**หัวข้อวิจัย** การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความพึงพอใจและทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

**ผู้ดำเนินการวิจัย** อาจารย์ ดร.เทพพร โลมารักษ์

**หน่วยงาน** มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ คณะครุศาสตร์

**ปีวิจัยสมบูรณ์** พ.ศ. 2563

**บทคัดย่อ**

 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ความรู้ความเข้าใจและทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์จำนวน 30 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ระยะเวลาในการวิจัย 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart farm แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของวิทยาการคำนวณ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบสำรวจทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ แบบวัดและประเมินผลการประกวด Smart farm และแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย สำหรับแบบแผนในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้การทดลองแบบกลุ่มทดลองกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test Dependent Group)

 ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความรู้ความเข้าใจและทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 มีทัศนคติต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก และมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** กิจกรรมสะเต็มศึกษา ทักษะการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม

**Research Title:** The Effect of Learning Management according to the STEM Educational Approach on Scientific Creativity, Engineering Design Skills, Satisfaction with Learning Management, and Attitude towards Learning Activities for Pre-service Science Teachers

**Researcher:** Dr. Tepporn Lomarak

**Researcher Consultants:** -

**Organization**: Buriram Rajabhat University, Faculty of Education

**Academic Year:** 2020

# **abstract**

 The purpose of this research is to study the effect of learning management according to the STEM educational approach that affects scientific creativity, knowledge and engineering design skills, and satisfaction with the learning management of the 3rd year students. The participants in this research consisted of thirty 3rd year students who in general science program, Faculty of Education Buriram Rajabhat University, which were obtained by simple random sampling. The research instruments consisted of the learning management plans based on the STEM Smart Farm concept, knowledge and understanding of computational science, creativity test, survey of attitude towards learning management, questionnaire for satisfaction with learning management, the test and evaluation form for the Smart farm contest, and the observational form. One group Pretest-Posttest Design was used to analyze the data by analyzing the mean value. Standard deviation and t-test dependent sample was used to test hypothesis. The result shows that students who participated in STEM activity have knowledge and understanding of engineering design skills at high level. The creative thinking after studying was significantly higher than before at level of 0.05, with the attitude towards learning according to the STEM activity at high level, and with the satisfaction toward learning STEM at a highest level.

**Keywords:** STEM Educational, Scientific Creativity, STEM Activities, Smart Farm

**ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา**

ความคิดสร้างสรรค์นับว่าเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่น และเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดก็ตามที่สามารถแสวงหาพัฒนาและดึงเอาศักยภาพ เชิงสร้างสรรค์ของประชาชนในชาติออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากเท่าใด ก็ยิ่งมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้าได้มากเท่านั้น (อารี พันธ์มณี. 2557 : 2) โลกในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว และมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีการเดิม ๆ มักใช้ไม่ได้ผล จึงจำเป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใหม่ ๆ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์จึงมีความจำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน เพราะความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้มองเห็นโอกาสที่จะนำไปสู่ การค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์คิดค้น และก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ไม่หยุดยั้ง การมีความคิดสร้างสรรค์จะทำให้ผู้เรียนแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันทุกอาชีพต้องการคนที่มีความคิดสร้างสรรค์เพราะโลกของการแข่งขันทำให้ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง ทุกหน่วยงานต้องพัฒนาตนเองเพื่อปรับปรุงผลงาน หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ดีขึ้นกว่าเดิมอยู่เสมอเพื่อพร้อมก้าวเข้าสู่อนาคต (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ .2556:30-40)

 การจัดการเรียนการสอนที่เน้นแบบบรรยายและท่องจำของสังคมไทยส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้ฝึกฝนการใช้ทักษะในการค้นคว้าข้อมูลการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนขาดการแสดงออกทางความคิดความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์จนเป็นเหตุให้ผู้เรียนนิยมการเลียนแบบและคล้อยตามความคิดเห็นของผู้อื่น (ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์ .2546:7) ซึ่งสอดคล้องกับ (สถาพร พฤฑฒิกุล.2555:4) ที่กล่าวว่าจากรายงานการจัดการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าครูผู้สอนส่วนใหญ่ยังจัดการเรียนรู้ในลักษณะเน้นเนื้อหาความจำ (Passive Learning) มากกว่าการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง (Active Learning) ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การศึกษาไทยไม่ประสบความสำเร็จด้านคุณภาพผู้เรียนด้วยสาเหตุนี้ครูผู้สอนจึงเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนซึ่งควรเน้นความสำคัญในการจัดกิจกรรมที่ท้าทาย และกระตุ้นความคิดสร้าง สรรค์ส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าแสดงออกอีกทั้งการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันต้องจัดให้สอดคล้องกับสังคมในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ระหว่าง 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) วิชาเทคโนโลยี (Technology) วิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics) และวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งเป็นวิธีการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา และพัฒนาทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. 2556:50-51 ) กระบวนการ STEM ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป (“สะเต็มศึกษาและการออกแบบ, ”2014) การนำโปรแกรม Arduino IDEมาใช้ในการออกแบบนวัตกรรม จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ความสนใจ และเกิดความท้าทายในการทำชิ้นงานมากขึ้น

 Arduino คือบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ AVR (Automatic Voltage Regulator) ที่พัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย โดยบอร์ดอาดุยโน่สามารถต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ และวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ โดยต่อเข้ากับขา Input / Output ที่มีอยู่ในบอร์ดอาดุยโน่ สามารถเขียนโปรแกรมให้บอร์ดอาดุยโน่ดึงข้อมูล วิเคราะห์ และสั่งงานเซนเซอร์และวงจรต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับบอร์ดได้ผ่านโปรแกรม Arduino IDE ได้ (“บทความArduino, ” 2017) จะเห็นได้ว่า โปรแกรม Arduino IDE เป็นโปรแกรมพื้นฐานเหมาะสำหรับผู้ใช้งานเบื้องต้น และสามารถทำงานร่วมกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนเพื่อเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดความท้าทายในการเรียน และเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการในการแก้ไขปัญหาของผู้เรียน

 จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยการใช้โปรแกรม Arduino IDE มาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง Smart Farm มาใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาความรู้ทางด้านเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้น ท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคม มีการร่วมกันคิดและลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จะส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ ที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษ ที่ 21

**คำถามวิจัย**

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้ความรู้ความเข้าใจเรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์และวิทยาการคำนวณ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหรือไม่

**วัตถุประสงค์**

1. เปรียบเทียบความรู้ความเข้าใจ เรื่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์และการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE เรื่อง Smart Farm

2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3. ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. ศึกษาทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

**วิธีดำเนินการวิจัย**

 **1. แบบแผนการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental

Designs) ดำเนินแผนการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design

(วรรณี แกมเกตุ, 2555: 139)

E: O1 X O2

 O1 หมายถึง การจัดการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้

 (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)

 X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

 O2  หมายถึง การจัดการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

 (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้)

