกรรมกลุ่ม เรื่อง บรรจุก๊าซจากเส้นใยธรรมชาติ
- 8.2 ใบกิจกรรม STEM และกระดาษบรีฟนำเสนอแผนภาพ STEM
- 8.3 ใบรายงานผลปฏิบัติการ
- 8.4 สมุดจดบันทึก
- 8.5 บรรจุก๊าซจากเส้นใยพืช

9. สื่อ และแหล่งการเรียนรู้

- 9.1 Power point
- 9.2 หนังสือเรียนชีววิทยาของสสวท. เล่ม 3
- 9.3 วีดิทัศน์ เรื่องโทษของโคมใส่อาหาร
- 9.4 ห้องปฏิบัติการชีววิทยา
- 9.5 วัสดุอุปกรณ์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ในการผลิตชิ้นงาน
- 9.6 หนังสืออ่านเพิ่มเติมและข้อมูลออนไลน์จากอินเทอร์เน็ต

10. การวัดและประเมินผล

ด้าน	รายการประเมิน	เครื่องมือ
ความรู้ (K)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2. ใบงาน 3. สมุดจดบันทึกพืชที่สนใจ 4. บรรจุก๊าซจากเส้นใยพืช 	<ol style="list-style-type: none"> 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน 2. แบบประเมินสมุดจดบันทึก 3. แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงาน
คุณลักษณะ (A)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ตรงต่อเวลา 2. มีคุณธรรม จริยธรรม 3. ใฝ่เรียนรู้ 4. มีความรับผิดชอบ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. แบบประเมินคุณลักษณะ
ทักษะ (P)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2. ปฏิบัติการทดลอง 3. การนำเสนอข้อมูลและการอภิปราย 	<ol style="list-style-type: none"> 1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน 2. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน 3. แบบบันทึกภาคสนาม

11. เกณฑ์การประเมิน

1. แบบทดสอบและใบงาน มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

80% ขึ้นไป	หมายถึง ดีมาก
70 – 79%	หมายถึง ดี
60 – 69%	หมายถึง ปานกลาง
50 – 59%	หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 50%	หมายถึง ต้องปรับปรุง

2. แบบประเมินคุณลักษณะ มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

3 คะแนน	หมายถึง ดี
2 คะแนน	หมายถึง ปานกลาง
1 คะแนน	หมายถึง ปรับปรุง

3. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

18 – 20 คะแนน	หมายถึง ดีมาก
15 – 17 คะแนน	หมายถึง ดี
12 – 14 คะแนน	หมายถึง ปานกลาง
9 – 11 คะแนน	หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 8 คะแนน	หมายถึง ปรับปรุง

4. แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงาน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

12 – 15 คะแนน	หมายถึง ดี
9 – 12 คะแนน	หมายถึง พอใช้
5 – 8 คะแนน	หมายถึง ปรับปรุง

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

รายการประเมิน	คะแนน			
	4	3	2	1
การออกแบบทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและมีการสืบค้นข้อมูลแต่ขาดการเชื่อมโยงจากข้อมูลที่สืบค้นได้	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมแต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ
ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จเป็นไปตามเงื่อนไขครบถ้วนภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จและเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดโดยใช้เวลาตามที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด
ประสิทธิภาพของผลงาน	ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานทั้ง 4 การทดสอบ	ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 3 ใน 4 ของการทดสอบ	ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 2 ใน 4 ของการทดสอบ	ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 1 ใน 4 ของการทดสอบ
การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ สามารถสื่อสารได้ดี แต่ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่การสื่อสารยังไม่ชัดเจน ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจและขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง
การวางแผนและความร่วมมือในการทำงาน	มีการประชุมเพื่อการวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบและมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ การระดมความคิด แต่ขาดการลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการวางแผนการทำงาน แบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ แต่ขาดการระดมความคิดและลงข้อสรุปร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผน ระดมความคิดและลงข้อสรุปของกลุ่ม

แบบประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงาน

กลุ่ม ที่	สร้างสรรค์จากสิ่ง เร้าที่กำหนดให้ได้			มีความ แปลกใหม่			เสร็จตาม เวลา			แก้ปัญหา ได้			มีรายละเอียด น่าสนใจ			รวม
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

เกณฑ์การให้คะแนน

ทำได้ดี	ให้	3	คะแนน
ผ่าน	ให้	2	คะแนน
ต้องปรับปรุง	ให้	1	คะแนน

ลงชื่อ.....

ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมินสิ่งประดิษฐ์

รายการประเมิน	3	2	1
สร้างสรรค์จากสิ่ง เร้าที่กำหนดให้ได้	สามารถสร้างสรรค์ ผลงานตามที่กำหนด และเป็นไปตามเงื่อนไข ครบถ้วน	สามารถสร้างสรรค์ ผลงานตามที่กำหนด และเป็นไปตามเงื่อนไข บางส่วน	สามารถสร้างสรรค์ ผลงานตามที่กำหนด แต่ไม่เป็นไปตาม เงื่อนไข
มีความแปลกใหม่	ผลงานมีความโดดเด่น และมีเอกลักษณ์ที่ไม่ ซ้ำกับผู้อื่น	ผลงานมีความโดดเด่น แต่ซ้ำกับผู้อื่น	ผลงานไม่มีความโดดเด่น และซ้ำกับผู้อื่น
เสร็จตามเวลา	สามารถทำงานได้ สำเร็จ เป็นไปตาม เงื่อนไขครบถ้วน ภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานได้ สำเร็จแต่ไม่เป็นไปตาม เงื่อนไขทั้งหมด และใช้ เวลาตามที่กำหนด	สามารถทำงานได้ สำเร็จแต่ไม่เป็นไป ตามเงื่อนไขทั้งหมด และใช้เวลาเกินกว่าที่ กำหนด
แก้ปัญหาได้	ผลงานสามารถ แก้ปัญหาได้ดี	ผลงานสามารถ แก้ปัญหาได้บางส่วน	ผลงานไม่สามารถ แก้ปัญหาได้
มีรายละเอียด น่าสนใจ	ผลงานมีสีสันสวยงาม เรียบร้อย ตกแต่ง ผลงานได้อย่างน่าสนใจ	ผลงานมีสีสันสวยงาม เรียบร้อย แต่ยังขาด ความน่าสนใจ	ผลงานไม่ค่อยมีสีสัน ไม่เรียบร้อย และยัง ขาดความน่าสนใจ

ใบกิจกรรม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามที่กำหนดให้

เรื่อง “อย่าไว้ใจทาง อย่าวางใจโฟม”

หากมีการสำรวจพฤติกรรมของคนยุคนี้ด้วยคำถามว่า “เคยทานอาหารที่บรรจุในกล่องโฟมหรือถ้วยโฟม กันไหมคะ?” เชื่อว่าในร้อยละคน จะมีผู้ตอบว่า เคยกันเกินครึ่งแน่ ๆ และเหลือ ๆ อาจเกือบทั้งหมดเลยด้วยซ้ำ เพราะคงปฏิเสธไม่ได้ว่าเจ้าภาชนะที่ทำจากโฟมนี้ มีอิทธิพลกับมนุษย์ยุคเรากันมากจริง ๆ

อาจเพราะผู้ประกอบการร้านอาหารในยุคปัจจุบัน เห็นว่าภาชนะบรรจุอาหารที่ทำจากโฟมนั้นราคาไม่สูง สะดวกในการซื้อหา น้ำหนักเบา ใช้แล้วทิ้งได้เลย ไม่ต้องตามกลับมาล้างให้วุ่นวาย จึงเป็นที่นิยมแพร่หลายตั้งแต่แผงลอย รถเข็น ร้านอาหาร ไปถึงตามนิทรรศการ งานแฟร์ต่าง ๆ ทั้งในรูปของจาน กล่อง ถ้วยกาแฟโฟม กระทั่งถาดโฟมใส่เนื้อในซูเปอร์มาร์เก็ต

ด้วยการขาดความรู้หรือข้อมูลด้านความปลอดภัยของอาหารที่ไม่ดีพอของผู้ประกอบการแม่ค้าพ่อค้าขายอาหารและผู้บริโภคในบ้านเรา จึงทำให้ภาชนะโฟมถูกนำมาใช้บรรจุอาหารผิดประเภท และมีความเสี่ยงสูงในการเกิดพิษสะสมในร่างกายของผู้บริโภค

โดยปกติแล้วกล่องโฟม ถ้วยโฟมประเภทนี้ ส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติกชนิดที่มีชื่อว่า โพลีสไตรีน โฟม (Polystyrene Foam หรือ PS foam หรือ Styrofoam) ค่ะ ซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์ (polymer) จำพวกหนึ่ง

กรรมวิธีผลิตก็คือ เอา PS foam นั้นไปผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ จากนั้นจะถูกนำไปรีดให้เป็นแผ่น เรียกว่า แผ่นโพลี-สไตรีน โฟม (Polystyrene Paper Foam หรือย่อว่า PSP) ก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุอาหารรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการ อย่างที่เราเห็น ๆ และใช้กันอย่างหลากหลายในท้องตลาดอยู่ทุกวันนี้

ถ้าถามว่า มีอาหารประเภทไหนที่นำไปบรรจุในภาชนะโฟม แล้วจะเกิดอันตรายบ้าง?

