



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 1, 2017, pp. 324 - 342

OJED
An Online Journal
of Education
<http://www.edu.chula.ac.th/ojed>

ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

EFFECTS OF BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON THE STEM EDUCATION APPROACH
ON PROBLEM-SOLVING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY
SCHOOL STUDENTS

นายอาทิตย์ ฉิมกุล *

Atit Chimkul

อ.ดร.สกลรัตน์ แก้วดี **

Sakolrat Kaewdee, Ph.D.

อ.ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต ***

Nipada Ruankaew Disyatat, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนและหลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ (3) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน (2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน และ (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก 2) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี

ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม ดังนั้นจึงควรศึกษาการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นต่อไป

*นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย E-mail Address: atit.biochula@hotmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย E-mail Address: Sakolrat.K@chula.ac.th

Abstract

This study consisted of a one group pretest-posttest design. The purposes of this study were to (1) analyse the problem-solving abilities of students who learned biology based on STEM education, (2) compare the problem-solving abilities between, before and after learning biology based on STEM education, and (3) analyse the biology learning achievement of students after learning biology based on STEM education. The target group was fifty-two 11th grade students in a large size school in Bangkok. The research instruments were (1) a problem-solving ability pretest, (2) a problem-solving ability posttest, and (3) a biology learning achievement test. The collected data were analysed by using arithmetic mean and standard deviation. The hypotheses of this research were tested using *t*-test for dependent samples.

The research findings were as follows: 1) The problem-solving abilities mean score of students who learned biology based on STEM education was 76.35 percent, which was higher than the criterion score of 75%, and was at "very good" level. 2) The problem-solving abilities mean posttest score of students who learned biology based on STEM education was significantly higher than the mean pretest score ($p = 0.05$). 3) The biology learning achievement mean score of students who learned biology based on STEM education was 75.65 percent, which was higher than the criterion score of 70%, and was at "good" level.

The research also found that biology learning management based on STEM education can be used to promote students' learning achievement, specifically the application of scientific knowledge and methods. Therefore, the STEM education should be further investigated for other scientific content areas.

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา/ ความสามารถในการแก้ปัญหา/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

KEYWORDS: BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION APPROACH/ PROBLEM-SOLVING ABILITY/ BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT

บทนำ

เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อความเจริญก้าวหน้าของโลกซึ่งมนุษย์จำเป็นต้องปรับตัวให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นประชาชนที่มีคุณภาพ (ขจรเดช บุตรพรม, 2557) ทั้งนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยในการขับเคลื่อนประเทศไปสู่สังคมฐานความรู้ได้ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2558) ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพเพื่อพัฒนาประเทศไปสู่การปฏิรูปเศรษฐกิจตามรูปแบบโมเดล “ประเทศไทย 4.0” ที่เน้นการพัฒนาด้านนวัตกรรมที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์เป็นสำคัญ (อรรชกา สีบุญเรือง, 2559) หนึ่งในทักษะที่สำคัญที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพ ในขณะที่ทรัพยากรบนโลกมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้จึงต้องแก้ปัญหาโดยสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ภายใต้สถานการณ์ที่มีความท้าทายโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งสภาวิจัยวิจัยแห่งชาติของประเทศไทยสหรัฐอเมริกาได้เปรียบไว้กับการทำงานของวิศวกร กล่าวคือ วิศวกรแก้ปัญหาด้วยการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การแก้ปัญหาดังกล่าวต้องพิจารณาต้นทุนและความปลอดภัย ดังนั้นจึงไม่มีวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดแต่มีวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทหรือสถานการณ์ในขณะนั้น (National Research Council, 2012)

เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยในปัจจุบัน พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาในเชิงของการสร้างสรรค์ผลงานยังไม่เพียงพอที่จะแข่งขันกับนานาชาติสะท้อนให้เห็นได้จากรายงานการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศโดย International Institute for Management Development (2015) ที่ระบุไว้ว่า ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศอยู่ที่อันดับที่ 46 จาก 61 ประเทศเท่านั้น ในขณะที่มูลนิธิสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระยอง และมูลนิธิโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ระยอง (2557) ได้กล่าวถึงรายงานการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศประจำปี 2557 ในกลุ่มประเทศอาเซียน พบว่า คุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องยกระดับคุณภาพของประเทศไทยให้มีความเจริญก้าวหน้าทัดเทียมประเทศญี่ปุ่น เกาหลี หรือสิงคโปร์ที่ได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม

ประเทศไทยควรเร่งส่งเสริมนักเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อนำความรู้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาชีววิทยาที่มุ่งศึกษาสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอย่างมีเหตุผล รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง ตลอดจนบทบาทและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม การเข้าใจในความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในแง่ของการอนุรักษ์ การใช้แหล่งอาหารและทรัพยากรบนโลก (กิตติ โพธิ์ปัทมะ, 2550) นอกจากนี้องค์ความรู้ทางชีววิทยาสามารถนำไปบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์กายภาพ คอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก ได้แก่ ด้านการผลิตอาหารอย่างยั่งยืน ด้านการฟื้นฟูระบบนิเวศ ด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และด้านสุขภาพของมนุษย์

จึงกล่าวได้ว่าการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ 21 เป็นการศึกษาที่เน้นบูรณาการกับศาสตร์แขนงต่าง ๆ ในการสร้างความเชื่อมโยงไปสู่การสร้างวิธีแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Sharp, Janetos and Yamamoto, 2016) เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาทางด้านชีววิทยาของประเทศไทยจากรายงานผลคะแนนรายวิชาชีววิทยาในการทดสอบ 9 วิชาสามัญ จัดโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติประจำปี 2558 และ 2559 คือ 29.05 และ 27.32 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังไม่ได้รับการส่งเสริมให้เกิดความรู้และทักษะดังกล่าวเท่าที่ควรส่งผลให้ความรู้ชีววิทยาของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับต่ำและมีแนวโน้มลดลง

ในการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาสาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเน้นให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ หรือการให้นักเรียนได้มีโอกาสเผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาแล้วหาวิธีแก้ไข สามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายแบบ คือ (1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของสมหวัง อังสนุ (2554) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 70.73 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนร้อยละ 78.04 ของนักเรียนทั้งหมดได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม (2) การใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของพิชชินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยขั้นตอนการสอนตามแนวคิดของพิชชินีประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นค้นหาปัญหา (2) ขั้นแก้ปัญหา (3) ขั้นสร้างความรู้ และ (4) ขั้นแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหา (Pizzini, Shepardson, & Abell, 1989) ทั้งนี้มีงานวิจัยที่น่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ คือ งานวิจัยของพัชรา พยัคฆา และอลิศรา ชูชาติ (2558) โดยทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในรายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของพิชชินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือและกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ และ (5) ขั้นประเมินผล ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 และ (3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคแนวคิดเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ดังในงานวิจัยของมริจ คุงทรตันและวัชรภรณ์ แก้วดี (2554) โดยทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้แนวคิดของพิชชินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ หรือการใช้เทคนิคแนวคิดเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถ

พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามในยุค ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการพัฒนาต่อยอดและการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา ดังนั้น หากมีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาในอีกมิติหนึ่งที่ต้อง แก้ปัญหายุ่งยากข้อจำกัดและดำเนินการผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทำให้นักเรียนสามารถ เชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนไปใช้สร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาได้นำไปสู่การยกระดับความสามารถในการแข่งขัน ของประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับประเทศชั้นนำในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้รวดเร็วขึ้น

จากความสำคัญดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เอื้อให้นักเรียน ได้รับความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ ที่มีความท้าทายและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง แนวคิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเอื้อให้ นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เน้นการนำ ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลกโดยการพัฒนาวิธีการหรือสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ ในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ยังช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงานโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหา การหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ รวมทั้งการนำข้อค้นพบไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตจริง (สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกา เนื่องด้วยการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกามีผลการทดสอบ PISA ด้วย คะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าหลายประเทศส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ดังนั้นนโยบายการศึกษาของสหรัฐอเมริกาคือการส่งเสริมให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยมุ่งหวัง ว่าจะช่วยยกระดับผลการสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะคะแนนการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น ควบคู่กับการ พัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และความสามารถในการทำงานเป็นทีม เพื่อนำไปสู่การพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพ (Rachel, 2008) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการ นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง มีความท้าทายให้นักเรียนใช้ความรู้และความสามารถทั้ง 4 สาขาวิชา อันประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การ สร้างสรรค์ผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ให้บรรลุผลโดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความคุ้มค่า ความเหมาะสมกับบริบทของปัญหานั้น ๆ จุดเด่นสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดย Capraro et al. (2013: 34) ได้ระบุ ขั้นตอนของกระบวนการดังกล่าวไว้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ระบุปัญหาและข้อจำกัด (2) ศึกษาค้นคว้า

(3) คิดออกแบบ (4) วิเคราะห์ความคิด (5) สร้างผลงาน (6) ทดสอบและปรับปรุง (7) สื่อสารและสะท้อนผล จากขั้นตอนดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีโอกาสได้ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่มีความท้าทายและเกิดขึ้นจริงในสังคมโลก จากนั้นนักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมทั้งการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาซึ่งการได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการสร้างผลงานโดยนักเรียนมีโอกาสทดสอบและปรับปรุงผลงานเพื่อเรียนรู้ข้อบกพร่อง จากนั้นพยายามคิดหาวิธีการแก้ปัญหาใหม่จนกว่าจะบรรลุผลสำเร็จ ในขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนมีโอกาสสื่อสารความคิดสู่สังคมและสะท้อนผลการดำเนินงานของตนเองนำไปสู่การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาให้ดียิ่งขึ้นในครั้งต่อไป

ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังงานวิจัยของนัสนรินทร์ ปือชา (2558) ที่ได้จัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโตโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 5E โดยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาแบบทั่วไปประกอบด้วย 4 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่าภายหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 ในขณะที่ Cox et al. (2016) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

จากสภาพปัญหาและความสำคัญที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีโอกาสได้เผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาในสังคมโลกที่จะท้าทายนักเรียนให้ใช้ความรู้และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการสร้างผลงานในการแก้ปัญหา ซึ่งเอื้อให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อันเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยพัฒนานักเรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานให้แก่ประเทศชาติและยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมสากลโลก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3. เพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงาน ดังที่ Vasquez, Comer and Sneider (2013) ได้ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว น่าจะสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดสมมติฐาน 3 ข้อดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนในระดับดีมาก ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนในระดับดี ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบการศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (the one group pretest-posttest design research) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน มีกลุ่มที่ศึกษา 1 กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการทดลอง

กลุ่มที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โดยดำเนินการเลือกกลุ่มที่ศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ เลือกโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งของกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการจัดห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมทั้งโรงเรียนยังเป็นศูนย์สะสมเต็มศึกษาระดับภาค มีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ชีววิทยา ได้แก่ คอมพิวเตอร์และโปรเจคเตอร์ วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เอกสารและตำราทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้บริหารและครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2. การเลือกห้องเรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ เลือกห้องเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ ห้องเรียนที่เน้นศึกษาต่อแพทยศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง 5/6 และ 5/10 จากนั้นดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มที่ศึกษาด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ปีการศึกษา 2558 มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.1. นำค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4

ปีการศึกษา 2558 มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบทีพบว่า คะแนนของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง ไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ย 72.63 กับ 74.11 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.25 และ 3.77 ตามลำดับ

2.2. เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากและได้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 42 คน เป็นกลุ่มศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและใช้ทดลอง

