



ผลของกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องฟาร์มอัจฉริยะที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์  
ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจและทัศนคติต่อกิจกรรม  
การเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องฟาร์มอัจฉริยะของนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์

Effect of STEM Learning Management, Entitled 'Smart Farm' on Scientific Creativity, Conceptual Understanding, Satisfaction and Attitude towards Learning Management of Pre-service Science Teachers

เทพพร โลมารักษ์<sup>1</sup>

Tepporn Lomarak<sup>1</sup>

Received: 15 June 2021, Revised: 27 June 2021, Accepted: 28 June 2021

**บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ ความพึงพอใจและทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์มหาวิทาลัยราชภัฏบุรีรัมย์จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) ระยะเวลาในการวิจัย จำนวน 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบสำรวจทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ สำหรับแบบแผนในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้การทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest-posttest design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ และคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลการศึกษาด้านความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุดและผลการประเมินทัศนคติต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่าอยู่ในระดับมาก

**คำสำคัญ:** สะเต็มศึกษา, กิจกรรมเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์, ฟาร์มอัจฉริยะ, ทัศนคติต่อกิจกรรมสะเต็ม



## Abstract

This research aimed to study the effect of the STEM learning management on the scientific creativity, conceptual understanding, satisfaction and attitude towards the learning management activities; entitled, 'Smart Farm'. The sample group in this research included

30 third-year pre-service students studying in General Science Major, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University, derived from the simple random sampling within 12 hours of the research conduct duration. The instruments used in this research contained the learning management plans in the STEM learning management, entitled 'Smart Farm', the test to assess the scientific creativity, the test to assess the conceptual understanding in applying to use the Microcontroller technology, entitled 'Smart Farm', the questionnaires for the satisfaction towards the learning management and the questionnaires for the attitude towards the learning management. This experimental design was the one-group, pre-test post-test design. The data analysis comprised the calculation with the mean, standard deviation and the t-test with the dependent sample group.

The research findings revealed that the students studied with the STEM learning management had the scores in the conceptual understanding in applying to use the Controller technology, entitle 'Smart Farm', and the scores of scientific creation after learning higher than before learning at the statistical significance. The students' satisfaction towards learning implied in the most level, and the attitude evaluation on the STEM learning management revealed in the much level.

**Keywords:** STEM education, STEM activities, scientific creativity, Smart Farm, attitude towards STEM activities

---

<sup>1</sup> อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อีเมล tepporn.lm@bru.ac.th



## บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่กำลังก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ที่ความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีนับเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา คุณภาพของการศึกษาไทยยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับต่ำ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนเทียบกับนานาชาติทั่วโลกและในอาเซียนยังอยู่ในระดับต่ำ ทักษะการเรียนรู้และใฝ่หาความรู้ของคนไทยเพิ่มมากขึ้นแต่ยังขาดความสามารถในการจัดการและการสังเคราะห์ข้อมูล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ประกอบกับสภาพปัญหาในการเรียนการสอนยุคปัจจุบันที่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนไม่ได้นำความรู้ที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ทำให้เยาวชนไทยในยุคปัจจุบันนี้ยังขาดการฝึกฝนทักษะทางด้านความคิด ไม่ว่าจะเป็นการคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา การคิดสังเคราะห์จากสถานการณ์ปัญหาที่พบเจอ (สุจิตา การิมิ, 2560) ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) โดยจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาคือการผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (National Research Council, 2012) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่เน้นการท่องจำเนื้อหาสาระแต่จะมุ่งเน้นหรือฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการคิดและให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้และประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์และเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพโดยการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) สร้างสรรค์และประดิษฐ์ชิ้นงานที่บูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างเหมาะสม ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือผลการพัฒนานวัตกรรม จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ เนื่องจากจะต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานใหม่ ๆ และได้รับความรู้ใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนและครูไม่รู้มาก่อนได้ (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558; อาทิตยา พูลเรือง, 2558) โดยในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม นักเรียนจะได้มีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนแก้ปัญหา คิดหาแนวทางที่หลากหลาย การทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้คิดออกแบบนวัตกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ผู้วิจัยเน้นการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณและการเขียนโค้ดมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโรงเรือนด้วยอุปกรณ์

เซนเซอร์อย่างง่ายและการเขียนโค้ดเพื่อสั่งการทำงานเซนเซอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เน้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างสรรค์ผลงานต้นแบบผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยนำเอาความรู้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) มาออกแบบโมเดลจำลองต้นแบบ (Prototype) เขียนโค้ดคำสั่งเพื่อติดตามการทำงานของระบบต่าง ๆ ที่ออกแบบได้