คำตอบคือ หากใช้บรรจุอาหารที่มีอุณหภูมิสูง หรือที่เรียกง่าย ๆ ว่า อาหารร้อน ๆ รวมทั้งอาหารที่มีไขมันหรือแอลกอฮอล์ จะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารสไตรีน (styrene) ออกมา ซึ่งสารนี้เป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง ในร่างกายมนุษย์และสัตว์ ออกมาปะปนกับอาหารที่เราทาน โดยที่เรามองไม่เห็น และไม่รู้ตัว ซึ่งปริมาณของสารสไตรีนที่หลุดออกมาปะปนในอาหาร จะขึ้นกับสามปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิของอาหารที่บรรจุ ปริมาณไขมันในอาหาร และ ระยะเวลาที่ภาชนะโฟมสัมผัสอาหาร

หลักการคือ สารดังกล่าวจะละลายได้ดีในน้ำมันและแอลกอฮอล์ ดังนั้นเมื่อใช้ภาชนะโฟมบรรจุอาหารที่มัน ๆ ทั้งหลาย ยิ่งถ้าเป็นของปรุงใหม่ ๆ ร้อน ๆ แล้วมีการตักหรือบรรจุ ทิ้งให้อาหารสัมผัสกับภาชนะโฟมเป็นเวลานานด้วยแล้ว ยิ่งมีการปลดปล่อยสารสไตรีนออกมาสู่อาหารได้มากขึ้น

ไม่แต่เฉพาะของร้อน แม้แต่อาหารที่เป็นของแข็งที่มีไขมันสูง เช่น เนื้อสัตว์ติดมัน หรือ เนยแข็งที่บรรจุอยู่ในภาตโพนในซูเปอร์มาร์เก็ตเอง ก็ถูกปนเปื้อนด้วยสารสไตรีนจากภาตโพนที่บรรจุอยู่ได้เช่นเดียวกัน

ไม่เพียงแต่ต้องระวังการใช้โพนกับอาหารเท่านั้นคะ เนื่องจากส่วนผสมบางอย่างในเครื่องดื่ม เช่น แอลกอฮอล์ หรือกรดในขามะนาวเอง ก็มีผลให้การละลายของสารสไตรีนลงสู่อาหารที่บรรจุอยู่ได้มากขึ้นด้วยเช่นกัน

ทราบข้อมูลกันแบบนี้แล้ว คงไม่แปลกใจว่าทำไมคนยุคเรถึงมีอัตราการป่วยเป็นมะเร็งกันมาก เพราะมีความเสี่ยงอยู่ใกล้ตัว และรอบตัวแบบนี้เอง จึงขอแนะนำให้ทุกท่านหลีกเลี่ยงเสียตั้งแต่วันนี้ เพื่อชีวิตที่ยืนยาวและสุขภาพดีของท่านเอง

อย่าลืมนะคะว่า You are what you eat ท่านอะไรก็จะส่งผลให้ร่างกาย เจ็บป่วยได้ตามของที่เรากินกันนั้นแหละคะ ด้วยความเป็นห่วงนะคะ

ข้อมูลจาก สสส.

1. เขียนความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการอ่านบทความเรื่องนี้

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. บอกผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้ภาชนะโพนให้ได้มากที่สุด

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากบทความไปประยุกต์ใช้ในเรื่องใดบ้าง อย่างไร

ตอบ.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิชาชีววิทยา

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ภายใต้แนวคิด.....



สมาชิกในกลุ่ม

- 1.....เลขที่.....
- 2.....เลขที่.....
- 3.....เลขที่.....
- 4.....เลขที่.....
- 5.....เลขที่.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อบรรจุกัณฑ์.....

ติดยุโรปถ่าย

แรงบันดาลใจของการสร้างสรรค์ผลงานชิ้นนี้คืออะไร

Prince of Songkhro
Patanaik Campus

นักเรียนคิดว่าจุดเด่นของบรรจุกัณฑ์ที่นักเรียนสร้างสรรค์ขึ้นคืออะไร และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

การทดสอบคุณภาพของเยื่อกระดาษจากเส้นใยพืช

โดยทั่วไปเยื่อกระดาษที่นำมาใช้สร้างบรรจุภัณฑ์จะถูกทดสอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดสอบเพื่อหาน้ำหนักมาตรฐาน

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาน้ำหนักของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้

1.2 ขั้นตอนการทดสอบ

- นำเยื่อกระดาษที่ผลิตได้จำนวน 1 แผ่น ขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตรไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- บันทึกน้ำหนักที่ได้จากการชั่ง