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยเครื่องมือมีลักษณะและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบวัดแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับใช้วัดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการรักษาตุลยภาพในร่างกาย ที่ทำลายและเอื้อต่อการใช้ความรู้และทักษะด้านสะสมเต็มศึกษา

ในการแก้ปัญหา และมีคำถามจำนวน 10 ข้อ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ของ Fogler and LeBlanc (2007) ได้แก่ การนิยามปัญหา การสร้างวิธีการแก้ปัญหา การเลือกวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินผล ตรวจสอบคุณภาพโดยเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับขั้นตอนการแก้ปัญหา และนำข้อเสนอแนะมาปรับแก้ไข จากนั้นเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านจากสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์คณะครุศาสตร์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของคำถามและเนื้อหา

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนและเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (75.00 คะแนนขึ้นไป) ดี (50.00-74.99 คะแนน) พอใช้ (25.00-49.99 คะแนน) และปรับปรุง (0.00-24.99 คะแนน) จากนั้นนำเกณฑ์การตรวจให้คะแนนและเกณฑ์การประเมิน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของเกณฑ์ดังกล่าว และนำข้อเสนอแนะมาปรับแก้ไข จากนั้นเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านจากสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์คณะครุศาสตร์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเกณฑ์ดังกล่าว

จากนั้น นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยหาค่าความยาก อำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาร์ค ผลการตรวจสอบพบว่า (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาท่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70 ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.48-0.64 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.43-0.59 (2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 ค่าความยากมีค่า 0.45-0.72 ค่าอำนาจจำแนกมีค่า 0.36-0.57

1.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเป็นแบบวัดแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ของ Klopfer (1971) ได้แก่ ความจำ 4 ข้อ ความเข้าใจ 18 ข้อ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 8 ข้อ และการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 6 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (80.00 คะแนนขึ้นไป) ดี (70.00-79.99 คะแนน) พอใช้ (60.00-69.99 คะแนน) ผ่าน (50.00-59.99 คะแนน) และไม่ผ่าน (00.00-49.99 คะแนน) โดยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.35-0.78 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.32-0.72 และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับโดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.73

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 4 แผน ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ใช้เวลาสอนทั้งหมด 25 คาบ คาบละ 50 นาที ตรวจสอบคุณภาพโดยนำไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของมาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกับกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านจากสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์คณะครุศาสตร์ตรวจสอบคุณภาพของแผนการ

จัดการเรียนรู้ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อหาข้อบกพร่องแล้วปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน จากนั้นทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย รวมทั้งสิ้น 25 คาบ คาบละ 50 นาที หลังการทดลอง ได้ดำเนินการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนและทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

คำนวณคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำแนกนักเรียนตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนก่อนและหลังเรียน โดยมีเกณฑ์ประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
75.00 – 100.00	ดีมาก
50.00 – 74.99	ดี
25.00 – 49.99	พอใช้
0.00 – 24.99	ปรับปรุง

2. การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

คำนวณคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จากนั้นเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษากับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกระทรวงศึกษาธิการ ดังในตาราง 2 ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80 - 100	ดีเยี่ยม

70 - 79	ดี
60 - 69	พอใช้
50 - 59	ผ่าน
0 - 49	ไม่ผ่าน

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

1.1 การวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยจำแนกตามระดับความสามารถ ดังในตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนนักเรียน ร้อยละ เกณฑ์ระดับความสามารถของความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n = 42)

ระดับความสามารถ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก	6	14	26	62
ดี	30	72	16	38
พอใช้	6	14	0	0
ปรับปรุง	0	0	0	0

จากตาราง 3 เมื่อพิจารณาการทดสอบก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนมากมีความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับดี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 72 โดยเป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก 19 คน และอยู่ในระดับดี 11 คน เมื่อพิจารณาการทดสอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนมากมีความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับ ดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 62 โดยไม่มีนักเรียนได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหายุ่งในระดับ พอใช้และปรับปรุง

1.2 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยพิจารณาตามความสามารถในการแก้ปัญหาลำดับตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังในตาราง 4