**2. ขอบเขตของการวิจัย**

**ประชากร**

ประชากรที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์  จำนวน 45 คน

**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) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

**ตัวแปรในการวิจัย**

1. ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

 2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

 2.3 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

 2.4 ทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้

**ระยะเวลา**

 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยระหว่างวันที่ 18-20 ธันวาคม 2562 ใช้เวลาสอนทั้งหมด 12 ชั่วโมง จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

 **3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการศึกษาวิจัย ประกอบด้วย

 1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง Smart farm จำนวน 3 แผน คาบละ 4 ชั่วโมง ระยะเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง (ไม่นับรวมเวลาทดสอบและประเมินผล)
 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่

2.1 แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของวิทยาการคำนวณ แบบทดสอบ ก่อนเรียน และหลังเรียน เป็นชุดเดียวกันโดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับกับอุปกรณ์ และโปรแกรม Arduino IDE รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ประกอบด้วยเรื่องอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำที่พืชควรได้รับ

 2.1.1 แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

 2.1.2 แบบทดสอบปรนัยชนิดถูก-ผิด จำนวน 10 ข้อ

2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อโดยปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง (fluency) ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) และความคิดริเริ่ม (originality)

2.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า

(Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert Scale) จำนวน 3 ด้าน จำนวน 25 ข้อ

2.4 แบบสำรวจจทัศนคติ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert (Likert Scale) จำนวน 3 ตอน จำนวน 49 ข้อ

 3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ คือแบบบันทึกภาคสนามของ

ผู้วิจัย เป็นแบบบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงของการจัดการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลที่ได้มา

ประมวลผลในรูปความเรียง

**4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย**

 **4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้**

แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

 4.1.1 ศึกษาหลักการและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอน

 4.1.2 ศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

 4.1.3 วิเคราะห์ และศึกษาเนื้อหา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อนำเนื้อหามาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

 4.1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง Smart farm ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยประกอบด้วย การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้

 4.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแก้ไขความถูกต้อง ความครอบคลุม ความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอน และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

 4.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผ่านการประเมินและปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

 **4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ**

4.2.1 แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจของวิทยาการคำนวณ

แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ และชนิดถูก-ผิด จำนวน 10 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.2.1.1 ศึกษาทฤษฎี วิธีสร้าง เทคนิคการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบที่ใช้ในการวิจัย จากหนังสือเรียน คู่มือครู และหนังสือเพิ่มเติมอื่น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างข้อสอบ

 4.2.1.2 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (test blue print) เพื่อดำเนินการออกข้อสอบได้ครอบคลุมตามสิ่งที่ต้องการวัด สร้างแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ เรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์และการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 20 ข้อ (ใช้จริง 15 ข้อ) ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

 4.2.1.3  แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจของวิทยาการคำนวณที่สร้างขึ้นไป ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลวง ภาษาที่ใช้ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้ถูกต้อง ชัดเจนและเข้าใจง่าย

 4.2.1.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาหา ค่าความตรง ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Index of Item Objective Congruence = IOC) คัดเลือกแบบทดสอบที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

 4.2.1.5 นำแบบทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 4 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

 4.2.1.6 นำคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยที่ค่าความยากง่าย (p) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่ใช้ได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 1.0 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) แล้วนำคะแนนที่ได้ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนด้านวิทยาการคำนวณ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาการคำนวณไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

 4.2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือโดย ปรับปรุงจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ซึ่งประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

 4.2.2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

 4.2.2.2 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และมีเนื้อหาที่เชื่อมโยงกับวิทยาการคำนวณ เรื่อง Smart Farm

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

 ข้อที่ 1 เป็นคำถามที่ให้คาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น “ถ้าโลกนี้ ไม่มีเทคโนโลยี จะเป็นอย่างไร ให้นักเรียนพยายามคิดและให้เหตุผลประกอบให้ได้มากที่สุด และคำตอบนั้น ควรเป็นคำตอบที่น่าสนใจและแปลกใหม่”

 ข้อที่ 2 เป็นคำถามที่ให้บอกประโยชน์ของสิ่งของ เช่น“ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนสำคัญที่ขับเคลื่อนโลกในยุคปัจจุบัน ให้ประโยชน์ และอำนวยความสะดวกแก่มวลมนุษยชาติมากมาย นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างไร ตอบมาให้ได้มากที่สุด”

 ข้อที่ 3 เป็นคำถามที่ให้แก้ปัญหาจากเหตุการณ์เช่น “ปัจจุบัน สภาพอากาศและอุณหภูมิของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกษตรกรประสบกับหลายปัญหาเช่น พืชตาย ผลผลิตตกต่ำ จากสถานการณ์ดังกล่าว ข้างต้น นักเรียนจะเสนอแนวทางแก้ปัญหาจากการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างไรที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า วัตถุดิบ ให้ได้มาก ที่สุดเท่าที่จะทำได้”

 4.2.2.4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเลือกใช้ตามวิธีการให้คะแนนของบุญรัตน์ จันทรและคณะ (2558 : 230-231) และมีการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของความคิดริเริ่มเพื่อให้เหมาะสมกับแบบวัดความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนี้

 1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถาม ทั้งหมดภายในระยะเวลาที่กำหนดโดยคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามและถูกต้องจะได้คำตอบละ 1 คะแนน ถ้าคำตอบนั้นซ้ำกับคำตอบเดิมจะไม่ให้คะแนน

 2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับคำถามโดยคำตอบที่นักเรียนตอบนั้นจะถูกนำมาจัดกลุ่มคำตอบที่มีทิศทางเดียวกันหรือความหมายอย่างเดียวกัน โดยนักเรียนที่มีคำตอบแบบหลากหลายกลุ่มคำตอบจะได้กลุ่มคำตอบละ 1 คะแนน

 3. ความคิดริเริ่ม พิจารณาคำตอบที่มีความแตกต่างและแปลกใหม่ซึ่งแสดงออกถึง ความริเริ่มที่สอดคล้องกับคำถาม โดยจะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนทั้งหมดในห้อง

 4.2.2.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ได้ปรับปรุงใหม่ เสนอแก่ผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง การใช้ภาษาและความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการวัด และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

 4.2.2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขแล้วไปให้ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ นำผลการตรวจสอบมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้ กับนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

 4.2.2.7 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

 **4.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้**

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

 4.3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจเพื่อหา กรอบวัดความพึงพอใจให้ครอบคลุมในสิ่งที่ต้องการวัด

 4.3.2 สร้างแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแบบมาตรา ส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 25 ข้อ แยกเป็นรายด้านทั้งหมด 4 ด้าน คือ บทบาทผู้สอน บทบาทผู้เรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

4**.**3.3 แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม จากนั้น นำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

 4.3.4 นำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาหา ค่าความตรง ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Index of Item Objective Congruence = IOC) คัดเลือกแบบทดสอบที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