อาดูโย (Arduino) เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์แบบโอเพนซอร์สประกอบด้วยบอร์ด Arduino และโปรแกรม Arduino Integrated Development Environment (หรือ Arduino IDE) บอร์ด Arduino ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ติดตั้งอยู่บนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นที่ยึดขาอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเชื่อมการทำงานกับคอมพิวเตอร์ผ่านการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกควบคุมการทำงานโดยโปรแกรม IDE ซึ่งโปรแกรมจะทำหน้าที่สร้างคำสั่ง จากนั้นโปรแกรมจะส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แพลตฟอร์ม Arduino สามารถนำไปใช้งานได้โดยอิสระโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายส่งผลให้มีการผลิตฮาร์ดแวร์ที่สามารถใช้ร่วมกันในราคาถูกและมีมาตรฐาน อีกทั้งโปรแกรม Arduino IDE สามารถติดตั้งได้กับระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย เช่น Linux, Macintosh OsX และ Windows ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายประการดังที่กล่าวมานี้ Arduino จึงถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โค้ดดิ้ง (Coding) เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดอย่างมีเหตุผลและทำงานอย่างเป็นขั้นตอน ด้วยการแปลงแนวคิดในการทำงานต่าง ๆ เป็นรหัสคำสั่งที่ชัดเจนและสามารถนำไปปฏิบัติผ่านกระบวนการสร้างเครื่องมือวัดปริมาณทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องต่าง ๆ เช่น ไฟฟ้า เสียง แสง และการมองเห็น ซึ่งเป็นการส่งเสริมทักษะขั้นพื้นฐานในการนำเทคโนโลยีไปสร้างนวัตกรรมอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ (Dengwansri et al., 2019)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการนำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ มาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความพึงพอใจและทัศนคติต่อกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ มุ่งเน้นที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัว ทำทาบกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในบริบทจริง และผู้วิจัยคาดหวังว่าผู้เรียนจะสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
3. ประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ
4. ประเมินทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ



## วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs) ดำเนินแผนการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design

$$E: O_1 \times O_2$$

$O_1$  หมายถึง การจัดการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)

$X$  หมายถึง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ

$O_2$  หมายถึง การจัดการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทศนคติต่อการจัดการเรียนรู้และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้)

## ขอบเขตการวิจัย

### ขอบเขตด้านเนื้อหา

กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนแบบบูรณาข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบเชิงวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักศึกษานำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และสามารถออกแบบเพื่อพัฒนานวัตกรรมมาใช้แก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ วางแผนให้นักศึกษาร่วมกันออกแบบและสร้างชิ้นงานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในโรงเรียนฟาร์มอัจฉริยะ โดยนำเอาความรู้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) มาออกแบบโมเดลจำลองต้นแบบ (Prototype) เขียนโปรแกรมคำสั่ง Arduino IDE เพื่อควบคุมเซ็นเซอร์ผ่านอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และให้นักศึกษาออกแบบโรงเรียนฟาร์มอัจฉริยะที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงเรียน พร้อมทั้งเขียนโค้ดคำสั่งเพื่อติดตามการทำงานของระบบได้

### ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

1. กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 2 หมู่เรียน จำนวนทั้งสิ้น 49 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 2 หมู่เรียน ได้แก่ หมู่เรียนที่ 1 จำนวน 15 คน และ หมู่เรียนที่ 2 จำนวน 15 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับฉลาก

### ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยระหว่างวันที่ 12-13 ธันวาคม 2563 รูปแบบกิจกรรมเป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง ระยะเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง (โดยไม่นับรวมเวลาทดสอบและประเมินผล) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) มีการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กซึ่งมีความสามารถในการควบคุมและการสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยเทคโนโลยีด้านอุปกรณ์ Arduino เช่น เซอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ถูกนำมาใช้ในการออกแบบโมเดลจำลองต้นแบบ (Prototype) ซึ่งในกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักศึกษาคูจะต้องเขียนคำสั่ง (Coding) ด้วยโปรแกรม Arduino IDE เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) การทดสอบชิ้นงาน 5) การประเมินและปรับปรุงแก้ไข และ 6) การนำเสนอผลการสร้างนวัตกรรม

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino แผนที่ 2 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะ แผนที่ 3 เรื่อง การสร้างฟาร์มต้นแบบอัจฉริยะโดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นผ่านการประเมินความสอดคล้องและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ผลการประเมินความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป และมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำมาปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.1 แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีเรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ โดยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันโดยมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะ และการสร้างฟาร์มต้นแบบอัจฉริยะโดยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์ ข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.20 - 0.46 และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.84