ตาราง 4 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (n = 42)

ขั้นตอนการ แก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t
		ค่าสถิติ	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	ค่าสถิติ	คะแนนเฉลี่ย	S.D.	
1.การนิยามปัญหา	9	6.33	70.33	1.56	6.69	74.33	0.89	1.44
2.การสร้างวิธีการ แก้ปัญหา	6	3.74	62.33	1.34	5.14	85.67	0.64	6.77*
3.การเลือกวิธีการ แก้ปัญหา	3	2.02	67.33	0.64	2.24	74.66	0.69	1.46
4.การปฏิบัติตาม วิธีการแก้ปัญหา	6	3.24	54.00	1.54	3.97	66.17	1.07	3.00*
5.การประเมินผล	6	4.04	67.33	1.17	4.86	81.00	0.81	3.26*

* $p < .05$

จากตาราง 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา การประเมินผล สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในขั้นการนิยามปัญหา และการเลือกวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

1.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เกณฑ์ระดับความสามารถ และการทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n = 42)

กลุ่มที่ศึกษา	ค่าสถิติ	คะแนน	คะแนน	ค่าในการ	ค่าในการ	S.D.	t
	ค่าสถิติ	ต่ำสุด	สูงสุด	ก่อนเรียน	หลังเรียน		
ก่อนเรียน		10	25	19.33	64.43	3.86	6.89*
หลังเรียน		19	27	22.90	76.35	2.16	

* $p < .05$

จากตาราง 5 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนเท่ากับ 19.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.43 ซึ่งอยู่ในระดับดี และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน 22.90 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.35 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก เมื่อทดสอบความแตกต่างของ

คะแนนเฉลี่ยด้วยการทดสอบที่ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

2.1 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยพิจารณาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังในตาราง 6

ตาราง 6 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเกณฑ์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ (n = 42)

พฤติกรรม	คะแนนเต็ม	กลุ่มที่ศึกษา		S.D.	ระดับผลสัมฤทธิ์
		คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ		
1.ความจำ	8	5.90	73.75	1.16	ดี
2.ความเข้าใจ	18	12.97	72.06	1.23	ดี
3.กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์	8	6.09	76.13	0.69	ดี
4.การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	6	5.30	88.33	0.84	ดีเยี่ยม
รวม		30.26	75.65	0.63	ดี

จากตาราง 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละรวมทุกพฤติกรรมการเรียนรู้ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 75.65 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี

เมื่อพิจารณารายด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านความจำ ความเข้าใจ และกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 73.75 72.06 และ 76.13 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี

อย่างไรก็ตามด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่า เป็นเพียงองค์ประกอบเดียวที่นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ในระดับดีเยี่ยม สอดคล้องกับคะแนนในส่วนของการสร้างวิธีการแก้ปัญหาและการประเมินผลที่นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีมากเช่นกัน

อภิปรายผล

ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

ในการวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน โดยผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนเท่ากับ 76.35 จัดอยู่ในระดับดีมาก

เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ ดังนี้

เหตุผลประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเอื้อให้นักเรียนได้คิดออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่อิงบริบทชีวิตจริง กระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น ดังงานวิจัยของ Lee and Kamisah (2015) ได้ระบุว่า การนำสถานการณ์ที่อิงบริบทในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดการเรียนรู้สามารถกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นองค์ความรู้ทางชีววิทยาเพื่อนำไปสร้างวิธีการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยอาศัยเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ กระบวนการดังกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาให้แก่ นักเรียนได้

เหตุผลประการที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการสร้างผลงาน ขั้นตอนทดสอบและปรับปรุง เอื้อให้นักเรียนมีโอกาสนำผลงานที่ตนสร้างขึ้นไปทดสอบ สังเกตและจดบันทึกข้อดี ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะเพื่อนำไปพัฒนา กระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินผล สูงกว่าก่อนเรียน ดังที่ Cox et al. (2016) ระบุว่า การที่นักเรียนได้ทำการทดสอบ จดบันทึกผลและประเมินผลงานเพื่อนำไปพัฒนาผลงานให้บรรลุผลสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนอยู่ในระดับดีและมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหในขั้นตอนการนิยามปัญหาและการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกันระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีประสบการณ์ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและสร้างสิ่งประดิษฐ์มาจากการเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงทำให้นักเรียนมีพื้นฐานในการคิดออกแบบการแก้ปัญหาที่ดีมาอยู่ก่อนแล้ว

นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษานำการบูรณาการองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ การเรียนแบบบูรณาการดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นสอดคล้องกับ Pena (2015) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสคิดหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างผลงานด้วยตัวเองโดยใช้ทักษะทางด้านสะเต็มศึกษา อันประกอบด้วยทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์และเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น และการที่นักเรียนได้มีโอกาสนำผลงานไปทดสอบ ปรับปรุง รวมทั้งสื่อสารและสะท้อนผล เอื้อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อดีและข้อบกพร่องของผลงานนำไปสู่การพัฒนาผลงาน ขั้นตอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการประเมินผลการแก้ปัญหาสูงขึ้น ดังที่ Rosicka (2016) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสทดสอบผลงานของตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเองซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขผลงานให้เป็นไปตามที่มุ่งหวัง

ตอนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 75.65 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ ดังนี้

เหตุผลประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนจำเป็นต้องค้นคว้าองค์ความรู้ต่าง ๆ รวมทั้งการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด กระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับดี สอดคล้องกับ Ceylan and Ozdilek (2015) ที่ได้จัดให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

เหตุผลประการที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีโอกาสนำผลงานที่ตนสร้างขึ้นไปนำเสนอ อภิปราย และสะท้อนผลการปฏิบัติงาน โดยมีการประเมินผลงานนักเรียนอย่างหลากหลาย ได้แก่ การประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน และการประเมินโดยครู กระบวนการประเมินดังกล่าวเอื้อให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง ดังที่ Rockland et al. (2010) ได้ระบุว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดของเนื้อหาในบทเรียนได้ดี หากนักเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ต่าง ๆ และมีการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองผ่านกระบวนการประเมิน

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนจำเป็นต้องนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด กระบวนการดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม ดังที่ Bybee (2013) ได้ระบุว่า กิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เอื้อให้นักเรียนต้องประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งต้องมีการกำหนดองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติการสร้างผลงานผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถนำไปใช้ได้กับเนื้อหาชีววิทยา แต่มีข้อควรคำนึงว่าหากเป็นบทเรียนที่ไม่สามารถมองเห็นได้เชิงประจักษ์ เช่น ระบบอวัยวะภายในร่างกายของมนุษย์ หรือเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ครูอาจให้นักเรียนสร้างและทดสอบสิ่งประดิษฐ์ในเชิงของแบบจำลอง

2. หากนำการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ ต้องคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะมีความจำเป็นต่อการสร้างและทดสอบผลงาน ทั้งนี้หากนักเรียนยังมีทักษะหรือความรู้ดังกล่าวไม่เพียงพอ ครูควรสอนทบทวนหรือฝึกฝนนักเรียนก่อนเริ่มทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งจะช่วยการดำเนินกิจกรรมรวดเร็วมากขึ้นและเป็นไปตามแผนที่วางไว้

3. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นการทำงานเป็นกลุ่มย่อยโดยมีสมาชิก 3-4 คนต่อกลุ่มเพราะต้องอาศัยการดูแลจากครูอย่างใกล้ชิด ดังนั้น หากนักเรียนมีจำนวนมาก เช่น 45 - 50 คน ต่อ 1 ห้อง ครูอาจแบ่งนักเรียนเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยจัดให้มีผู้ช่วยครูเพิ่มเติมอีก 1-2 คน เพื่อทำหน้าที่กำกับดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง

4. ในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ดังนั้น ครูผู้สอนในสาขาวิชาต่าง ๆ อาจมีการประชุมวางแผนร่วมกัน เพื่อสร้างกิจกรรมที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิจัย พบว่า ในขั้นคิดออกแบบ นักเรียนหญิงมีแนวโน้มที่จะเขียนแบบร่างได้ชัดเจนกว่านักเรียนชาย ในขณะที่ขั้นสร้างผลงาน นักเรียนชายมีแนวโน้มสร้างผลงานได้ถูกต้องและรวดเร็วกว่านักเรียนหญิง ดังนั้นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจอาจศึกษาเพิ่มเติมเรื่องปัจจัยทางด้านเพศที่มีผลต่อการทำกิจกรรม

2. จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน พบว่า องค์ประกอบด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดอยู่ในระดับดีเยี่ยมเพราะกิจกรรมเน้นเชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหา ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กิตติ โพธิ์ปัทมะ. (2550). *หลักชีววิทยา*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ขจรเดช บุตรพรม. (2557). เปิดเล่ม สสวท. สะเต็มศึกษา. *สสวท.*, 42, 1.

นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.

- พัชรา พัทธมา และ อลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของพิชชินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10, 272-282.
- มริจิ คงทรัพย์ และวัชรารณณ์ แก้วดี. (2554). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 6, 2490-2504.
- มูลนิธิสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระยอง และมูลนิธิโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ระยอง. (2557). *ความสามารถในการแข่งขันของไทยในเวทีโลก*. สืบค้นจาก <http://raist-rasa-foundation.org/whatwedo>
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). *ผลการทดสอบ 9 วิชาสามัญ ปีการศึกษา 2558 และ 2559*. สืบค้นจาก <http://www.niets.or.th/th>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- สมหวัง อังสนุ. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ. (2558). *ประวัติสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ*. สืบค้นจาก <http://www.most.go.th/main/index.php/org/1513-sti.html>
- อรรชกา สีบุญเรือง. (2559). *โมเดลประเทศไทย 4.0 สู่เวทีการค้าโลก*. สืบค้นจาก http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/news_oiepr/news-oiepr-15-2559.pdf
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: NSTA press.
- Capraro, R.M., Capraro, M.M. and Morgan J.R. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Social and behavioral sciences*, 177, 223-228.
- Cox, C., Birdy, R., Christian, S., & Anita, S. (2016). Using Mathematics and Engineering to

- Solve Problems in Secondary Level Biology. *Journal of STEM Education : Innovations and Research* 17, 22.
- Fogler, H. S., & LeBlanc, S. E. (2007). *Strategies for Creative Problem Solving*. New York: Prentice Hall.
- International Institute for management Development. (2015). *IMD releases its 2015 World Competitiveness Ranking*. Retrieved from <http://www.imd.org/news/IMD-releases-its-2015-World-Competitiveness-Ranking.cfm>
- Lee, C.H., & Kamisah, O. (2015). An interdisciplinary approach for biology, technology, engineering and mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K-12 STEM education*, 1(3), 137-147.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Pena, A. (2015). *Building STEM Skills*. Retrieved from <https://www.Eisca.org/blog/building-stem-skills/>
- Pizzini, L. Shepardson, P. and Abell, K. (1989). A rational for and development of a problem solving model of instruction in science education. *Science Education*, 73, 523-534
- Rachel, B. J. (2008). *Science, technology, engineering, and math*. Retrieved from <http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf>
- Rosicka, C. (2016). From concept to classroom Translating STEM education research into practice. Retrieved from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev
- Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the “E” in K-12 STEM education. *The journal of technology studies*, 36(1), 53-64.
- Rosicka, C. (2016). From concept to classroom Translating STEM education research into practice. Retrieved from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev
- Sharp, P., Janetos, A., & Yamamoto, K. (2016). *A new Biology for 21st century*. Retrieved from <http://www.nap.edu/catalog/12764/a-new-biology-for-the-21st-century>

- Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3 - 8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth:Heinemann
- Weir, J. J. (1974). Problem Solving is Everybody's Problem. *The Science Teacher*. 41(4), 16 – 18.