2. การทดสอบเพื่อหาความหนา

2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาความหนาและความสม่ำเสมอของเยื่อกระดาษ

2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

- นำเยื่อกระดาษจากการทดสอบครั้งแรกจำนวน 1 แผ่นไปวัดความหนาของทั้ง 4 บริเวณของเยื่อกระดาษโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์
- บันทึกผลที่ได้จากการวัด

3. การทดสอบความเหนียว

3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความสามารถของเยื่อกระดาษในการรับน้ำหนักของวัตถุได้โดยไม่ทำให้เยื่อกระดาษขาด

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

- นำเยื่อกระดาษจากการทดสอบครั้งแรกจำนวน 1 แผ่น มาทดสอบความเหนียว โดยการเพิ่มน้ำหนักทรายในถุง
- ให้ปลายข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบยึดแน่นกับราว แล้วปลายชิ้นทดสอบอีกข้างหนึ่งยึดติดกับถุงอยู่ในลักษณะแนวดิ่ง โดยเพิ่มน้ำหนักทรายในถุงขึ้นเรื่อย ๆ จนชิ้นทดสอบขาด
- ชั่งน้ำหนักของทรายในถุงที่ทำให้ชิ้นทดสอบขาด จากนั้นบันทึกผลน้ำหนักของทราย

4. การทดสอบการซึมผ่านน้ำ

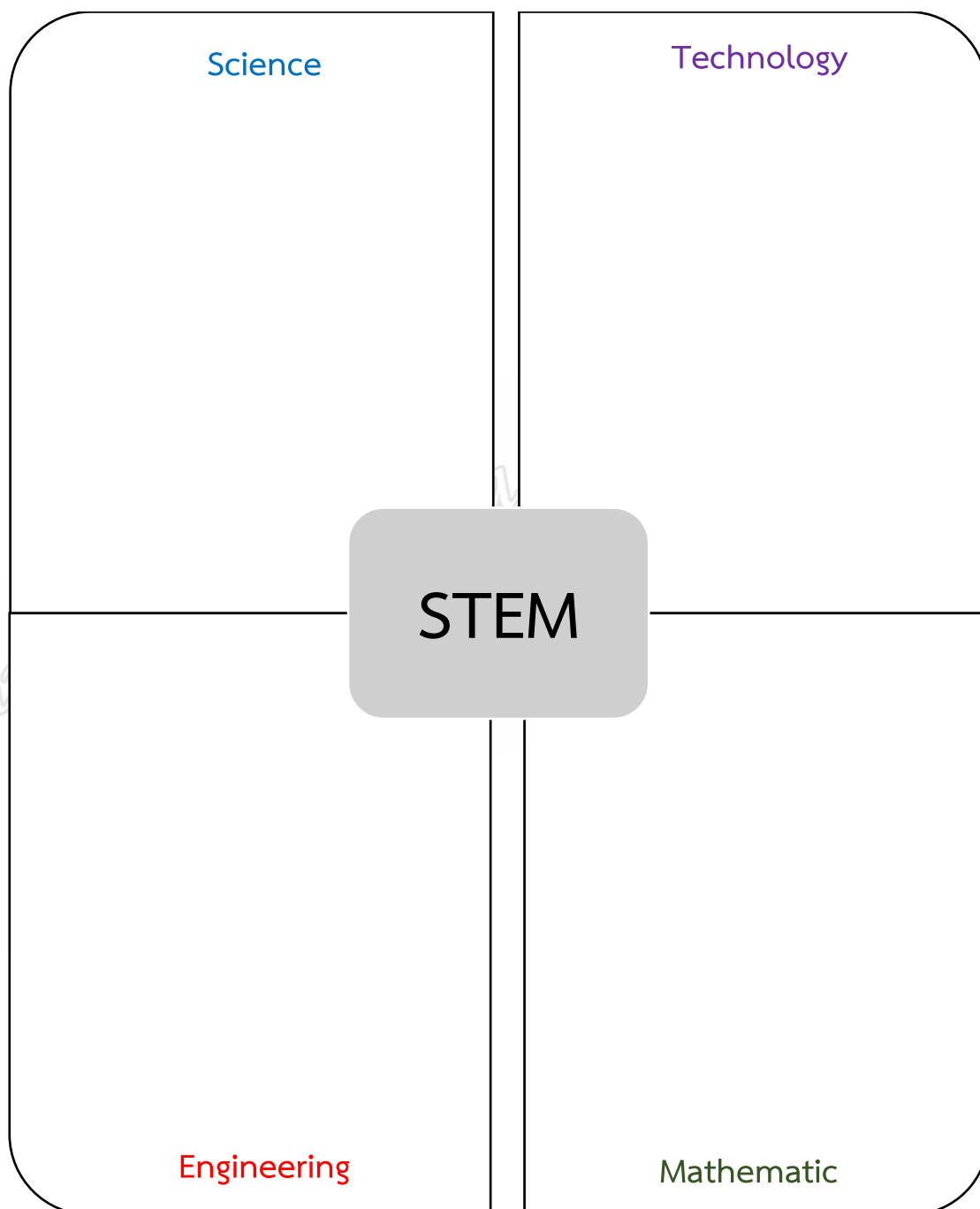
4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความสามารถของเยื่อกระดาษต่อการดูดซึมน้ำที่สัมผัสโดยการจับเวลา