2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม แบบวัดความคิด



สร้างสรรค์ฉบับนี้มีข้อสอบทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha coefficient) ของ Cronbach เท่ากับ 0.76 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เวลาทดสอบข้อละ 10 นาที รวมเวลาทั้งสิ้น 30 นาที ประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ดังนี้

2.2.1 คำถามที่ให้คาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น “ถ้าโลกนี้ ไม่มีเทคโนโลยี จะเป็นอย่างไร ให้ผู้เรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้นควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่”

2.2.2 คำถามที่ให้ออกประโยชน์ของสิ่งของ เช่น “ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนสำคัญที่ขับเคลื่อนโลกในยุคปัจจุบัน ให้ประโยชน์ และอำนวยความสะดวกแก่มวลมนุษยชาติมากมาย ผู้เรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด”

2.2.3 คำถามที่ให้แก้ปัญหาจากเหตุการณ์เช่น “ปัจจุบัน สภาพอากาศและอุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกษตรกรประสบกับหลายปัญหาเช่น พืชขาดน้ำ พืชแห้งตายและได้ผลผลิตน้อย จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น นักศึกษาจะเสนอแนวทางแก้ปัญหาจากการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างไร ที่จะช่วยแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้”

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามเกณฑ์การให้คะแนนของบุญรัตน์ จันทร และคณะ (2558) ซึ่งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ คือ (1) ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของผู้เรียนที่สอดคล้องกับคำถาม ทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน (2) ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถาม โดยคำตอบที่จะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน ถ้าเป็นคำตอบแบบหลากหลายกลุ่มคำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน และ (3) ความคิดริเริ่ม ผู้วิจัยพิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึง ความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม

2.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล จำนวน 25 ข้อ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่สร้างขึ้นผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินในระดับ ดีมาก

2.4 แบบสำรวจทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 49 ข้อ ที่ผ่านการประเมินและตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินในระดับ ดีมาก

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 12 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ทำการทดสอบก่อนได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 25 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

2.2 ผู้เรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที โดยแต่ละข้อจะจับเวลาข้อละ 10 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้ผู้เรียนทำข้อถัดไป

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ พร้อมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบบันทึกภาคสนาม

4. ทำการทดสอบหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

4.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ จำนวน 25 ข้อ ระยะเวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

4.2 ผู้เรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที โดยแต่ละข้อจะจับเวลาข้อละ 10 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้ผู้เรียนทำข้อถัดไป

4.3 ผู้เรียนทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ และให้ผู้เรียนทำแบบประเมินทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา จำนวน 49 ข้อ

5. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา มาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจก่อนเรียนเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติ Dependent sample t-test และคำนวณคะแนนพัฒนาการจากแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. วิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้สถิติ Dependent sample t-test

3. วิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แล้วแปรผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยด้านทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา แล้วแปรผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



## ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 หลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
ก่อนเรียน	30	3.03	1.159		
หลังเรียน	30	4.37	1.497	6.167*	.00

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ หลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
ก่อนเรียน	30	14.70	2.493		
หลังเรียน	30	17.20	1.690	4.290*	.00

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

และผลการวิเคราะห์ระดับพัฒนาการ (Gain score) ของนักศึกษา ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า นักศึกษามีระดับพัฒนาการทางการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ อยู่ในระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ระดับกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับต้น จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ตามลำดับ

และคะแนนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ก่อนและหลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ

พบว่า นักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรียงเรียงตามลำดับ คือ บทบาทผู้สอน การวัดและการประเมินผล บทบาทผู้เรียน และวิธีการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดทุกองค์ประกอบ ส่วนคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ผลการวิจัยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบการเรียนรู้	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
1. บทบาทผู้สอน	4.62	0.55	มากที่สุด	1
2. บทบาทผู้เรียน	4.57	0.56	มากที่สุด	3
3. วิธีการจัดการเรียนรู้	4.49	0.60	มากที่สุด	4
4. การวัดและการประเมินผล	4.60	0.59	มากที่สุด	2
คะแนนภาพรวม	4.57	0.56	มากที่สุด	

4. ผลการประเมินทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ

ผลการวิจัย พบว่า หลังได้รับการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทัศนคติที่มีต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ผลการวิจัยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	อันดับ
1. ด้านคณิตศาสตร์	3.25	0.55	ปานกลาง	3
2. ด้านวิทยาศาสตร์	3.97	0.40	มาก	1
3. ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	3.83	0.57	มาก	2
คะแนนภาพรวม	3.61	0.56	มาก	



## สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอการสรุปและอภิปรายผล ดังนี้

1. ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{x} = 4.37$ , S.D = 1.497) สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ ( $\bar{x} = 3.03$ , S.D. = 1.159) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ เช่น ทักษะความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ผลวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ติตมา มลิวรรณ นาคขุนทด และสิรินภา กิจเกื้อกุล (2558) ได้ศึกษาแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพิ่มสูงขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประเมศวร์ วงศ์ชาชม และกัญญารัตน์ โคจร (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงการเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ดีขึ้นและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน) สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้

2. ผลการประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีเรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับผลการวิจัยของนารินทร์ ศิริเวช (2560) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งทักษะการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปฎิมาภรณ์ โสรส (2560) ที่ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 พบว่าคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนที่ระดับ .05 จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ใช้ความรู้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบฟาร์มอัจฉริยะด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งการฝึกทักษะต่าง ๆ ผ่านกิจกรรมลงมือปฏิบัติหรือการทำโครงการที่เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของผู้เรียน ในกิจกรรมการเรียนการสอนผู้วิจัยได้กำหนดภาระงานให้นักศึกษาทุกกลุ่มได้สืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การออกแบบลักษณะของโรงเรือนรูปแบบต่าง ๆ และศึกษาข้อมูลเพิ่มจากคู่มือการใช้

งานบอร์ด Arduino พร้อมกับให้คำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นักศึกษาในการออกแบบโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะตามเงื่อนไขและสถานการณ์ที่สอดคล้องกับปัญหาจริง ดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาด้านวิทยาการคำนวณ เทคโนโลยี การเขียนโปรแกรม Arduino IDE รวมถึงศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช อุณหภูมิและความชื้นและปริมาณน้ำที่พืชควรได้รับผ่านกิจกรรมการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) มีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเซ็นเซอร์ เพื่อควบคุมและติดตามตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ผู้เรียนวางแผนเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้เองตามเงื่อนไขที่กำหนดให้และต้องใช้ทรัพยากรที่มีให้คุ้มค่าที่สุด พร้อมทั้งนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา มีการนำเสนอผลการแก้ปัญหาจากการออกแบบชิ้นงานฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ต้นแบบ มีการนำเสนอผลการออกแบบโมเดลจำลองต้นแบบ (Prototype) ทดสอบผลการเขียนโปรแกรมคำสั่ง Arduino IDE เพื่อควบคุมเซ็นเซอร์ผ่านอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และนำเสนอผลออกแบบโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงเรือน พร้อมทั้งเขียนโค้ดคำสั่งเพื่อติดตามการทำงานของระบบได้อย่าง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การออกแบบโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะตามเงื่อนไขและสถานการณ์ที่สอดคล้องกับปัญหาจริง  
ที่มา : เทพพร โลมารักษ์ (2564)



ภาพที่ 2 กิจกรรมการนำเสนอผลการออกแบบโมเดลจำลองต้นแบบที่ควบคุมเซ็นเซอร์ผ่านอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์  
ที่มา : เทพพร โลมารักษ์ (2564)

ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ มาวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่านักศึกษามีระดับพัฒนาการด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยี เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ มีระดับพัฒนาการอยู่ในระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ระดับกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 และระดับต้น จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางด้านความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับสูงและระดับเริ่มต้นคิดเป็นร้อยละ 86.67 ซึ่งสามารถอนุมานได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการทำกิจกรรมที่มุ่งแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะในการทำงานร่วมกัน รวมไปถึงการสร้างองค์ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ทำให้เห็นคุณค่าของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ซึ่งการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้

ผู้เรียนได้ใช้ความรู้และทักษะที่จำเป็นในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว (ประสาธน์ เนื่องเฉลิม, 2558)