 4.3.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข และปรับสำนวนการใช้ภาษาให้สั้น กระชับ และเข้าใจง่าย จากนั้นนำไปทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาฉบับสมบูรณ์ จำนวน 25 ข้อ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่ม ตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

 4.3.6  นำผลที่ได้จากการวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจ โดยใช้สูตรใน การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

**4.4 แบบวัดทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้**

แบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 49 ข้อ โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

 4.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทัศนคติต่อการจัดกิจกรรมเพื่อหา กรอบวัดทัศนคติให้ครอบคลุมในสิ่งที่ต้องการสำรวจ

 4.4.2 สร้างแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดย เป็นแบบมาตรา ส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ของ Likert จำนวน 49 ข้อ

4.4.3 แบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา นำเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม จากนั้น นำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

 4.4.4 นำแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาหา ค่าความตรง ด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Index of Item Objective Congruence = IOC) คัดเลือกแบบทดสอบที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

 4.4.5 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข และปรับสำนวนการใช้ภาษาให้สั้น กระชับ และเข้าใจง่าย จากนั้นนำไปทำแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา ฉบับสมบูรณ์ จำนวน 49 ข้อ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่ม ตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

 4.4.6  นำผลที่ได้จากการสำรวจทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนกลุ่มมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรใน การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient)

 **4.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ**

 1. แบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัย

 แบบบันทึกภาคสนามมีลักษณะปลายเปิดสำหรับให้ผู้วิจัยใช้บันทึกเหตุการณ์ขณะทำการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน โดยจดบันทึกเหตุการณ์ทั่วไป เหตุการณ์ที่สำคัญ และสอดแทรกความคิดเห็น เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการประเมินเหตุการณ์ในแต่ละเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน มีความเหมาะสมหรือไม่ ควรแก้ไข้อย่างไร เพื่อนำผลไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2559 จำนวน 14 ชั่วโมง โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

 5.1 ผู้วิจัยศึกษา สภาพการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันจากงานวิจัย สอบถามครู และสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน รวมทั้งสอบถามแนวการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องการให้เกิดขึ้น

 5.2 ผู้วิจัยทำการสดสอบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาดังนี้

 5.2.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณ จำนวน 35 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

 5.3.2 ผู้เรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที โดยแต่ละข้อจะจับเวลาข้อละ 10 นาที เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด ให้ผู้เรียนทำข้อถัดไป

 5.3 ดำเนินการจัดกิจกรรมโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm โดยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยแบบบันทึกภาคสนาม

 5.4 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

 5.4.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณ จำนวน 35 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที

 5.4.2 ผู้เรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ มีระยะเวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที โดยแต่ละข้อจะจับเวลาข้อละ 10 นาที เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด ให้ผู้เรียนทำข้อถัดไป

 5.4.3 ผู้เรียนทำแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ

 5.4.4 ผู้เรียนทำแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา แบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา

 5.5 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ และแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา มาวิเคราะห์ผลด้วยวิธีการทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ประมวลผลและเรียบเรียง นำเสนอในรูปความเรียง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

 **1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** (แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณ)

 1.1 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณ เรื่อง Smart Farm มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

 1.2 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สถิติการทดสอบที ชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group)

 1.3 คำนวณคะแนนพัฒนาการจากแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาการคำนวณก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

 **2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์**

 2.1 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

 2.2 เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่าก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้สถิติการทดสอบทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent sample)

 2.3 นำคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาแปลผลกับระดับความสัมพันธ์

**3. แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้**

 3.1 หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาศึกษา แปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแรวทางสะเต็มศึกษา

 3.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของ Cronbach

 **4. แบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา**

 4.1 หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสำรวจนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษา แปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

 4.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของ Cronbach

 **5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ**

 โดยนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาคสนามของแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาประมวลผล และเรียบเรียงนำเสนอในรูปความเรียง

**ผลการวิจัย**

**1. ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์**

 การวิเคราะห์ข้อสอบก่อนเรียน – หลังเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การคิดริเริ่ม คิดคล่อง และคิดสร้างสรรค์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ การประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทราบความรู้ความเข้าใจของเป็นรายบุคคลของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

**ตารางที่ 1** การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | $\overline{x}$ **士 S.D.** | **ค่าเฉลี่ยของผลต่าง** | **ค่าเฉลี่ยผลต่าง** | **t** | **Sig.** |
| ก่อนเรียน | 3.03 士1.159 | 1.33 | 1.184 | 6.167\* | .00 |
| หลังเรียน | 4.37 士1.497 |

t = 6.167\*

 จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับ หลังจากการจัดการเรียนรู้ ( $\overline{x}$ = 4.37, S.D = 1.497) สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ ($\overline{x}$= 3.03, S.D. = 1.159) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลในรูปแผนภูมิ 4.10

**ภาพที่ 1** แผนภูมิการเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

**2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้**

 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้  จำนวน 30 คน ให้นักศึกษา ตอบแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรมตามแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ จำนวน 25 ข้อ โดยผู้ตอบแบบประเมินทำเครื่องหมาย ✓ หรือเติมข้อความในช่องว่างตามความพึงพอใจ ในระดับ 5 4 3 2 1 มีระดับความพึงพอใจระดับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับเมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ สามารถนำเสนอได้ดังตารางที 4.4

**ตารางที่ 2** จำนวนและร้อยละของของความพึงพอใจต่อการจัด กิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยพิจารณาความถี่

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ค่าเฉลี่ย | ระดับความพึงพอใจ | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
| 4.51 – 5.00 | มากที่สุด | 22 | 73.33 |
| 3.51 – 4.50 | มาก | 8 | 26.67 |
| 2.51 – 3.50 | ปานกลาง | - |  |
| 1.51 – 2.50 | น้อย | - |  |
| 1.00 – 1.50 | น้อยที่สุด | - |  |
| รวม |  | 30 | 100 |

 จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากจำนวน 8 คนคิดเป็นร้อยละ 26.67 และไม่พบความพึงพอใจในระดับปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จากผลการศึกษาระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่ข้างต้น สามารถจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปแผนภูมิที่ 4.11

**ภาพที่ 2** ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาความถี่

 เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละ องค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านบทบาทนักเรียน ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ ด้านการวัด และประเมินผล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| องค์ประกอบการเรียนรู้ | $$\overline{x}$$ | 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 |
| รวม | 4.57 | 0.56 | มากที่สุด |  |

 จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในด้านบทบาทผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 รองลงมานักศึกษามีความพึงพอใจในด้านการวัดและการประเมินผลด้านบทบาทผู้เรียนและด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และคือมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.60, 0.59, 4.57, 0.56, 4.49, 0.60 ตามลำดับ เมื่อจัดอันดับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทาง สะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า นักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่อด้านบทบาท ผู้สอนเป็นอันดับหนึ่ง ด้านการวัดและการประเมินผลเป็นอันดับที่สอง ด้านบทบาทนักเรียนเป็นลำดับ ที่สาม และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับที่สี่ ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ในรูปแผนภูมิที่ 4