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

- นำเยื่อกระดาษจำนวน 1 แผ่น หยดน้ำสีจำนวน 1 หยด ลงบนเยื่อกระดาษแล้วใช้นาฬิกาจับเวลา ตั้งแต่เริ่มหยดน้ำสีจนกระทั่งสีเริ่มซึมเข้าไปในกระดาษจนหมด (ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง)
- บันทึกเวลาที่ใช้ในการทดสอบ พร้อมหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

ให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาลงในแผนภาพดังต่อไปนี้



ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก
2. ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
4. ตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

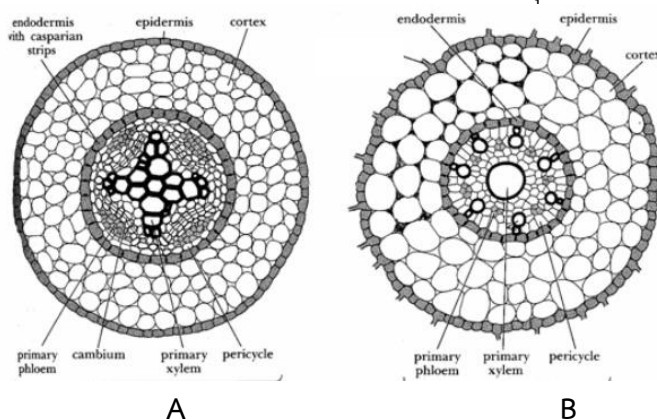
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวและทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบข้อสอบ

- เนื้อเยื่อชนิดใดที่มีมากที่สุดในพืช

ก. Parenchyma	ข. Collenchyma
ค. Sclerenchyma	ง. Epidermis
- เนื้อเยื่อเจริญส่วนใดทำให้ต้นหญ้ามีความสูงเพิ่มขึ้น
 - Lateral meristem
 - Apical meristem
 - Intercalary meristem

ก. 1	ข. 2
ค. 2 และ 3	ง. 1 2 และ 3
- เนื้อเยื่อชั้นใดที่พบในรากของพืช แต่ไม่พบในลำต้น

ก. endodermis กับ pericycle	ข. endodermis กับ cortex
ค. endodermis กับ cambium	ง. endodermis กับ pith
- ภาพโครงสร้างอวัยวะของพืชดอกตัดตามขวาง ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์



ภาพ A และ B จัดเป็นโครงสร้างใดของพืช

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| ก. A รากพืชใบเลี้ยงคู่ | B รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว |
| ข. A รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว | B รากพืชใบเลี้ยงคู่ |
| ค. A ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ | B ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว |
| ง. A ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว | B ลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ |
- บริเวณใดของพืชที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอยู่ตลอดเวลา

ก. ลำต้น	ข. ราก
ค. กิ่งก้านสาขาต่าง ๆ	ง. ปลายราก และปลายยอด

ตัวอย่างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 3 ข้อ ให้นักเรียนทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำทันที แล้วเตรียมทำข้อต่อไป
2. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยนักเรียนต้องพยายามคิดหาคำตอบให้แปลกใหม่ คิดในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง คิดได้หลายแง่มุมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
3. นักเรียนจะได้คะแนนมาก ถ้าตอบได้มากและเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับเพื่อน ๆ
4. เขียนชื่อ นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ให้เรียบร้อยในกระดาษคำตอบก่อนลงมือทำข้อสอบ

1. ถ้าโลกนี้ไม่มีพีช จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่ (ตัวอย่าง: สิ่งมีชีวิตจะไม่มีออกซิเจนใช้ในการหายใจ เพราะไม่มีพีชเป็นแหล่งผลิตออกซิเจน)

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.
29.