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ผลวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lou, S. และคณะ (2010) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนอาชีวศึกษาที่เมืองไต้หวัน ประเทศจีน หลังได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยกิจกรรมสะเต็ม ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อในการประเมินของแบบวัดความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ ทักษะคิดต่อการเรียนสะเต็ม การออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอนของกิจกรรมสะเต็ม กลยุทธ์การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning strategy) และเนื้อหาของสะเต็มและมโนคติที่เกี่ยวข้อง (Contents of STEM related concepts) จากผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาทั้ง 4 หัวข้อมีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 4 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจอย่างมากต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มและยังพบว่าการออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอนของกิจกรรมสะเต็มมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด คือ 4.16 และเนื้อหาของสะเต็มและมโนคติที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยสุด คือ 3.98 ซึ่งผลวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด (2559) ที่ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความคิดเชิงประมาณผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาวิชาการโปรแกรมและการประยุกต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุกุลนารี พบว่านักเรียนพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มากที่สุด และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิรัตธนา จิตรภักดิ์ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่องแรงการเคลื่อนที่ และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด จากเหตุผลดังกล่าว จึงกล่าวได้ว่าความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4. ทักษะคิดต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ฟาร์มอัจฉริยะ อยู่ในระดับมาก ผลการวิเคราะห์ที่ทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์และด้านวิศวกรรมศาสตร์ แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความทัศนคติต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่า นักศึกษามีทัศนคติในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 รองลงมาคือด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 และด้านคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ตามลำดับ ผลวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่พบว่า เจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงชันกว่าก่อนเรียนที่ระดับ .05 และอยู่ในระดับมาก จากการศึกษาทัศนคติของผู้เรียนผู้วิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่ได้ค่าเฉลี่ยมากที่สุดมี 2 ด้าน ได้แก่ ความรู้สึกขณะทำกิจกรรม และการทำงานร่วมกับผู้อื่น จากการศึกษาวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาในการส่งผลต่อทัศนคติของผู้เรียน ผู้วิจัยสรุปได้ว่าลักษณะร่วมที่คล้ายคลึงกันของผลการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษามาใช้ในห้องเรียนเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ทำท้ายความคิดของผู้เรียนและสามารถ



กระตุ้นผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในกิจกรรมแบบ Active learning และมุ่งเน้นสร้างศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ความเข้าใจ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเขียนโค้ด เจตคติและทัศนคติต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

## ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การสร้างสรรค์ชิ้นงานตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากกระบวนการคิดการวิเคราะห์ รวมทั้งการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) และกิจกรรมการลงมือปฏิบัติ (Hands-on activity) เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ชิ้นงานได้สำเร็จ ผู้สอนจึงต้องให้ความช่วยเหลือในด้านความรู้และทรัพยากรด้านต่าง ๆ ได้แก่ เทคโนโลยี Application บนคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสาร อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เช่น เซอร์ รวมทั้งความรู้ด้านการเขียนโค้ดให้กับผู้เรียนอย่างเหมาะสม

1.2 การฝึกให้ผู้เรียนได้ทำงานภายใต้ข้อจำกัดของเวลา ก่อนเริ่มทำกิจกรรมทุกครั้งควรมีการประชุมชี้แจงประเด็นต่าง ๆ กับผู้เรียนให้เข้าใจตรงกันทั้งข้อจำกัดทางด้านวัสดุ ระยะเวลาและประเด็นปัญหา การกำหนดระยะในการทำกิจกรรมที่แน่นอนเพื่อให้ผู้เรียนได้บริหารจัดการเวลาในการทำกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนดได้

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มาพัฒนาโรงเรียนฟาร์มอัจฉริยะต้นแบบที่มีความสามารถแจ้งเตือนผ่าน Application ในอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่และเครื่องมือสื่อสารอื่น ๆ เพื่อให้มีความสะดวกในการแจ้งเตือนข้อมูลและควรเพิ่มให้ระบบสามารถส่งการผ่าน Internet ได้

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 - 2579*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- นารินทร์ ศิริเวช. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- บุญรัตน์ จันทร, เอกภูมิ จันทรขันธ์, และธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 227-234.
- ปภูมิภรณ์ ไสรส. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการคิดแก้ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหา

- บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรเมศวร์ วงศ์ชาวม และกัญญารัตน์ โจร. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงการเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(ฉบับพิเศษ), 463-474.
- พรทิพย์ ศิริภทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 50-51.
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ชั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตหลักสูตรและการสอน), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารราชพฤกษ์*, 13(3), 71-76.
- วีรัตตนา จิตรภักดิ์. (2561). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน*, 10(27), 87-97.
- ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด. (2559). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงประมวลผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิชาโปรแกรมและการประยุกต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุกุลนาวิ*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201-207.
- สุธิดา การิมี่. (2560). *การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา*. สืบค้น 5 มิถุนายน 2563, จาก <http://designtechnology.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/83/2018/10/Mag-209.pdf>
- อภิสิทธิ์ ังไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*. 15-18. สืบค้น 27 เมษายน 2561, จาก [http://www.bu.ac.th/april\\_june/](http://www.bu.ac.th/april_june/)
- อาทิตยา พูนเรือง. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Dengwansri, N., Suntarak, P., Phonchaiya, S., and Wuttisela, K. (2019). Effects of cooperative learning incorporated with application on the Android operating system to learning achievement on periodic table for grade 10 students (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 1(1), 61-73.
- Lou, S., Shih, R., Diez, C.R., & Tseng, K. (2010). The impact of problem-based learning strategies on



STEM knowledge integration and attitudes: an exploratory study among female Taiwanese senior high school students. *International Journal of Technology and Design Education*, **21**, 195-215.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Idea*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington D.C.