**ภาพที่ 4**ระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

 สำหรับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อ พิจารณาในแต่ละรายการสามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระดับและอันดับความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้** | $$\overline{x}$$ | **S.D.** | **ระดับความพึงพอใจ** | **อันดับ** |
| **บทบาทผู้สอน** |
| 1. ผู้สอนมีการเตรียมการสอนล่วงหน้า | 4.47 | 0.51 | มาก | 5 |
| 2. ผู้สอนเปิดโอกาสผู้เรียนซักถามปัญหา | 4.57 | 0.57 | มากที่สุด | 4 |
| 3. ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม | 4.70 | 0.47 | มากที่สุด | 2 |
| 4. ผู้สอนรับฟังความคิดเห็นของผู้เรียน | 4.67 | 0.55 | มากที่สุด | 3 |
| 5. ผู้สอนให้ความสนใจแก่ผู้เรียนอย่างทั่วถึง | 4.57 | 0.63 | มากที่สุด | 4 |
| 6. ผู้สอนตั้งใจสอนและให้คำแนะนำผู้เรียนในการทำกิจกรรม | 4.77 | 0.50 | มากที่สุด | 1 |
| 7. ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มและรู้จักวิพากษ์วิจารณ์ | 4.57 | 0.63 | มากที่สุด | 4 |
| **ภาพรวมบทบาทผู้สอนเฉลี่ย** | **4.62** | **0.55** | **มากที่สุด** |  |
| **บทบาทผู้เรียน** |  |  |  |  |
| 8. ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน | 4.53 | 0.63 | มากที่สุด | 4 |
| 9. ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ | 4.60 | 0.56 | มากที่สุด | 2 |
| 10. ผู้เรียนมีความสุขในการเรียน | 4.50 | 0.57 | มาก | 5 |
| 11. ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม | 4.60 | 0.50 | มากที่สุด | 2 |
| 12. ผู้เรียนมีการวางแผนในการทำงาน | 4.67 | 0.48 | มากที่สุด | 1 |
| 13. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง | 4.50 | 0.63 | มาก | 5 |
| 14. การจัดสภาพห้องเรียน | 4.30 | 0.60 | มาก |  |
| 15. กิจกรรมการเรียนสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4.60 | 0.62 | มากที่สุด | 1 |
| 16. เนื้อหาที่สอนสอดคล้องกับชีวิตและทันสมัย | 4.57 | 0.63 | มากที่สุด | 2 |
| 17. กิจกรรมการเรียนสนุกและน่าสนใจ | 4.57 | 0.50 | มากที่สุด | 2 |
| 18. มีการใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย | 4.37 | 0.67 | มาก | 4 |
| 19. มีวิธีการสอนที่เข้าใจได้ง่าย | 4.50 | 0.57 | มาก | 3 |
| **การวัดและประเมินผล** |  |  |  |  |
| 20. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลการเรียน | 4.40 | 0.86 | มาก | 6 |
| 21. ผู้เรียนทราบเกณฑ์การประเมินผลล่วงหน้า | 4.80 | 0.41 | มากที่สุด | 1 |
|  |  |  |  |  |

**ตารางที่ 4** ( ต่อ )

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้** | $$\overline{x}$$ | **S.D** | **ระดับความพึงพอใจ** | **อันดับ** |
| 22. ผู้สอนประเมินผลอย่างยุติธรรม | 4.60 | 0.62 | มากที่สุด | 3 |
| 23. ผู้เรียนสามารถอธิบายความรู้ที่ได้รับ | 4.57 | 0.57 | มากที่สุด | 4 |
| 24. ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอน | 4.50 | 0.63 | มาก | 5 |
| 25. ผู้เรียนมีความรู้หลังเรียน มากกว่าก่อนเรียน | 4.73 | 0.45 | มากที่สุด | 2 |
| **ภาพรวมการวัดและการประเมินผลเฉลี่ย** | **4.60** | **0.59** | **มากที่สุด** |  |
| **ภาพรวมความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้เฉลี่ย** | **4.57** | **0.56** | **มากที่สุด** |  |

 จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.57 และ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 0.56 และพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับเดียวคือ ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งความพึงพอใจในระดับมากที่สุดมี 22 ข้อ และความพึงพอใจในระดับมากมี 8 ข้อ เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้ พบว่าด้านบทบาทผู้สอนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ผู้เรียนทราบเกณฑ์การประเมินผลล่วงหน้า อันดับที่ 2 คือ ผู้สอนตั้งใจสอนและให้คำแนะนำผู้เรียน ในการทำกิจกรรมและได้รับข้อเสนอเพิ่มเติมว่าได้รับรูปแบบแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในชั้นเรียนอย่างเป็นอย่างดีหากมีการอบรมอีกให้จัดแจ้งให้ทราบอีกจะดีมาก

**5. ผลการวิเคราะห์ทัศนคติที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้**

ผลการประเมินแบบวัดทัศนคติของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 คน ให้นักศึกษาตอบแบบวัดทัศนคติตามแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ จำนวน 3 ตอน โดยผู้ตอบแบบประเมินทำเครื่องหมาย ✓ หรือเติมข้อความในช่องว่างตามทัศนคติ ในระดับ 5 4 3 2 1 มีระดับมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับ

 เมื่อพิจารณาทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละ องค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านวิศวกรรมศาสตร์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ได้ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ระดับความทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| องค์ประกอบการเรียนรู้ | $$\overline{x}$$ | 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 |
| รวม | **3.61** | **0.56** | **มาก** |  |

 จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความทัศนคติต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่านักศึกษามีทัศนคติในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 รองลงมาคือด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 และด้านคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ตามลำดับ เมื่อจัดอันดับระดับทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า นักศึกษามีระดับทัศนคติต่อด้านด้านวิทยาศาสตร์เป็นอันดับหนึ่ง ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอันดับที่สอง ด้านคณิตศาสตร์เป็นลำดับที่สาม ซึ่งสามารถจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ในรูปแผนภูมิที่ 5

****

**ภาพที่ 5** ระดับความทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ

**อภิปรายผล**

ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปราย ตามประเด็นต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

**สรุปผลการวิจัย**

 1. นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE เรื่อง Smart Farmหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 2. นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

 3. นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

 4. นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

**อภิปรายผล**

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความพึงพอใจและทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ผลการศึกษาสามารถอภิปรายได้ ดังนี้

1. นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านวิทยาการคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 จากการศึกษาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านวิทยาการคำนวณ ที่นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามตามแนวทางสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนมี คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.70 จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.49 และ หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 17.20 จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.69 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านวิทยาการคำนวณ ที่นักศึกษาชั้นปีที่ 3 ได้รับการจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านวิทยาการคำนวณ หลังการ จัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนัสรินทร์ บือซา (2557: 5) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) พบว่า คะแนนเฉลี่ย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญลอย มูลน้อย (2559: 287) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้า และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า 1.) ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง วงจรไฟฟ้ามี ประสิทธิภาพเท่ากับ 82.64/80.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2.) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากที่สุด