2. กล้วยเป็นพืชพื้นเมืองอยู่คู่คนไทยมาช้านาน คนไทยผูกพันกับกล้วยในทุกห้วงของชีวิต เกี่ยวข้องกับ วัฒนธรรมประเพณีไทยแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน อาทิเช่น วัฒนธรรมการเกิด การแต่งงาน การบวช วัฒนธรรมทางอาหาร หรือแม้แต่การละเล่น จนกล่าวได้ว่า กล้วยเป็นพืชประจำบ้านของคนไทย และ ทรงคุณค่าต่อสังคมไทยมาช้านาน ให้นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จากส่วนต่าง ๆ ของกล้วยได้ อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด (ตัวอย่าง: นำใบกล้วยไปห่อขนม)

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.

3. ปัจจุบันเกษตรกรไทยกำลังประสบปัญหาราคาสินค้าตกต่ำ โดยเฉพาะราคาข้าว จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น นักเรียนจะเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบข้าว ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ตัวอย่าง: ทำน้ำนมข้าว)

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.
25.
26.
27.
28.

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

แบบวัดฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้ตอบแบบสอบถามฉบับนี้ คือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความพึงพอใจของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ให้ผู้เรียนตอบคำถามทุกข้อตามความเป็นจริง ข้อมูลที่ได้จากผู้เรียนจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ต่อไป คำตอบของผู้เรียนจะเป็นความลับและไม่ส่งผลกระทบต่อการเรียนประการใด

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงใน () และเติมข้อความลงในช่องว่างตามความเป็นจริง

1. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....
2. เพศ () ชาย () หญิง
3. อายุ.....ปี

ตอนที่ 2 แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
คำชี้แจง หลังจากที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาแล้ว ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในสิ่งต่อไปนี้อย่างไร โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของผู้เรียนมากที่สุด

ระดับความพึงพอใจเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- | | |
|---|--------------------------------|
| 5 | หมายถึง พึงพอใจระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง พึงพอใจระดับมาก |
| 3 | หมายถึง พึงพอใจระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง พึงพอใจระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง พึงพอใจระดับน้อยที่สุด |

ตัวอย่างการเลือกระดับความพึงพอใจ

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
0. ผู้สอนสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนเป็นอย่างดี	/				
0. กิจกรรมการเรียนสนุก ไม่น่าเบื่อ			/		

แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
บทบาทผู้สอน					
1. ผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาที่สอนได้เป็นอย่างดี					
2. ผู้สอนใช้กระบวนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง					
3. ผู้สอนมีการจัดลำดับเนื้อหาจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก					
4. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม แสดงความคิดเห็น และร่วมกันตอบคำถามขณะจัดการเรียนการสอน					
5. ผู้สอนให้กำลังใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น					
6. ผู้สอนจัดเตรียม ตำรา เอกสาร สื่อ ข้อมูลที่น่าสนใจ ให้แก่ผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ					
บทบาทผู้เรียน					
7. ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติกิจกรรมที่ตนเองชอบและสนใจ					
8. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแสวงหาความรู้ที่จะศึกษาตามความสนใจด้วยตนเองได้					
9. ผู้เรียนมีโอกาสอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น					
10. ผู้เรียนมีการวางแผน ค้นคว้าหาคำตอบ และเลือกแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเอง					
11. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวิชาอื่น					

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
12. ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียน มาประยุกต์ใช้ในการต่อยอดสร้างสรรค์ผลงาน					
วิธีการจัดการเรียนรู้					
13. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากปัญหาใกล้ตัวที่เกี่ยวกับสังคมในท้องถิ่น					
14. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้โดยใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น					
15. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์					
16. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์					
17. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน					
18. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
19. การจัดกิจกรรมช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จและมีคุณภาพ					
การวัดและการประเมินผล					
20. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย					
21. ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวัดและประเมินผล					
22. เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความเป็นไปได้อย่างเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน					

ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
23. การวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบได้					
24. ผู้สอนใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินผลได้เหมาะสมกับการเรียนรู้					
25. การให้คะแนนจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผล					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

1. สิ่งที่นักเรียนชอบในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ.....
.....
2. สิ่งที่นักเรียนไม่ชอบในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ.....
.....
3. ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ.....
.....
4. สิ่งที่นักเรียนอยากให้ผู้สอนปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ.....
.....

ตัวอย่างแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คำชี้แจง แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย ใช้บันทึกเหตุการณ์จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
ของนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นระบุปัญหา

.....

.....

.....

2. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

.....

.....

.....

3. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

4. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

5. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

.....

.....

.....

6. พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
2. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อความคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
3. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อความคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อความคำถามกับองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการสะเต็มศึกษาของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
5. ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
6. คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลองใช้ (try - out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					เฉลี่ย	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
	1. จุดประสงค์การเรียนรู้							
1.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
1.2 ประเมินผลได้	5	5	5	4	4	4.6	0.55	มากที่สุด
1.3 มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.73	0.48	มากที่สุด
2. สาระสำคัญ / สาระการเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.8	0.45	มากที่สุด
2.2 ใจความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
2.3 มีความชัดเจน น่าสนใจ	4	5	5	5	4	4.6	0.55	มากที่สุด
2.4 เวลาเรียนเหมาะสมกับเนื้อหา	4	5	5	4	4	4.4	0.55	มาก
เฉลี่ย						4.70	0.39	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้กับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา								
3.1 เนื้อหาเหมาะสมกับการจัดการ เรียนรู้	4	5	5	5	4	4.6	0.55	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
3.3 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	5	5	5	4	4	4.6	0.55	มากที่สุด
3.4 ระยะเวลามีความเหมาะสม	4	5	5	4	4	4.4	0.55	มาก
3.5 เน้นการใช้ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	4	5	5	4	5	4.6	0.55	มากที่สุด
3.6 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมใน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	0.45	มากที่สุด
3.7 กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียน สามารถบูรณาการความรู้ทั้ง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์	5	5	5	5	5	5	0.00	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.67	0.44	มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ(ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					เฉลี่ย	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
4. ชิ้นงาน/ ภาระงาน/ ผลงาน								
4.1 สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.65	0.45	มากที่สุด
5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	5	5	5	4	4	4.6	0.55	มากที่สุด
5.2 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ	5	5	5	4	5	4.8	0.45	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.75	0.48	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผลเรียนรู้								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	5	5	5	5	4	4.8	0.45	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	0.45	มากที่สุด
6.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.6	0.55	มากที่สุด
6.4 มีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน	5	5	5	4	4	4.6	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.70	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งหมด						4.70	0.46	มากที่สุด

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และผลการพิจารณาของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

คำถามข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
1.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
4.	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
5.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
6.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
7.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
8.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
9.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
10.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
11.	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
12.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
13.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
14.	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
15.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
16.	+1	0	0	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
17.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
18.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
19.	-1	+1	-1	+1	+1	1	0.2	ไม่ผ่าน
20.	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
21.	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
22.	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
23.	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
24.	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
25.	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และผลการพิจารณาของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา(ต่อ)

คำถามข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
26.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
27.	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
28.	0	+1	0	0	+1	2	0.4	ไม่ผ่าน
29.	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
30.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
31.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
32.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
33.	0	+1	0	0	+1	2	0.4	ไม่ผ่าน
34.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
35.	-1	+1	-1	+1	+1	1	0.2	ไม่ผ่าน
36.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
37.	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
38.	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
39.	+1	-1	0	0	+1	1	0.2	ไม่ผ่าน
40.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์
ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และผลการพิจารณาของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
1.	+1	0	+1	0	+1	3	0.6	ผ่าน
2.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
4.	0	+0	+1	+1	0	2	0.4	ไม่ผ่าน

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) และผลการพิจารณาของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

คำถามข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
1.	+1	+1	+1	0	-1	2	0.4	ไม่ผ่าน
2.	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.6	ผ่าน
3.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
4.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
5.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
6.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
7.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
8.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
9.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
10.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
11.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
12.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
13.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
14.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
15.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
16.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
17.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
18.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
19.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
20.	+1	+1	+1	0	-1	2	0.4	ไม่ผ่าน
21.	+1	+1	+1	0	-1	2	0.4	ไม่ผ่าน
22.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
23.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
24.	0	+1	+1	0	0	2	0.4	ไม่ผ่าน
25.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
26.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) และผลการพิจารณาของแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