 จากการศึกษาคะแนนพัฒนาการ (Gain score) ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านวิทยาการคำนวณ มาวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้สูตรพัฒนาการสัมพัทธ์ จากนั้นนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่ได้จากสูตรมาแปลผลเทียบกับระดับพัฒนาการตามเกณฑ์การประเมินคะแนน พัฒนาการของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552:5) แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีระดับพัฒนาการทางการเรียนด้านวิทยาการคำนวณ อยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 พัฒนาการระดับกลาง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 พัฒนาการระดับต้น จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนวิทยาการคำนวณอยู่ในระดับขั้นเริ่มต้น

 ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ผ่านการทำกิจกรรมที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการ แก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ และทักษะในการทำงานร่วมกัน รวมไปถึงการได้ ความรู้แบบองค์รวมที่สามารถนำความรู้ความรู้ไปประยุกต์ใช้ทำให้เห็นคุณค่าของการเรียนรู้อย่างมี ความหมาย (meaningful learning) ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี กิจกรรมการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทั้งทางด้านอารมณ์ สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็นในการสร้าง องค์ความรู้ใหม่ ๆ ด้วยตนเอง เกิดความเข้าใจอย่างแแท้จริงไม่ใช่แค่การท่องจำอย่างเดียว (ประสาท เนืองเฉลิม, 2557)

 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการ เรียนรู้ 6 ขั้นตอน ขั้นการระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จากการศึกษาและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที ่ได้จากแบบบันทึกภาคสนาม ของผู้วิจัยและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนด้านวิทยาการคำนวณเพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาด้านวิทยาการคำนวณ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับกับอุปกรณ์ และโปรแกรม Arduino IDE และรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ประกอบด้วยเรื่อง  อุณหภูมิและความชื้น และ ปริมาณน้ำที่พืชควรได้รับ ผ่านการลงมือปฏิบัติ และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองเพื่อนำมาออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Farm) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อปลูกพืชให้เจริญเติบโตโดยสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้เอง ภายในงบประมาณที่กำหนดให้ และต้องใช้ทรัพยากรที่มีให้คุ้มค่ามากที่สุด โดยผู้สอนให้นักศึกษาทุกกลุ่มได้ค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ลักษณะของโรงเรือนรูปแบบต่าง ๆ   วิธีการใช้งานอุปกรณ์เเต่ละชนิด และศึกษาข้อมูลเพิ่มจากคู่มือการใช้งานบอร์ด Arduino พร้อมกับปรึกษาสมาชิกในกลุ่มโดยศึกษาหาวิธีการสร้างโรงเรือน ให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จากนั้น สร้างโรงเรือน บันทึกผลลง และปัญหาลงในใบงานกลุ่มที่ผู้สอนแจกให้

 จากที่ผู้วิจัยได้จัดการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษากิจกรรมผ่านการลงมือปฏิบัติ และสร้างชิ้นงานด้วยตนเองผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นการบูรณาการการออกแบบเชิงวิศกรรม เรื่อง Smart Farm โดยแบ่งขั้นตอนการบันทึกข้อมูล ดังนี้

 1.1 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นระบุปัญหา ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้สถานณ์การแก่ผู้เรียนว่า ออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Farm) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อปลูกพืชให้เจริญเติบโต โดยสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้เอง ภายในงบประที่กำหนดให้ และต้องใช้ทรัพยากรที่มีให้คุ้มค่ามากที่สุด” เมื่อผู้เรียนได้รับสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนเริ่มอภิปรายภายในแต่ละกลุ่ม

 1.2 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนได้เริ่มศึกษาข้อมูลจากสื่ออินเตอร์เน็ต เพื่อเลือกพืชที่ต้องการจะปลูก และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตต่อพืชที่ได้เลือกมา โดยแต่ละกลุ่มได้เลือกมา ดังนี้ สตอว์เบอร์รี่ ผักสลัด ดอกไฮเดรนเจีย แตง(เมล่อน) องุ่น และเห็ดชิเมจิ ตามลำดับ

 1.3 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นของการออกแบบนั้นเริ่มเห็นการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มมากขึ้น โดยในแต่ละกลุ่มจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ฝ่ายพัฒนาชิ้นงาน และฝ่ายเขียนโค้ด ผ่านโปรแกรม Arduino IDE ขั้นนี้ในแต่ละกลุ่มพบปัญหาต่างกันออกไป เช่น การเขียนโค้ดผิดเพราะลืมเทคนิคการเขียนโค้ด การศึกษาข้อมูลไม่เพียงพอเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และการวางตำแหน่งในการออกแบบโรงเรือน

 1.4 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนได้ทบทวนข้อผิดพลาดของตนเอง และศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาของตนเองก่อน โดยมีผู้วิจัยช่วยแนะนำประกอบการตัดสินใจ จากนั้นให้ผู้เรียนได้วางแผนและดำเนินการแก้ไขปัญหาต่อไป

 1.5 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ เพื่อสร้าง Smart Farm และได้ทดลอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ได้สร้างขึ้น ในขั้นนี้มีหลายกลุ่มที่ชิ้นงานสามารถทำงานได้ตามแผนที่วางไว้ ปัญหาหลักๆเกิดขึ้นในช่วงการประกอบชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนได้ร่วมอภิปรายข้อผิดพลาดและเสนอแนวคิดการแก้ไขปัญหา

 1.6 พฤติกรรมการเรียนรู้ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนทุกกลุ่มสามารถนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และเมื่อนำเสนอชิ้นมี 5 กลุ่มที่นำเสนอผลงานแล้วชิ้นงานทำงานได้เป็นปกติ และมี 1 กลุ่มที่ดำเนินการไม่ได้ เนื่องจากเกิดข้อผิดพลาดในการเคลื่อนย้าย ทำใช้ชิ้นงานชำรุด แต่ตัวผู้เรียนก็สามารถดำเนินการนำเสนอได้ดี และบอกขั้นตอนการทำงานได้อย่างครบถ้วน

 จากการศึกษาและสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนามของผู้วิจัยและข้อคิดเห็นเพิ่มเติมของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรม และทัศนคติต่อการจัดกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น และจากการสอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติมต่อการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ให้ทราบดังนี้

 S1 : ชอบครับ ได้ลงมือทำด้วยตนเอง ท้าท้ายดีทำงานแข่งกับเวลา

S2 : สนุกค่ะ ได้ทำงานเป็นกลุ่ม ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ลองเขียนโค้ด Arduino ด้วย S3 : เป็นกิจกรรมที่ดี ค่อยจัดอีกค่ะ สนุก อาหารอร่อย ได้ออกแบบและสร้างชิ้นงาน ได้แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้มีการทำงานร่วมกับเพื่อน ๆ ค่ะ

 จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรม การเรียนของนักศึกษาที่เปลี่ยนไป จากผู้รับความรู้กลายเป็นผู้แสวงหาความรู้ จนค้นพบข้อเท็จจริง และสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตัวเอง นอกจากนี้นักศึกษายังสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เรียนผ่าน การลงมือปฏิบัติจริง ทดลอง สังเกตด้วยตนเอง อีกทั้งนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อนักศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะเห็นประโยชน์ คุณค่าของการเรียน และ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556: 49)

 ผลการวิจัยได้สรุปว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามที่สมมติฐานวางไว้

 2. ผลการวิเคราะห์ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลการวิเคราะห์ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้วิเคราะห์ตามกระบวนการSTEM ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design) และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

 2.1 การระบุปัญหา (Problem Identification) นักศึกษาทุกกลุ่มเข้าใจปัญหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ คือ ออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Farm) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อปลูกพืชให้เจริญเติบโตโดยสามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้เอง ภายในงบประมาณที่กำหนดให้ และต้องใช้ทรัพยากรที่มีให้คุ้มค่ามากที่สุด

 2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) นักศึกษาทุกกลุ่มได้ค้นหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ลักษณะของโรงเรือนรูปแบบต่าง ๆ วิธีการใช้งานอุปกรณ์เเต่ละชนิด และศึกษาข้อมูลเพิ่มจากคู่มือการใช้งานบอร์ด Arduino พร้อมกับปรึกษาสมาชิกในกลุ่มโดยศึกษาหาวิธีการสร้างโรงเรือน ให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

 2.3 การออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา (Solution Design) หลังจากที่ผู้วิจัยมอบหมายงานให้ นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน รวบรวมความคิดและวางแผนร่วมกันโดยสังเกตได้จากการออกแบบชิ้นงานในกระดาษ ระบุส่วนต่าง ๆ ของโรงเรือน และระบุอุปกรณ์ที่จะใช้ได้อย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นแบบในการสร้างชิ้นงาน ดังนี้ กลุ่ม 1 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกต้นสตรอว์เบอร์รี โดยภายในโรงเรือนจะมีระบบให้น้ำอัตโนมัติ โดยจะสั่งการทำงานเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 80 มีการใช้ไฟ LED แสงสีเเดง และเเสงสีขาว เปิดให้กับต้นสตอว์เบอร์รี่ตลอดเวลา เพื่อให้ทำการสังเคราะห์แสง และมีพัดลมระบายอากาศ ซึ่งจะทำงานเมื่อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส กลุ่ม 2 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกผักสลัด โรงเรือนมีการออกแบบโดยการควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ 24 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับปลูกผักสลัด มีระบบรดน้ำอัตโนมัติ และมีการใช้ไฟ LED เเสงสีขาว ในช่วง 7 วันเเรก หลังจากนั้นใช้เเสงสีแดงและสีน้ำเงิน ในอัตราส่วน 4:2 กลุ่ม 3 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกดอกไฮเดรนเยีย ซึ่งดอกไฮเดรนเยียเป็นพืชเมืองหนาว จึงออกแบบโรงเรือนให้ควบคุมดินให้มีความชื้นที่เหมาะสม โดยใช้ระบบรดน้ำอัตโนมัติและพัดลมระบายอากาศ เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 18-20 องศาเซลเซียส และโรงเรือนออกแบบมาเพื่อให้สามารถรับแสงได้ปริมาณที่มากเพียงพอตลอดทั้งวัน กลุ่ม 4 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกเมล่อน โดยตัวโรงเรือนมีการใช้ไฟ LED แสงสีเเดงและสีน้ำเงิน โดยจะเปิดในเฉพาะเวลากลางคืน มีระบบรดน้ำอัตโนมัติ โดยน้ำจะรดถ้าความชื้นในดินต่ำกว่า 30 และจะปิดเมื่อความชื้นในดินมากกว่า 30 และมีพัดลมระบายอากาศ เพื่อระบายความร้อนออกจากโรงเรือน ให้โรงเรือนมีอุณหภูมิอยู่ที่ 25-35 องศาเซลเซียส กลุ่ม 5 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกองุ่น ไฟ LED แดง และ LED น้ำเงิน จะเปิดในช่วงกลางคืนนาน 12 ชั่วโมง และเปิดในช่วงกลางวัน 12 ชั่วโมง และจะเปิดน้ำในกรณีที่ความชื้นน้อยกว่าสามสิบ และจะปิดเมื่อมีความชื้นในดินมากกว่าสามสิบ พัดลมจะเปิดระบายอากาศกรณีอุณหภูมิมากกว่า 31 และปิดในกรณีน้อยกว่า 31 กลุ่ม 6 ออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกเห็ด จากการระบุปัญหาการเกิดของเห็ดชิมิจิต้องการความชื้นสูง ไม่ต้องการแสง จังไม่มีการใช้หลอดไฟ LED เห็ดชิมิจิจะต้องควบคุมอุณหภูมิในการปลูก จากที่ได้ศึกษาเห็ดชิมิจิ ต้องการความชื้น 65 % และไม่ต้องการแสงแดดจึงได้มีการสร้างโรงเรือนแบบปิดโดยไม่ให้เจอแสงแดดและเก็บอุณหภูมิ

 2.4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักศึกษาได้ลงมือทำชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ และร่วมกันแก้ปัญหาเมื่อชิ้นงานเกิดข้อผิดพลาด ทุกกลุ่มต่างช่วยกันปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มตัวเอง มีการแบ่งงานกันทำจนสามารถสร้างโรงเรือนได้สำเร็จ ตามรูปเเบบที่วางแผนไว้

 2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design) เมื่อทำการทดสอบการทำงานของระบบภายในโรงเรือน นักศึกษากลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 6 มีปัญหาเพียงเล็กน้อย จากการต่ออุปกรณ์ที่ไม่มั่นคง และสามารถแก้ไขชิ้นงานให้ออกมาตรงตามที่วางแผนไว้ได้ นักศึกษากลุ่มที่ 2 มีปัญหาเนื่องจากคอมพิวเตอร์ไม่รองรับกับโปรแกรม จึงทำการเปลี่ยนคอมพิวเตอร์ใหม่ และมีปัญหาเรื่องปั๊มน้ำ ที่ไม่สามารถปั๊มน้ำขึ้นมาได้ เนื่องจากเครื่องปั๊มน้ำไม่มีกำลังมากพอที่จะส่งน้ำขึ้นที่สูง จึงปรับระดับของการส่งน้ำใหม่ และสามารถใช้งานได้ตามต้องการ นักศึกษากลุ่มที่ 3 ต่อสายจั๊มเปอร์ (Jumper) เข้ากับอุปกรณ์ไม่แน่น ทำให้ตอนทำการทดสอบ ระบบไม่ทำงาน จึงได้ขยับสายจั๊มเปอร์ (Jumper)ใหม่ และบอร์ดไม่รองรับกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ เมื่อต่ออุปกรณ์มากจะทำให้บอร์ดไม่จ่ายกระเเสไฟฟ้า จึงต้องทำการเพิ่มบอร์ดเข้ามาเพิ่ม เพื่อใช้ในการต่อวงจร นักเรียนกลุ่มที่ 5 มีการเชื่อมต่อวงจรผิด เมื่อสั่งงานอุปกรณ์เลยไม่ทำงาน จึงทำการต่อวงจรใหม่ทั้งหมด และสามารถใช้งานได้ตามที่วางแผนไว้

 2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation) นักศึกษาบอกปัญหาที่พบและสามารถนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวเองได้ โดยแต่ละกลุ่มก็จะพบปัญหาทีมีทั้งความเหมือนและแตกต่างกัน และมีแนวทางการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป จนได้ชิ้นงานที่เป็นที่พอใจของแต่ละกลุ่ม ด้านทักษะการแก้ปัญหา ในการออกแบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Farm)  นักศึกษามีการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้โรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Farm) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถใช้ในการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อปลูกพืชให้เจริญเติบโต  มีการแก้ปัญหาทั้งการสร้างตัวชิ้นงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Arduino โดยสังเกตุจากสภาพจริงที่นักศึกษาได้พบเจอปัญหา

 3. นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความคิด สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการวิเคราะห์ข้อสอบก่อนเรียน – หลังเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับ การคิดริเริ่ม คิดคล่อง และคิดสร้างสรรค์  เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ การประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทราบความรู้ความเข้าใจของเป็นรายบุคคลของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับ หลังจากการจัดการเรียนรู้ ( $\overline{x}$ = 4.37, S.D = 1.497) สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ ( $\overline{x}$ = 3.03 , S.D. = 1.159 ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรง เช่น การ ฝึกคิด การลงมือทำ กิจกรรม การให้ความรู้ ในทางอ้อม เช่น การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ การ สร้างความปลอดภัยในการคิด เป็นต้น (บุญรัตน จันทร, 2559) รวมถึงวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ เหมาะสำหรับการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้อง อาศัยการสืบเสาะแสวงหาความรู้และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ความคิด สร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และค้นคว้าหาคำตอบเพื่อหาทางออก หรือเรียกว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ซึ่งบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเหมือนกับบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทั่วไปคือ เป็นบุคคลที่มีความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น (Moravesik, 1981 อ้างถึงใน บุญรัตน จันทร, 2559) ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญลอย มูลน้อยและคณะ (2559, 287) ที่ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สะเต็มศึกษา) ผลการศึกษาพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยภัสสร ติดมา (2558) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayasari (2016) ที่ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน พลังงงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์) ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

ผลการวิจัยได้สรุปว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามที่สมมติฐานวางไว้

4. ทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการประเมินแบบวัดทัศนคติของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 คน ให้นักศึกษาตอบแบบวัดทัศนคติแบบลิเคิร์ทจำนวน 3 ตอน โดยผู้ตอบแบบประเมินทำเครื่องหมาย ✓ หรือเติมข้อความในช่องว่างตามทัศนคติ ในระดับ 5 4 3 2 1 มีระดับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบซึ่งได้แก่ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์และด้านวิศวกรรมศาสตร์ แสดงให้เห็นว่านักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความทัศนคติต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.61 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่านักศึกษามีทัศนคติในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 รองลงมาคือด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 และด้านคณิตศาตร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ตามลำดับ เมื่อจัดอันดับระดับทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า นักศึกษามีระดับทัศนคติต่อด้านด้านวิทยาศาสตร์เป็นอันดับหนึ่ง ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอันดับที่สอง ด้านคณิตศาสตร์เป็นลำดับที่สาม

5. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อกิจกรรมกิจกรรมการอบรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง Smart Farm เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้  จำนวน 30 คน ให้นักศึกษา ตอบแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมอบรมแบบลิเคิร์ท จำนวน 25 ข้อ โดยผู้ตอบแบบประเมินทำเครื่องหมาย ✓ หรือเติมข้อความในช่องว่างตามความพึงพอใจ ในระดับ 5 4 3 2 1 มีระดับความพึงพอใจระดับ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามลำดับ จากการวิเคราห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาเป็นรายบุคคลและแจกแจงความถี่ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 นักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากจำนวน 8 คนคิดเป็นร้อยละ 26.67 และไม่พบความพึงพอใจในระดับปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด และยังสอดคล้อง กับงานวิจัยของ Shi Jer Lou และคณะ (2010) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและนักเรียนอาชีวศึกษาที่เมืองไต้หวัน ประเทศจีน หลังได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานด้วยกิจกรรมสะเต็ม ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อในการประเมินของแบบวัดความความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มออกเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่ ทัศนคติต่อการเรียน สะเต็ม (STEM Learning Attitude) การออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอนของกิจกรรมสะเต็ม (teaching material design of the STEM activity) วิธีการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL strategy) และ เนื้อหาของสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด (contents of STEM related concepts) จากผลการวิจัย พบว่า ทั้ง 4 หัวข้อมีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 4 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมี ความพึงพอใจมากต่อการเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็ม และยังพบว่า การออกแบบวัสดุที่ใช้ในการสอน ของกิจกรรมสะเต็ม มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด คือ 4.16 และเนื้อหาของสะเต็มที่เกี่ยวข้องกับ แนวคิด มีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยสุด คือ 3.98

 ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เมื่อพิจารณาองค์ประกอบในแต่ละด้าน พบว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 3 มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านโดยเรียงจากมากไปน้อยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในด้านบทบาทผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 รองลงมานักศึกษามีความพึงพอใจในด้านการวัดและการประเมินผล ด้านบทบาทผู้เรียนและด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และคือมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.60 , 0.59, 4.57, 0.56, 4.49, 0.60 ตามลำดับ เมื่อจัดอันดับระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทาง สะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า นักศึกษามีระดับความพึงพอใจต่อด้านบทบาท ผู้สอนเป็นอันดับหนึ่ง ด้านการวัดและการประเมินผลเป็นอันดับที่สอง ด้านบทบาทนักเรียนเป็นลำดับ ที่สาม และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับที่สี่ เมื่อ พิจารณาในแต่ละรายการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.57 และ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 0.56 และพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับเดียวคือ ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งความพึงพอใจในระดับมากที่สุดมี 22 ข้อ และความพึงพอใจในระดับมากมี 8 ข้อ เมื่อพิจารณาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละองค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้ พบว่าด้านบทบาทผู้สอนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 คือ ผู้เรียนทราบเกณฑ์การประเมินผลล่วงหน้า อันดับที่ 2 คือ ผู้สอนตั้งใจสอนและให้คำแนะนำผู้เรียน ในการทำกิจกรรมและได้รับข้อเสนอเพิ่มเติมว่าได้รับรูปแบบแนวทางสะเต็มศึกษาไปใช้ในชั้นเรียนอย่างเป็นอย่างดีหากมีการอบรมอีกให้จัดแจ้งให้ทราบอีกจะดีมาก

 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยง แนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรม ซึ่งส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน และผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของออซูเบล (Ausubel) ที่เน้นความสำคัญ ของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูล ใหม่กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียน (จำรัส อินทลาภาพร, 2558: 71)

**ข้อเสนอแนะ**

 **ข้อเสนอแนะทั่วไป**

1. จากผลการวิจัย ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความพึงพอใจและทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจและทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม จึงควรนำไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ และประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์

2. การจัดกิจกรรมอบรมผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความพึงพอใจและทัศนคติต่อการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ค่อนข้างใช้เวลานาน ถ้านำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ต้องจัดสรรเวลาให้เหมาะสมต่อกิจกรรม

3. ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนานวัตกรรมต่อไปได้

**ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำเทคโนโลยีอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ไปใช้ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. สามารถนำอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มาพัฒนา Smart Farm ให้มีระบบแจ้งเตือนผ่าน Application บน Mobile เพื่อให้มีความสะดวกในการแจ้งเตือนข้อมูลและควรเพิ่มให้ระบบสามารถสั่งการผ่าน Internet ได้

**กิตติกรรมประกาศ**

 งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

**เอกสารอ้างอิง**

กิตติชัย ตนตรง. (2558). **การใช้บอร์ด Arduino UNO แก้ปัญหาทางการเรียน รายวิชา**

**ไมโครคอนโทรลเลอร์ นักศึกษาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 วิทยาลัยเทคโนโลยีเมโทร.** สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

เกรียงศักดิ์  เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). **การคิดเชิงสร้างสรรค์.** (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมี

เดีย.

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์. (2546). **ความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ณัฎพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). **ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิด**

 **และแนวปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ: ดวงกมล

ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). **การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของ**

**นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็ม**

**ศึกษา เรื่องกายวิภาค ของพืช.** การประชุมวิชาการระดับคุรุศาสตร์ ครั้งที่ 1

ทัศนีย์ บุญเติม. (2526). **ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.** วารสารวิทยาศาสตร์.

ธนากร น้ำหอมจันทร์. (2557). **ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน**

**แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ**

**โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้.** วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม-มิถุนายน 2557

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์. (2545). **ผลของวิธีสอนแบบโครงการต่อเจตคติ ความพึงพอใจ คุณลักษณะ**

**อื่นและระดับผลการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี.** วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับ สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์.

นิ่มน้อย แพงปัสสา. (2551). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT และ**

**การประยุกต์ใช้ทฤษฎีพหุปัญญา เรื่อง การบวกและการลบ จำนวนที่มีผลลัพธ์ และตัวตั้ง**

**ไม่เกิน 100 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1.** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นัสรินทร์  บือชา.(2558*).* **ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ**

**เรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์สาขาวิชาการสอน

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). **การวิจัยเบื้องต้น.** *(*พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สิวีริยาสาส์น.

บุญรัตน์  จันทร. (2558). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่**

**5 เรื่อง สมดุลกลโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์.** การประชุม

วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  ครั้งที่ 53. กรุงเทพฯ:

บุญลอย มูลน้อย. (2559). **ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี**

**วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง**

**วงจรไฟฟ้าของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, การประชุมสัมมนาวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 16 และการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3 งานวิจัยเพื่อพัฒนาท้องถิ่น. เพชรบูรณ์.

ปราณี กองจินดา. (2549). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจ**

**ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจ**

**กับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏ

พระนครศรีอยุธยา.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ครุศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ราชภัฏพระนคร.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). **STEM Education กับ การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่21.** วารสาร วิชาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). **สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม.** นิตยสาร สสวท. 42(185)

เยาวดี วิบูลยศ์รี. (2549). **การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.**กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวทิยาลัย.

วิชัย วงษใหญ. (2533). **กิจกรรมสรางสรรคสําหรับเด็กกอนวัยเรียน.** กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษา ศาสตรมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

วิเชียร เกตุสิงห์. (2538). ***ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย*.** การวิจัยการศึกษา.

วนิช สุธารัตน์. (2547). **ความคิดและความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น จัดพิมพ์.

วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู. (2560). **สะเต็มศึกษากับการศึกษาไทย STEM EDUCATION AND**

 **THAILAND EDUCATION.** วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์).

วรรณา รุ่งลักษะมีศรี. (2551). **ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม**

**ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). **วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

วิชัย วงษใหญ. (2533). **กิจกรรมสรางสรรคสําหรับเด็กกอนวัยเรียน.**กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษา ศาสตรมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สถาพร พฤฑฒิกุล. (2555). **คุณภาพผู้เรียนเกิดจาก กระบวนการเรียนรู้.** วารสารการบริหาร การศึกษามหาวิทยาลัยบูรพา.6(2) :1-13.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). **หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์.** กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). **สะเต็มศึกษา.** วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.7(2) :201- 207.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์. (2558). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม**

**เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน.** คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). **สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.** สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.), 42(186), 3-5.

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับ**

**การจัดการเรียนการสอนตามปกติ.** วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการ

สอน). พระนครศรีอยุธยา : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัพระนครศรีอยุธยา.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์. (2544). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์.** (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม Classical Test Theory.**(พิมพ์ครั้งที่

6). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนันต์ จันทร์กวี. (2523). **ผลการใช้คำถามของครูทีมีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์**

**และทัศนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.**วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรี

นครินทรวิโรฒ.

อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ. (2535). **ความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อบทบาทของสหกรณ์การเกษตร สารภี จำกัด.** วิทยานิพนธ์เทคโนโลยีการเกษตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีแม่โจ้.

อารี รังสินันท์. (2532). **ความคิดสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ.

อารี พันธ์มณี. (2557). **ฝึกให้คิดเป็นคิดอย่างสร้างสรรค์.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ. (2544). **สร้างสรรค์นักคิด คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถ พิเศษ ด้านทักษะการคิดระดับสูง.** กรุงเทพฯ: รัตนพรชัย.

อรพรรณ แซ่ตั้ง. (2560). **การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง.** วารสารการ

อาชีวะ และเทคนิคศึกษา ปีที่ 7. ฉบับที่ 13

Chetan Dwarkani M.(2015). **IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR).**

Cronbach, L.J. (1990). **Essentials of Psychological Testing.** 5th Ed. New York: Harper Collins Publisher, Inc.

Hall.(1965). **Creativity.** Washigton D.C. : National Education Association.

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).

Melchizedek I. Alipio (2017). **IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics**

**(GCCE).**

Torrance, E.P. (1965). **Rewarding Creative Behavior.** Englewood Cliffs, N.J. Princeton

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.

Waitayangkoon P. (2007). **ICT Professional Development of Teachers in Thailand:**

**The Lead-teacher Model. ICT in “Teacher Education : Case Studies from**

**the Asia-Pacific Region'.** UNESCO, Bangkok.