คำถามข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IC	การพิจารณา
	1	2	3	4	5			
27.		+1	+1	0	0	2	0.4	ไม่ผ่าน
28.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
29.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
30.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) การแปลผล และผลการพิจารณาของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ข้อที่	ค่า ความยากง่าย (P)	แปลผล	ค่า อำนาจจำแนก (r)	แปลผล	ผลการพิจารณา
1	0.80	ง่าย	0.20	พอใช้	ตัดไว้
2	0.42	ปานกลาง	0.52	ดีมาก	ตัดไว้
3	0.58	ปานกลาง	0.28	พอใช้	ตัดไว้
4	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.20	พอใช้	ตัดไว้
5	0.76	ค่อนข้างง่าย	0.60	ดีมาก	ตัดไว้
6	0.46	ปานกลาง	0.68	ดีมาก	ตัดไว้
7	0.76	ค่อนข้างง่าย	0.70	ดีมาก	ตัดไว้
8	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.70	ดีมาก	ตัดไว้
9	0.55	ปานกลาง	0.43	ดีมาก	ตัดไว้
10	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.31	ดี	ตัดไว้
11	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.70	ดีมาก	ตัดไว้
12	0.52	ปานกลาง	0.53	ดีมาก	ตัดไว้
13	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.23	พอใช้	ตัดไว้
14	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.61	ดีมาก	ตัดไว้
15	0.58	ปานกลาง	0.33	ดี	ตัดไว้
16	0.49	ปานกลาง	0.53	ดีมาก	ตัดไว้
17	0.27	ค่อนข้างยาก	0.26	พอใช้	ตัดไว้
18	0.58	ปานกลาง	0.43	ดีมาก	ตัดไว้
19	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.42	ดีมาก	ตัดไว้
20	0.43	ปานกลาง	0.63	ดีมาก	ตัดไว้
21	0.85	ง่าย	0.31	ดี	ตัดไว้
22	0.30	ค่อนข้างยาก	0.35	ดี	ตัดไว้
23	0.49	ปานกลาง	0.24	พอใช้	ตัดไว้
24	0.46	ปานกลาง	0.20	พอใช้	ตัดไว้
25	0.49	ปานกลาง	0.54	ดีมาก	ตัดไว้

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) การแปลผล และผลการพิจารณาของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา (ต่อ)

ข้อที่	ค่า ความยากง่าย (P)	แปลผล	ค่า อำนาจจำแนก (r)	แปลผล	ผลการพิจารณา
26	0.46	ปานกลาง	0.25	พอใช้	ตัดไว้
27	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ตัดไว้
28	0.42	ปานกลาง	0.62	ดีมาก	ตัดไว้
29	0.80	ง่าย	0.21	พอใช้	ตัดไว้
30	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.40	ดีมาก	ตัดไว้

มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

Prince of Songkla University
Pattani Campus

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ที่ได้จากการทดลองใช้ (try - out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละข้อ

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่			รวม (36 คะแนน)
	1	2	3	
1	6	8	9	23
2	9	8	10	27
3	8	9	8	25
4	5	8	5	18
5	6	6	5	17
6	9	8	6	23
7	9	9	9	27
8	10	6	8	24
9	5	6	6	17
10	6	7	8	21
11	4	6	7	17
12	8	8	9	25
13	6	8	7	21
14	8	7	6	21
15	9	9	9	27
16	4	8	6	18
17	11	9	9	29
18	5	6	5	16
19	8	8	6	22
20	6	6	6	18
21	7	6	6	19
22	9	8	8	25
23	10	9	9	28
24	5	4	4	13
25	6	5	6	17

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละข้อ(ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนข้อที่			รวม (36 คะแนน)
	1	2	3	
26	7	5	5	17
27	9	8	8	25
28	9	7	8	24
29	6	8	9	23
30	6	7	9	22
เฉลี่ย	7.20	7.23	7.20	21.63

มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

Prince of Songkla University
Pattani Campus

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก จ

ภาพแสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพแสดงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก



ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา



ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา



Prince of Siam
Siam Campus

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา



ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา



ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน



ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ตัวอย่างผลงานนักเรียน

1. ชื่อผลงาน: ภาชนะใส่อาหารจากกาบกล้วย



2. ชื่อผลงาน: ภาชนะใส่ของจากกาบกล้วย



3. ชื่อผลงาน: กล่องใส่ไข่จากใยข้าวโพด



4. ชื่อผลงาน: ภาชนะบรรจุอาหารแห้งจากต้นกกและเปลือกฝักข้าวโพด



5. ชื่อผลงาน: ของชำร่วยจากหอมเตย



6. ชื่อผลงาน: รางผลไม้จากกากกล้วย



7. ชื่อผลงาน: Paper bag



นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายอับดุลยามีน หะยีฮาเดร์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5820120657

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2558

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการการศึกษา)

1. ทุนส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)
2. ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560 คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Abdulyameen Hajeekhadæ, Nathavit Portjanatanti, Narongsak Rorbkorb and Waewruedee Waewthongrak. 2017. "Enhancing Scientific Creativity for Grade 11th Students by Using STEM Education Activities" The 3rd AsTEN Conference: Teaching Competency Development: Issues, Innovations, & Initiatives 19 – 22 July 2017 at Faculty of Education, Kasetsart University, Thailand

อับดุลยามีน หะยีฮาเดร์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวิทย์ พจนตันติ, ดร.ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ และ ดร.แววฤดี แววทองรักษ์. 2560. "ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โครงการประชุมวิชาการระดับชาติ "ศึกษาศาสตร์วิจัย" ครั้งที่ 4 (Educational Research Conference 4th) "นวัตกรรมการศึกษาเพื่อ Thailand 4.0" วันที่ 25-27 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมहरรรษา เจบีหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา