การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

The Development of Online Teacher Professional Development Program to Enhance Learning Management Ability in STEM Education of Freshman Science Student Teachers

*พัดชา ดอกไม้[1] สุรยศ ทรัพย์ประกอบ[2] เจนศึก โพธิศาสตร์[3] และ ประธาน ประจวบโชค[4]

Patcha Dokmai[1] Surayot Supprakob [2] Janesuk Potisart [3] and Prathan Prachopchok [4]

[1]อาจารย์ประจำวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[1] Lecturer, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

[2] อาจารย์ ดร. ประจำวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[2]Lecturer Dr., College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

[3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[3]Assist. Prof. Dr., College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำวิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

[4]Assist. Prof., College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

*Corresponding author: e-mail: patcha.d@pnru.ac.th

Received : October 20, 2022
Revised : March 10, 2023
Accepted : April 21, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ และ 2) ศึกษาผลการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาสะเต็มศึกษา ปีการศึกษา 2564 จำนวน 26 คน งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 4 ระยะ ได้แก่ 1) การศึกษาปัญหาและความต้องการ 2) การออกแบบและสร้างโปรแกรม 3) การนำโปรแกรมไปทดลองใช้ และ 4) การปรับปรุงโปรแกรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา แบบประเมินความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง อนุทินของนักศึกษา และบันทึกหลังสอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยายและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรมประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชื่อมโยงสู่สะเต็มศึกษา การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ การจัดการเรียนรู้แบบเผชิญหน้าเน้นการปฏิบัติกิจกรรม

กลุ่มแบบออนไลน์ และการสรุปผลการเรียนรู้ และ 2) ผลการทดลองใช้โปรแกรม พบว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้น ส่วนด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และด้านการปฏิบัติการสอนแบบออนไลน์นักศึกษามีความสามารถอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: การพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์, สะเต็มศึกษา, นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

Abstract

This research aimed to 1) develop an online teacher professional development program to enhance learning management ability in STEM education of science student teachers, and 2) study the results of experimenting with the program. The participants included 26 freshman science student teachers with no basic knowledge of the teaching profession and science learning management, enrolling in the STEM education course in the academic year 2021. This research and development consisted of 4 phases: 1) studying problems and needs, 2) designing and developing the program, 3) experimenting with the program, and 4) revising the program. The instruments included a STEM education assessment form, a STEM learning management ability assessment form, a semi-structured interview form, a student journal, and a teachers' reflective journal. The data were analyzed by using descriptive statistics and content analysis. The findings revealed that 1) the program covered the following contents: science learning management connecting to STEM education, designing STEM lesson plans and conducting online microteaching, combining face-to-face teaching with online group activities, and concluding the learning. 2) The results of experimenting with the program found that the student teachers increased their knowledge of STEM education, moreover, their ability to design STEM lesson plans and their online microteaching were rated at a good level.

Keywords: Online teacher professional development, STEM Education, Science student teachers

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจัดเป็นสมรรถนะสำคัญของครูวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ในเนื้อหา 2) ทักษะและความสามารถ 3) การออกแบบการเรียนการสอน และ 4) การประเมินผล (Corbett et al., 2014) เนื่องจากสะเต็มศึกษาได้รับการกำหนดเป็นเป้าหมายการจัดการศึกษาในประเทศไทย เพื่อพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ในด้านสะเต็มซึ่งถือเป็นกำลังหลักในการขับเคลื่อนประเทศไทยตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 โดยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการความรู้ระหว่าง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการทำงานเป็นทีม (สุทธิดา จำรัส,

2560; Bybee, 2013) ผู้เรียนจึงได้เรียนรู้ทั้งในแง่ขององค์ความรู้และทักษะในศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตามจากผลการสำรวจมุมมองและความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า นักศึกษาครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาทั้งในแง่นิยาม เป้าหมาย แนวทางการจัดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับศาสตร์ทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษาไม่ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ได้เน้นการสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (พินธุดิฐ กลิ่นขจร และคณะ, 2561; ชุติมา วิชัยดิษฐ์ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560) ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่สถาบันการผลิตครูต้องพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความสามารถและมั่นใจในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาซึ่งถือเป็นหนึ่งในหัวใจการพัฒนาการศึกษาไทยให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก

ผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ผู้สอนรายวิชาสะเต็มศึกษาซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้ โดยในปีการศึกษา 2564 นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชานี้เป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 จากการสัมภาษณ์นักศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา พบว่า ทั้งหมดยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่ไม่รู้จักสะเต็มศึกษามาก่อน จึงไม่มั่นใจว่าตนเองเคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาก่อนหรือไม่ ผนวกกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Covid-19) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2564) จึงได้ประกาศให้มีการจัดการเรียนรู้ในลักษณะยืดหยุ่นตามความเหมาะสม โดยมหาวิทยาลัยที่ผู้วิจัยสังกัดตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การระบาดสีแดงตามประกาศของรัฐบาล จึงต้องจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ (online learning) เต็มรูปแบบ อย่างไรก็ตามจากการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ที่ผ่านมา พบว่า ครูผู้สอนต่างประสบปัญหาในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่เน้นการลงมือปฏิบัติและการทำงานร่วมกันเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจึงมีโอกาสเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงน้อยลง ส่วนใหญ่ได้เรียนเพียงทฤษฎีหรือได้เห็นเพียงแค่การสาธิต ส่งผลให้ขาดการพัฒนาทักษะหลาย ๆ ด้าน ความสนุกสนานที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนหายไป (บุญเลี้ยง ทุมทอง และ ประทวน วันนิจ, 2565; ฉัตรมงคล สีประสงค์ และ ณมนรัก คำฉัตร, 2564) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าครูมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จ หากนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ซึ่งกำลังจะก้าวไปเป็นครูในอนาคตขาดความรู้ความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ย่อมส่งผลต่อการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ (Guskey, 2002) ด้วยเหตุนี้จึงเป็นความท้ายทายของผู้วิจัยที่ต้องพัฒนารายวิชาสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นรายวิชาที่เน้นกระบวนการการลงมือปฏิบัติ ภายใต้บริบทการเรียนแบบออนไลน์ เพื่อพัฒนาให้นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้สามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในสถานการณ์การแพร่ระบาดนี้สามารถทำได้โดยการใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ (Online Teacher Professional Development: oTPD) ซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งของกระบวนการพัฒนาวิชาชีพครู (Teacher Professional Development) (Loucks-Horsley et al., 2010) โดยเป้าหมายสำคัญของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครู คือ การสร้างระบบในการพัฒนาการปฏิบัติงานของครูอย่างต่อเนื่อง (นารีรัตน์ รักวิจิตรกุล, 2560; ปริญญา มีสุข, 2552) เป็นกระบวนการที่พัฒนาครอบคลุมทั้งครูประจำการและนักศึกษาครู ทั้งนี้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เป็นกระบวนการการพัฒนาทางวิชาชีพครูที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้จัดการเรียนรู้ได้แม้ว่าผู้เรียนจะอยู่ต่างสถานที่กัน โดยใช้เทคโนโลยีและอินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือ

และสนับสนุนการเรียนรู้ Loucks-Horsley et al. (2010) ได้เสนอกระบวนการการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ 7 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดวิสัยทัศน์และมาตรฐาน การวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียน การกำหนดเป้าหมาย การวางแผนเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม การลงมือปฏิบัติ การประเมินผลเพื่อการพัฒนาและปรับปรุง และการสะท้อนผลและปรับปรุง และ Philipsen et al. (2019) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูออนไลน์ควรคำนึงถึงปัจจัยแวดล้อมด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น บริบท สิ่งสนับสนุนต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงความคิดจากการเรียนรู้เผชิญหน้าสู่รูปแบบออนไลน์ และการคำนึงถึงกลยุทธ์ที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสะเต็มศึกษาที่ผ่านมา พบว่า โปรแกรมฯ ส่วนใหญ่ดำเนินการในลักษณะเป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการแบบเผชิญหน้า (onsite) และเป็นหลักสูตรสำหรับครูหรือนักศึกษาครูที่มีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับวิชาชีพและวิชาเฉพาะอยู่แล้ว (Avery & Reeve, 2013; Faikhamta et al., 2020; Nadelson et al, 2012) ยกตัวอย่างเช่น Herro and Quigley (2017) พัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสะตรีม (STEAM) เพื่อพัฒนาครูคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการเรียนรู้แบบโครงงาน และการใช้สื่อดิจิทัลในการเรียนรู้ พบว่าครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษามากขึ้น ครูเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และส่วนหนึ่งพบว่ามีลักษณะเป็นคอร์สการเรียนออนไลน์แบบเปิด (Open Online Course) ของมหาวิทยาลัยผ่านแพลตฟอร์ม (Platform) ต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น คอร์ส Innovating Instruction: Learning Design in the STEM Classroom Course ของมหาวิทยาลัย Columbia University บนแพลตฟอร์ม Edx เมื่อผ่านการทดสอบหรือมีเวลาเรียนครบตามที่หลักสูตรกำหนดถือว่าเรียนจบหลักสูตร และ STEAM-BOX: Courses ซึ่งเน้นการเรียนรู้เชิงทฤษฎี และการออกแบบกิจกรรมสะเต็มเพื่อนำไปใช้ในชั้นเรียน โดยมีเพื่อนครู และผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลย้อนกลับ (Köroğlu et al., 2021) ทั้งนี้สังเกตได้ว่าหลักสูตรลักษณะนี้ไม่ได้มีกระบวนการติดตามและการให้คำแนะนำ (coaching and mentoring) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาครูสามารถพัฒนาการสอนสะเต็มได้ (อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ, 2563) ด้วยปัญหาของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มศึกษาที่กล่าวไปข้างต้น จึงเป็นช่องว่างที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ โดยมีกระบวนการให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปสู่การผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพตรงกับความต้องการของประเทศต่อไป

ดังที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้นว่าด้วยข้อจำกัดของสถานการณ์การแพร่ระบาดของโคโรนาไวรัส ส่งผลให้ไม่สามารถจัดการเรียนรู้แบบปกติได้จึงต้องเปลี่ยนมาจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์เต็มรูปแบบ ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 จากนั้นศึกษาผลการใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ในการพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูสำหรับนักศึกษาครูและครูประจำการต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

2. เพื่อศึกษาผลการใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ในงานวิจัยนี้ ดำเนินการในช่วงการแพร่ระบาดของ Covid-19 ภายใต้มาตรการปิดเมือง (lockdown) ของประเทศไทย ระยะเวลาในการวิจัย ตั้งแต่ พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 - มีนาคม พ.ศ. 2565 กลุ่มที่ศึกษา คือ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 26 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา 1112201 สะเต็มศึกษา (STEM Education) ปีการศึกษา 2564 ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive selection) เลือกบริบทของนักศึกษาเป็นกลุ่มที่อยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านระหว่างการศึกษาระดับมัธยมศึกษาสู่ระดับอุดมศึกษา และยังไม่มีความรู้พื้นฐานด้านวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เข้าถึงการเรียนโดยใช้โทรศัพท์มือถือ ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meetings ทั้งหมดรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยและยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยซึ่งเป็นไปตามหลักจริยธรรมวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ หมายถึง แผนการปฏิบัติกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการสะเต็มศึกษาผ่านระบบออนไลน์เต็มรูปแบบ จำนวน 8 โมดูล โดยการจัดการเรียนรู้แบบสอนสดในรายวิชาสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่มีความรู้พื้นฐานด้านวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ภายใต้กระบวนทัศน์เชิงตีความ (interpretivist paradigms) ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ระยะ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาปัญหาความต้องการ และรูปแบบโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ (R_1)

1. ศึกษา วิเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูออนไลน์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ความสามารถในการสอนสะเต็ม ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) พบกรอบแนวคิดที่เหมาะสมในการออกแบบโปรแกรมฯ คือ กรอบแนวคิดของ Loucks-Horsley et al. (2010) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิด

ที่ใช้พัฒนาวิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์ และกลยุทธ์ที่เหมาะสมได้แก่ 1) การพัฒนาวิชาชีพครูออนไลน์ (online professional development) ตามกรอบแนวคิดของ Philipsen et al. (2019) 2) การอบรมเชิงปฏิบัติการ (workshop) และ 3) การโค้ช (coaching)

2. สำรวจสภาพปัญหา บริบทการเรียนรู้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจากนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 26 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) ในลักษณะการสัมภาษณ์กลุ่ม (group interview) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์วิเคราะห์เนื้อหา พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ (ร้อยละ 85) ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นสื่อในการเรียนรู้ ทุกคนเรียนอยู่ที่บ้านตนเองในต่างจังหวัด และส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) ไม่เคยมีประสบการณ์ในการปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มมาก่อน ยังไม่มีพื้นฐานเกี่ยวกับวิชาชีพครูและวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติม พบว่า ในรายวิชาที่ผ่านมาเป็นการเรียนแบบออนไลน์ แทบไม่มีโอกาสได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน จึงไม่ค่อยสนิทสนมกัน

ระยะที่ 2 การออกแบบและสร้างโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ (D_1)

1. นำข้อมูลที่สังเคราะห์จากระยะที่ 1 มาออกแบบและร่างโปรแกรมฯ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับบริบทของนักศึกษา และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 5 ท่าน ใช้วิธีการสนทนากลุ่ม (focus group) ได้รับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของจำนวนเวลา ลำดับของเนื้อหาและกิจกรรมโดยให้เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากขึ้น

2. สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แบบประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 2) แบบประเมินความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ 3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษา และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์สะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษา 4) อนุทินของนักศึกษา และ 5) บันทึกหลังสอนของผู้วิจัย ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พบว่า มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ระหว่าง 0.80 -1.00 จากนั้นทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

ระยะที่ 3 การนำโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ไปใช้ (R_2)

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ต้นแบบโปรแกรมฯ ตามที่ได้วางแผนไว้ให้แก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meetings สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง จำนวน 16 สัปดาห์

2. ศึกษาผลของการใช้โปรแกรมฯ โดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 8 ข้อ นักศึกษาเป็นผู้ตอบแบบวัดก่อนและหลังการเรียนรู้ผ่าน Google Forms 2) แบบประเมินความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 8 ตัวบ่งชี้ และ ตอนที่ 2 ด้านความสามารถการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ จำนวน 4 ตัวบ่งชี้ โดยทั้ง 2 ตอน มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) ปรับปรุงจาก วิภาวรรณ เอกวรรณัง และคณะ (2560) ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมฯ 3) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับโปรแกรมฯ สำหรับนักศึกษาโดยมีประเด็น

สัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก สัมภาษณ์หลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมฯ บันทึกหลังสอนของผู้วิจัยและอนุทินของนักศึกษาใช้บันทึกหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง

ระยะที่ 4 การปรับปรุงโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ และสะท้อนผลการพัฒนา (D_2)

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบประเมินความสามารถฯ โดยการนับคะแนนตามจำนวนรายการพฤติกรรมตามตัวบ่งชี้ที่นักศึกษาแสดงออก จากนั้นหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปรผลโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังนี้ คะแนน 4.00 -5.00 หมายถึง ความสามารถระดับดีมาก, 3.00 – 3.99 หมายถึง ความสามารถระดับดี, 2.00 – 2.99 หมายถึง ความสามารถระดับปานกลาง, 1.00 – 1.99 หมายถึง ความสามารถระดับค่อนข้างต่ำ, 0.00 - 0.99 หมายถึง ความสามารถระดับต่ำ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบประเมินความรู้ความเข้าใจฯ โดยการจัดกลุ่มระดับความรู้ความเข้าใจตามระดับความสมบูรณ์ของคำตอบ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ระดับสมบูรณ์ ระดับกำลังพัฒนา ระดับพื้นฐาน และไม่มีความรู้ (ตอบไม่รู้/ไม่ตอบ) (Nadelson et al., 2012) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง บันทึกหลังสอนของผู้วิจัย และอนุทินของนักศึกษา โดยเริ่มจากผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับคณะผู้วิจัยเพื่อตรวจสอบความตรงของการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลตรงกันผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยการนำข้อมูลมาตีความ จำแนกข้อมูล และคัดเลือกข้อมูลที่สำคัญเพื่อแสดงหลักฐานในการสร้างข้อสรุป จากนั้นตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องโดยการตรวจแบบสามเส้า (triangulation) ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่ค้นพบจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย (ลือชา ลดาชาติ, 2558; Creswell, 2013) นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ (ฉบับสมบูรณ์)

ผลการวิจัย

1. ผลพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

จากผลการศึกษาสภาพปัญหาและบริบทของนักศึกษา พบว่า นักศึกษาไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิชาชีพครูและวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่ไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา และเข้าถึงการเรียนรู้โดยใช้โทรศัพท์มือถือ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เอกสาร พบว่า กรอบแนวคิดที่เหมาะสมในการออกแบบโปรแกรมฯ คือ กรอบแนวคิดในการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เสนอโดย Louck-Horsley et al. (2010) จากนั้นทำการยกร่างหลักสูตร พัฒนาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีการปรับลดจาก 9 โมดูล เหลือ 8 โมดูล เพื่อให้เนื้อหามีความต่อเนื่องและเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมากขึ้น จากนั้นนำไปทดลองใช้ ปรับปรุงพัฒนา จนได้โปรแกรมฯ ฉบับสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ มีจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่มีความรู้พื้นฐานด้านวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใช้ 3 กลยุทธ์ในการพัฒนา ได้แก่ 1) การพัฒนาวิชาชีพออนไลน์ 2) หลักสูตรการอบรมเชิงปฏิบัติการ และ 3) การโค้ช โดยทั้ง 3 กลยุทธดำเนินการผสมผสานในทุกๆ โมดูล ของหลักสูตร จัดการเรียนรู้แบบสอนสดออนไลน์ (live online learning) ผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meetings ใช้ Google Classroom เป็นช่องทางหลักในการ

สื่อสารติดตามบทเรียน หลังจากเสร็จสิ้นในแต่ละสัปดาห์ นักศึกษาบันทึกอนุทินผ่าน www.blogger.com หลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการของโปรแกรมฯ ออกแบบภายใต้บริบทการเข้าถึงการเรียนรู้โดยใช้โทรศัพท์มือถือ ข้อจำกัดของความเร็วอินเทอร์เน็ต สถานที่ในการเรียนรู้กระจายอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย และความสัมพันธ์ของนักศึกษาไม่สนิทสนมกัน หลักสูตรประกอบด้วยหลากหลายกิจกรรมเน้นการลงมือปฏิบัติในลักษณะการทำงานเป็นกลุ่ม การสะท้อนคิดและการให้ข้อมูลย้อนกลับ (ตารางที่ 1) โดยกิจกรรมของหลักสูตร มีรายละเอียดดังนี้

โมดูล 1 และ 2 เน้นการทบทวนและปูพื้นฐานเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เริ่มจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มวิเคราะห์ลักษณะเด่นของนักวิทยาศาสตร์โลก เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ จากนั้นลงมือปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ทดลอง M&M เป็นกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) ในการค้นคว้าหาคำตอบ ผ่านการลงมือทดลองจริงที่บ้านของตนเอง จากนั้นร่วมกันวิเคราะห์ อภิปราย และลงข้อสรุปเกี่ยวกับ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในโมดูล 2 นักศึกษาร่วมกันวิเคราะห์บทบาทหน้าที่ของครูและผู้เรียนจากกิจกรรมทดลอง M&M เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และศึกษาเกี่ยวกับหลักสูตรและเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากนั้นจับกลุ่มสืบค้นและศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามที่ได้รับมอบหมาย เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน โดยวิเคราะห์และนำเสนอในประเด็นของลักษณะสำคัญ ตัวอย่างกิจกรรม และบทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียน เพื่อร่วมกันอภิปรายลักษณะที่เหมือนและแตกต่างของวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

โมดูล ที่ 3-4 เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ของสะเต็มศึกษา โดยเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เป้าหมาย และความสำคัญ จากนั้นสืบค้นลักษณะสำคัญ/ความหมายของศาสตร์ทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) เพื่อร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงความรู้โดยการเลือกนวัตกรรมที่สนใจ วิเคราะห์เหตุผลในการสร้างนวัตกรรม ความเชื่อมโยง 4 ศาสตร์กับตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากนั้นร่วมกันศึกษาตัวอย่างกิจกรรมสะเต็มจากแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 กิจกรรมที่เน้นสาระวิชาหลักที่แตกต่างกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และอภิปราย ลักษณะเด่นของกิจกรรมสะเต็มศึกษาในชั้นเรียน เมื่อนักศึกษามีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาแล้ว นักศึกษาร่วมกิจกรรมการสัมมนาสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการสนทนาแลกเปลี่ยน มุมมอง ความคิดเห็น จากตัวแทนทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ได้แก่ นักวิทยาศาสตร์ (S, T) วิศวกร (E, T) นักคณิตศาสตร์ (M) และครูวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้จากผู้ที่มีประสบการณ์ตรง เป็นการส่งเสริมให้นักศึกษาเห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษาและสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

โมดูล 5 มีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีประสบการณ์ในการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มแบบออนไลน์ จำนวน 2 กิจกรรม ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันซึ่งมุ่งเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ กิจกรรม Omelet Recipe ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Project-based Learning โดยนักศึกษาจะได้ออกแบบแก้ปัญหาเกี่ยวกับการทอดไข่เจียว การเลือกชนิดของกระทะ ขนาดของกระทะ และการออกแบบเมนู โดยกิจกรรมนี้นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนแก้ปัญหา และลงมือทอดไข่เจียวที่บ้านของตนเอง และนำเสนอผล

การแก้ปัญหา โดยใช้ www.canva.com และกิจกรรม Design a Zoo ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry-based Learning เน้นการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้โดยเริ่มจากการสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับบทบาทของสิ่งมีชีวิต ถิ่นที่อยู่ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยสืบค้นผ่าน Google Earth จากนั้นนำความรู้ที่ได้มาออกแบบสวนสัตว์ โดยใช้ Google Jamboard ตามเงื่อนไขและสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยทั้งสองกิจกรรมบันทึกผลการศึกษาลงในใบกิจกรรมออนไลน์ทาง Google Doc โดยเมื่อสิ้นสุดแต่ละกิจกรรมนักศึกษาร่วมกันอภิปราย สะท้อนคิด และสรุปเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของกิจกรรมสู่ศาสตร์ทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม วิธีการจัดการเรียนรู้ และบทบาทของครูและผู้เรียน

โมดูล 6-7 กิจกรรมเน้นการนำความรู้ที่ได้ทั้งหมดมาบูรณาการและประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและจัดการเรียนรู้สะเต็มในชั้นเรียน เริ่มจากการศึกษาตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ และความแตกต่างระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มกับแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อื่น ๆ จากนั้นจับกลุ่มจำนวน 6 กลุ่ม เพื่อออกแบบร่างกิจกรรมสะเต็มในลักษณะออนไลน์ตามความสนใจ กลุ่มละ 1 แผน ระยะเวลา 3-4 ชั่วโมง ลงในแบบฟอร์มที่กำหนดให้ ซึ่งแบบฟอร์มนี้จะช่วยให้นักศึกษามองเห็นภาพรวมของแนวคิด และความเชื่อมโยงของกิจกรรม โดยตัวอย่างหัวข้อในแบบฟอร์ม เช่น ความเชื่อมโยงกับศาสตร์ S T E และ M สถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นนักศึกษานำร่างกิจกรรมมาปรึกษาและขอคำแนะนำจากผู้วิจัยและอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับบริบทออนไลน์และสามารถปฏิบัติได้จริง นอกจากนี้นักศึกษาจะมีกลุ่ม Buddy เพื่อช่วยตรวจสอบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบขึ้นสะท้อนลักษณะสะเต็มหรือไม่ อย่างไร จากนั้นขยายผลสู่การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยตลอดกิจกรรมกระบวนการโค้ชเกิดขึ้นอย่างใกล้ชิดและต่อเนื่อง ในกิจกรรมปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ นักศึกษาแต่ละกลุ่มมีเวลาจัดการเรียนรู้ตามแผนที่ออกแบบไว้ จำนวน 2 ชั่วโมง (เนื่องจากเป็นการจำลองการสอน และผู้เรียนเป็นนักศึกษาสามารถเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างรวดเร็ว) เมื่อเสร็จสิ้นนักศึกษาสะท้อนผลการสอน แนวทางการพัฒนาในครั้งถัดไป พร้อมรับข้อเสนอแนะและข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อนและผู้วิจัย และกิจกรรมสุดท้ายในโมดูล 8 เป็นกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ในประเด็นต่าง ๆ เช่น ความสำคัญของสะเต็มศึกษา บทบาทครู โดยเริ่มจากการคิดเป็นกลุ่ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน ผ่าน https://padlet.com

ผลการประเมินโปรแกรมฯ ในภาพรวม ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง และนักศึกษาสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ อย่างไรก็ตามในอนาคตควรมีการปรับปรุงโปรแกรมให้มีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งการเรียนรู้ในระบบออนไลน์และระบบเผชิญหน้า ส่วนผลการประเมินของนักศึกษา พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าโปรแกรมฯ ช่วยให้ตนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เนื่องจากได้ปฏิบัติกิจกรรมผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม รู้สึกสนุกที่ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองที่บ้าน ได้สะท้อนคิดและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยเฉพาะกระบวนการโค้ชเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างมากและช่วยให้สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้สำเร็จ *“หนูชอบที่อาจารย์คอยให้คำปรึกษาเวลาพวกหนูติดปัญหา อาจารย์ไม่ได้บอกคำตอบทั้งหมด แต่ให้ทางเลือกมากกว่า”* (S008) จึงรู้สึกมั่นใจว่าสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในชั้นเรียนจริงได้ อย่างไรก็ตามนักศึกษาอยากให้เพิ่มระยะเวลาในแต่ละโมดูลให้มากขึ้นเนื่องจากไม่เคยมีความรู้พื้นฐานมาก่อนจึงต้องการเวลาในการเรียนรู้และทำความเข้าใจมากขึ้น

ตารางที่ 1 โครงสร้างหลักสูตรโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

หน่วยการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้ออนไลน์
โมดูล 1 ความเป็นนักวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (8 ชั่วโมง)	- จับกลุ่มวิเคราะห์ลักษณะของนักวิทยาศาสตร์โลก และนำเสนอ - ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ทดลอง M&M ออนไลน์ (Inquiry-based Learning) - ร่วมกันอภิปราย สะท้อนคิด และสรุปความรู้
โมดูล 2 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (12 ชั่วโมง)	- จับกลุ่มวิเคราะห์บทบาทครูและนักเรียนจากกิจกรรม M&M - ศึกษาหลักสูตร เป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวัดและประเมินผล - จับกลุ่มศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามที่ได้รับมอบหมาย นำเสนอหน้าชั้นเรียน - ร่วมกันอภิปราย ลักษณะที่เหมือนและแตกต่างของวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสรุปความรู้
โมดูล 3 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (8 ชั่วโมง)	- ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เป้าหมาย และความสำคัญ สืบค้นลักษณะของ 4 ศาสตร์ทางสะเต็ม และสรุปลักษณะสำคัญ - เลือกนวัตกรรมที่สนใจ วิเคราะห์เหตุผลในการสร้างนวัตกรรม ความเชื่อมโยงกับ 4 ศาสตร์ทางสะเต็ม และตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน - วิเคราะห์ตัวอย่างกิจกรรมสะเต็ม เพื่ออภิปรายแลกเปลี่ยนลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา -ร่วมกันอภิปราย สะท้อนคิด และสรุปความรู้
โมดูล 4 การสัมมนาสะเต็มศึกษา (4 ชั่วโมง)	- สนทนาแลกเปลี่ยน มุมมอง ความคิดเห็น จากตัวแทนทางวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม
โมดูล 5 การปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มแบบออนไลน์ (9 ชั่วโมง)	- จับกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มออนไลน์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Project-based Learning - จับกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มออนไลน์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Inquiry-based Learning - อภิปราย สะท้อนคิด และสรุป เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แนวทางการจัดการเรียนรู้ บทบาทและหน้าที่ครูและผู้เรียน
โมดูล 6 ปฏิบัติการออกแบบและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม (8 ชั่วโมง)	- ศึกษาตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์องค์ประกอบ และความแตกต่างระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มกับแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อื่น ๆ - จับกลุ่มออกแบบร่างกิจกรรมสะเต็มในลักษณะออนไลน์ ตามความสนใจ - เขียนแผนการการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์
โมดูล 7 การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ (12 ชั่วโมง)	- ปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบ - สะท้อนผลการสอนของตนเอง และแนวทางการพัฒนาในครั้งถัดไป - เพื่อนและผู้วิจัย ให้ข้อเสนอแนะ และข้อมูลย้อนกลับ
โมดูล 8 การอภิปราย แลกเปลี่ยน และสรุปผลการเรียนรู้ (3 ชั่วโมง)	- แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ในประเด็นต่าง ๆ โดยเริ่มจากการคิดเป็นกลุ่ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน ผ่าน https://padlet.com

2. ผลการใช้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์เพื่อพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อมูลแบ่งเป็นรายด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ผลการวิเคราะห์คำตอบของนักศึกษาก่อนและหลังแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้นในทุกประเด็น ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยก่อนเข้าร่วมโปรแกรมฯ ส่วนใหญ่ ร้อยละ 68.28 ไม่มีความรู้ แต่หลังเข้าร่วมโปรแกรมฯ ส่วนใหญ่ร้อยละ 42.31 มีความรู้ความ

เข้าใจระดับพื้นฐาน เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่า ประเด็นที่ส่วนใหญ่พัฒนามากที่สุด คือ ประเด็นการวัดและประเมินผลทางสะเต็มศึกษา จำนวน 14 คน (ร้อยละ 53.84) โดยนักศึกษาระบุว่า การวัดและประเมินผลทางสะเต็มศึกษาเป็นการประเมินตามสภาพจริง ส่วนประเด็นที่นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจน้อยที่สุด โดยพัฒนาขึ้นมาเพียง 1 ระดับจากระดับไม่มีความรู้สู่ระดับพื้นฐาน ได้แก่ ความหมาย/ลักษณะคณิตศาสตร์ จำนวน 19 คน (ร้อยละ 73.08) โดยนักศึกษาระบุว่า คณิตศาสตร์ คือ การคำนวณ ตัวเลข ปริมาณต่าง ๆ

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของระดับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1

ประเด็นความรู้ความเข้าใจ	จำนวน (คน) [ร้อยละ] ของนักศึกษา (N = 26)							
	ระดับสมบูรณ์		ระดับกำลังพัฒนา		ระดับพื้นฐาน		ไม่มีความรู้	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. ความหมาย/ลักษณะวิทยาศาสตร์	0 [0]	10 [38.46]	0 [0]	13 [50.00]	15 [57.69]	3 [11.54]	11 [42.31]	0 [0]
2. ความหมาย/ลักษณะเทคโนโลยี	0 [0]	4 [15.38]	0 [0]	4 [15.38]	8 [30.76]	18 [69.24]	18 [69.24]	0 [0]
3. ความหมาย/ลักษณะวิศวกรรมศาสตร์	0 [0]	2 [7.68]	0 [0]	9 [34.62]	10 [38.46]	15 [57.70]	16 [61.54]	0 [0]
4. ความหมาย/ลักษณะคณิตศาสตร์	0 [0]	0 [0]	0 [0]	7 [26.92]	10 [38.46]	19 [73.08]	16 [61.54]	0 [0]
5. ความหมาย/ลักษณะสะเต็มศึกษา	0 [0]	7 [26.92]	2 [7.69]	12 [46.15]	5 [19.23]	7 [26.92]	19 [73.08]	0 [0]
6. บทบาทของครูและผู้เรียนในสะเต็มศึกษา	0 [0]	6 [23.08]	4 [15.38]	9 [34.62]	7 [26.92]	11 [42.30]	15 [57.70]	0 [0]
7. การวัดและประเมินผลทางสะเต็มศึกษา	0 [0]	6 [23.08]	0 [0]	14 [53.84]	5 [19.23]	6 [23.08]	21 [80.77]	0 [0]
8. การวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้	0 [0]	7 [26.92]	0 [0]	10 [38.46]	0 [0]	9 [34.62]	26 [100]	0 [0]
ร้อยละเฉลี่ยของนักศึกษา	0	20.19	2.88	37.50	28.84	42.31	68.28	0

2) ด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผลการการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่นักศึกษาพัฒนาขึ้น จำนวน 6 แผน แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความสามารถอยู่ในระดับดี คะแนนเฉลี่ย 3.97 ดังแสดงในตารางที่ 3 ประเด็นที่นักศึกษามีความสามารถมากที่สุด คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คะแนนเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับดีมาก โดยนักศึกษาสามารถออกแบบกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น (National Research Council [NRC], 2012) ในการแก้ปัญหา ได้แก่ (1) ระบุปัญหา (2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข (6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน หรืออาชีพที่ผู้เรียนมีโอกาสพบเจอ และเหมาะสมกับระดับและความรู้ของผู้เรียน อย่างไรก็ตามพบว่า การออกแบบสถานการณ์ประเด็นปัญหาความต้องการ นักศึกษายังกำหนดไม่ชัดเจน เมื่อพิจารณาประเด็นที่นักศึกษามีความสามารถน้อยที่สุด คือ การวัดและ

ประเมินผลตามสภาพจริง คะแนนเฉลี่ย 3.31 ระดับดี โดยนักศึกษาใช้วิธีการวัดและประเมินผลอย่างหลากหลายและสอดคล้องกับวัยของผู้เรียน เช่น ชิ้นงาน ใบกิจกรรม การถามตอบ แต่พบว่า ส่วนใหญ่ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการวัดประเมินผลสะเต็ม และบางส่วนเลือกใช้วิธีการวัดและเครื่องมือไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3) ด้านการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ พบว่า ภาพรวมนักศึกษามีความสามารถในระดับดี คะแนนเฉลี่ย 3.00 ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยประเด็นที่นักศึกษามีความสามารถมากที่สุด คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ย 3.69 ระดับดี โดยนักศึกษาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ทั้ง 4 ศาสตร์ทางสะเต็มศึกษาเพื่อลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และได้ใช้ทักษะทางสะเต็ม อย่างไรก็ตาม พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการวัดและประเมินผลสะเต็ม เมื่อพิจารณาประเด็นที่นักศึกษามีความสามารถน้อยที่สุด คือ บทบาทของผู้อำนวยความสะดวกในกิจกรรมออนไลน์ คะแนนเฉลี่ย 2.38 ระดับปานกลาง โดยนักศึกษาทำได้ดีในการให้คำแนะนำ และให้การสนับสนุนผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ มีการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการะบวนการคิด แต่ไม่ได้มีลักษณะเป็นคำถามซักไซร้ไล่เรียงเพื่อนำไปสู่การคิดเชื่อมโยง เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ สาเหตุ หรือการสรุปองค์ความรู้ และยังขาดการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน

ตารางที่ 3 ระดับความสามารถด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และด้านการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 หลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพแบบออนไลน์ (N=26)

ประเด็นการพิจารณา	คะแนนเฉลี่ย (*M*)	*SD*	ระดับความสามารถ
1. ความสามารถด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	**3.97**	**0.34**	**ดี**
1.1 การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้สะเต็มศึกษา	4.00	8.85	ดีมาก
1.2 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาออนไลน์	3.77	0.91	ดี
1.3 การบูรณาการองค์ความรู้วิทยาศาสตร์	4.04	0.60	ดีมาก
1.4 การบูรณาการองค์ความรู้เทคโนโลยี	4.00	0.00	ดีมาก
1.5 การบูรณาการองค์ความรู้คณิตศาสตร์	4.04	0.60	ดีมาก
1.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.50	0.51	ดีมาก
1.7 สื่อ/วัสดุอุปกรณ์กิจกรรมสะเต็มแบบออนไลน์	4.12	0.71	ดีมาก
1.8 การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง	3.31	0.97	ดี
2. ความสามารถด้านการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์	**3.00**	**0.67**	**ดี**
2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	3.69	0.79	ดี
2.2 การบริหารจัดการชั้นเรียนออนไลน์	3.46	0.51	ดี
2.3 บทบาทของผู้อำนวยความสะดวกในกิจกรรมออนไลน์	2.38	0.75	ปานกลาง
2.4 ความสามารถในการสื่อสารถ่ายทอดความรู้	2.48	0.51	ปานกลาง

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า ลักษณะโปรแกรมฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นการจัดการเรียนรู้ออนไลน์แบบสอนสดผ่านโปรแกรม Zoom Cloud Meetings ร่วมกับโปรแกรมต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ผ่านโทรศัพท์มือถือ นักศึกษาปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มในลักษณะกลุ่มผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ได้สัมผัสประสบการณ์ที่หลากหลาย

ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมการทดลอง การสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ การสะท้อนคิด การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ การวิพากษ์ผลการสอนของตนเองและผู้อื่น และได้รับผลย้อนกลับจากผู้วิจัยอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้นักศึกษาเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากความสำเร็จของโปรแกรมฯ ผู้วิจัยถอดบทเรียนลักษณะของโปรแกรมฯ ที่เหมาะสมกับบริบทนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 จำนวน 6 ประการ ดังนี้

1) กิจกรรมละลายพฤติกรรม ควรใช้ทุกครั้งก่อนเริ่มบทเรียน ช่วยให้นักศึกษาที่ไม่สนิทกันได้ทำความรู้จักกันมากขึ้น รู้สึกผ่อนคลาย และสบายใจในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน เช่น การเล่นเกม การเปิดเพลง การแลกเปลี่ยนประเด็นที่ตนสนใจ

2) โครงสร้างหลักสูตรเรียงลำดับจากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชื่อมโยงสู่สะเต็มศึกษา เน้นการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม และการลงมือปฏิบัติจริงที่บ้านของตนเอง ระยะแรกเป็นการปฏิบัติเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักศึกษาเห็นภาพว่าสะเต็มศึกษาอยู่ส่วนใดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระยะที่ 2 เรียนรู้และปฏิบัติเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3) การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มและการปฏิบัติการสอนจุลภาคออนไลน์ในลักษณะกลุ่มเชื่อมโยงสู่การจัดการเรียนรู้แบบเผชิญหน้า ลำดับกิจกรรมควรเริ่มจากการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม เน้นการวิเคราะห์เกี่ยวกับการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหา ควรมีตัวอย่างแผนฯ และตัวอย่างรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักศึกษายึดเป็นต้นแบบ โดยกิจกรรมสะเต็มที่ออกแบบควรคำนึงถึงบริบทการเรียนรู้แบบออนไลน์ เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการสอนแบบจุลภาคออนไลน์ในลักษณะกลุ่ม และใช้คำถามเชื่อมโยงสู่การปฏิบัติการสอนแบบเผชิญหน้า เช่น “หากจะใช้แผน ฯ นี้ในห้องเรียนจริง จะปรับอย่างไร”

4) การโค้ชโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างใกล้ชิดอย่างค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากนักศึกษายังไม่มีประสบการณ์ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนมาก่อน ดังนั้นจึงต้องมีการโค้ชหลายครั้งโดยกำหนดประเด็นที่จะโค้ช เพียง 1-2 ประเด็น โค้ชด้วยความเป็นกัลยาณมิตรให้กำลังใจ เน้นใช้คำถามเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ชิ้นงาน เพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถจับประเด็นที่สำคัญและมีกำลังใจในการพัฒนาชิ้นงาน

5) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สะท้อนคิด และให้ข้อมูลย้อนกลับในชั้นเรียน ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การนำเสนอผ่านการใช้ เว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ การบันทึกอนุทิน การประเมินผลโดยเพื่อน และควรให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีหลังจากนักศึกษาปฏิบัติกิจกรรมเสร็จสิ้น

6) การใช้สื่อเหมาะสมกับการเข้าถึงการเรียนรู้ออนไลน์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สื่อประเภทวัสดุอุปกรณ์ที่จับต้องได้ หาได้ง่ายรอบๆ ตัว ใช้สำหรับปฏิบัติกิจกรรมที่เน้นให้ทุกคนมีส่วน และสื่อดิจิทัลซึ่งเป็นสื่อหลักที่ใช้ในโปรแกรมฯนี้ โดยการเลือกใช้สื่อในบริบทการเรียนรู้ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีข้อคำนึงที่สำคัญ คือ ควรเลือกใช้สื่อที่มีลักษณะเป็นโปรแกรมหรือเว็บไซต์ที่สามารถแชร์ข้อมูลกับสมาชิกในทีมแบบเรียลไทม์ เป็นโปรแกรมที่ไม่จำเป็นต้องดาวน์โหลดข้อมูลลงในโทรศัพท์มือถือ แต่ควรเป็นการใช้งานผ่านบราวเซอร์

เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่จัดเก็บข้อมูล และควรมีแพลตฟอร์ม ที่สามารถเข้าได้ถึงตลอดเวลาเพื่อใช้สำหรับติดตามเนื้อหา

ลักษณะของโปรแกรมฯ ดังที่กล่าวไปข้างต้นสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ ได้แก่ การมีตัวอย่างรูปแบบการสอนสะเต็ม เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การเปิดเวทีให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีการนิเทศและติดตามอย่างต่อเนื่อง และการบูรณาการความรู้สู่การปฏิบัติจริงในชั้นเรียน (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ชนิพรรณ จาติเสถียร, 2560; Avery & Reeve, 2013; Faikhamta et al., 2020) โดยโปรแกรมลักษณะออนไลน์ควรจัดการเรียนรู้แบบสอนสดเน้นการการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ กิจกรรรมมีความยืดหยุ่น (วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล, 2565; Berge, 2013) เน้นให้นักศึกษาเห็นความสำคัญจำเป็นของสะเต็มศึกษา และเปิดโอกาสพัฒนาสมรรถนะโดยการวางแผนการสอน การนำไปใช้ และการประเมินผล (Altan & Ercan, 2016)

จากผลการศึกษาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 พบว่า ด้านความรู้ความเข้าใจนักศึกษามีความรู้ความเข้าใจประเด็น การวัดและประเมินผลทางสะเต็มศึกษามากที่สุด เนื่องจากนักศึกษาได้เรียนรู้ทั้งในเชิงทฤษฎี และได้ร่วมกันประเมินตนเองและเพื่อนในกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงได้ออกแบบเกณฑ์การวัดและประเมินผลด้วยตนเองในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม ดังนั้นจึงได้เรียนรู้ว่าการวัดและประเมินผลทางสะเต็มศึกษาเป็นการวัดผลตามสภาพจริง และวัดอย่างหลากหลาย ส่วนประเด็นที่นักศึกษามีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ ความหมาย/ลักษณะคณิตศาสตร์ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากในหลักสูตรเน้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหลัก จึงส่งผลให้กิจกรรมเน้นวิทยาศาสตร์มากกว่าคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับวนินทร สุภาพ (2561) ที่อธิบายว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการบูรณาการจึงส่งผลให้ผู้สอนพลาดแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์หรือถูกลดความสำคัญ ดังนั้นการออกแบบกิจกรรมจึงควรยึด แนวปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ที่เน้นความสำคัญของการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

ด้านการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า ประเด็นที่นักศึกษามีพัฒนาการมากที่สุด คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักศึกษาสามารถออกแบบกิจกรรมที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการแก้ปัญหาซึ่งปรากฏอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากการปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ และการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้วิเคราะห์ลักษณะเด่นของแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา และอภิปรายถึงลักษณะและความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เมื่อนักศึกษาได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองจึงตระหนักถึงความสำคัญ ซึ่งการพัฒนาให้นักศึกษาสามารถบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสู่วิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ถือเป็นจุดเด่นของสะเต็มศึกษาที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Avery & Reeve, 2013) อย่างไรก็ตาม พบว่า ประเด็นที่นักศึกษามีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ถึงแม้ว่านักศึกษารู้ว่าจะต้องมีการวัดและประเมินผลอย่างหลากหลาย แต่ในเชิงปฏิบัติแล้วนักศึกษาไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดเกณฑ์การประเมินตนเองและประเมินเพื่อน ซึ่งเป็นการฝึกให้เรียนรู้การสะท้อนตนเอง รู้ว่าตนสามารถพัฒนาได้ และช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางสังคมซึ่งผู้เรียนสามารถประเมินได้ตั้งแต่อายุ 5 ปี (ปัฐมาภรณ์

พิมพ์ทอง, 2564) นอกจากนี้พบว่านักศึกษาและเลือกใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำเพชร นาสารีย์ และคณะ (2463) ที่พบว่า นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความต้องการในการพัฒนาด้านเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการประเมินมากที่สุด และขาดเทคนิคการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างเกณฑ์และประเมินผลงานของตนเอง สาเหตุอาจเกิดจากนักศึกษาไม่เคยมีความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทางการศึกษามาก่อน และคุ้นชินกับการวัดและประเมินผลโดยครูเป็นหลักมาโดยตลอด ผนวกกับระยะเวลาในการเรียนรู้ในประเด็นนี้ไม่เพียงพอ ทั้งนี้ความรู้ในการวัดและประเมินผลนี้ส่วนหนึ่งมาจากรายวิชาการวัดและประเมินผลทางการศึกษาซึ่งนักศึกษายังไม่ได้เรียน

ด้านการปฏิบัติการสอนสะเต็มศึกษาแบบออนไลน์ พบว่า นักศึกษามีพัฒนาการมากที่สุด คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยนักศึกษาจัดกิจกรรมที่ผู้เรียนได้บูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหา เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และได้พัฒนาทักษะทางสะเต็ม ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา คือ การเน้นการบูรณาการความรู้และกระบวนการ เน้นกิจกรรมการออกแบบและแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และมีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง (สุทธิดา จำรัส, 2560) ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมต่าง ๆ ในหลักสูตรของโปรแกรมฯ เน้นให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมสะเต็มศึกษาอย่างหลากหลาย จึงส่งผลให้นักศึกษาสามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้นำมาสู่การปฏิบัติการสอนที่สะท้อนลักษณะสะเต็มศึกษา อย่างไรก็ตามประเด็นที่นักศึกษามีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ บทบาทของผู้อำนวยความสะดวกในกิจกรรมออนไลน์ กล่าวคือนักศึกษามีการใช้คำถามกระตุ้นความคิดผู้เรียนระดับทั่วไป เช่น “ทำไมออกแบบแบบนี้ คิดเห็นอย่างไร” แต่ขาดการใช้คำถามในลักษณะซักไซ้ไล่เรียงกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดระดับสูง เพื่อเชื่อมโยงสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์หรือลงข้อสรุปด้วยตนเอง ซึ่งจัดเป็นทักษะที่สำคัญของครูวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากในหลักสูตรไม่ได้เน้นประเด็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากนัก ดังนั้นจึงไม่ได้เน้นการฝึกการตั้งคำถามให้กับนักศึกษา

จากผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมฯ สามารถพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ในทุกด้าน และนักศึกษารู้สึกมั่นใจเมื่อต้องจัดการเรียนรู้ทั้งแบบออนไลน์และแบบเผชิญหน้า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Faikhamta et al. (2020) และ Altan and Ercan (2016) ที่พบว่าโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพชีพครูสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาเจตคติ ความรู้ ความมั่นใจ และมีความสามารถในการพัฒนาการสอนสะเต็มของตนเอง อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักศึกษายังมีข้อบกพร่องและต้องได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถในระดับที่สูงขึ้นเพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาสอดคล้องกับความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนสะเต็มศึกษา (PCK for STEM) (Faikhamta et al., 2020) ได้แก่ (1) ความรู้เกี่ยวกับเป้าหมายการสอนสะเต็มศึกษา (2) ความรู้เกี่ยวกับหลักสูตรสะเต็มศึกษา (3) ความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจในผู้เรียน (4) ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนสะเต็มศึกษา (5) ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลการเรียนรู้

ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ในลักษณะออนไลน์ของนักศึกษา ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัจจัยภายใน เป็นปัจจัยที่อยู่ภายในตัวผู้เรียน ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานของนักศึกษา ระยะเวลาในการเรียนรู้แต่ละโมดูล และประสบการณ์ในวิชาชีพครู ดังนั้นจึงควรย่อยประเด็นเนื้อหาและเพิ่มระยะเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละโมดูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน่วยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งพื้นฐานที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยปัจจัยด้านเวลามีส่วนสำคัญที่ช่วยให้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์ประสบความสำเร็จ (Philipsen et al., 2019) นอกจากนี้ใน โมดูล 4 การสัมมนาสะเต็มศึกษาควรมีการเพิ่มการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจธรรมชาติของรายวิชานั้น ๆ มากยิ่งขึ้น 2) ปัจจัยภายนอก เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ ได้แก่ การใช้โทรศัพท์มือถือในการเรียนรู้ ความเร็วของโทรศัพท์มือถือ พื้นที่เก็บข้อมูล และสัญญาณและข้อจำกัดด้านความเร็วของอินเทอร์เน็ต ส่งผลให้นักศึกษาเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมบางกิจกรรมได้ไม่เต็มที่

สืบเนื่องจากผลการพัฒนาความสามารถของนักศึกษาผู้วิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสอนสดและกลยุทธการโค้ชเหมาะสมสำหรับหลักสูตรแบบออนไลน์เพื่อพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ มีการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับนักศึกษา ช่วยให้สามารถฝ่าฟันอุปสรรคและพัฒนางานจนสำเร็จ ซึ่งกลยุทธนี้สามารถนำไปเสริมในการออกแบบโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มในลักษณะคอร์สออนไลน์แบบเปิดที่พบโดยทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า คอร์สออนไลน์แบบเปิดประสบปัญหาด้านจำนวนผู้ที่ประสบความสำเร็จในการเรียนน้อย (วรชัย วิภูอุปรโค และ ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ, 2565) ซึ่งสาเหตุประการหนึ่งเกิดจากการขาดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน (Doo et al., 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูสะเต็มศึกษาออนไลน์แบบเปิดในปัจจุบันที่ยังขาดระบบติดตามและให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้จากการศึกษาของ Trespalacios and Lowenthal (2019) พบว่า นักศึกษาชอบหลักสูตรการเรียนออนไลน์ที่มีเนื้อหาที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง และการสร้างชิ้นงาน ดังนั้นการใช้กลยุทธการโค้ชจึงสามารถนำมาเสริมเพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการประสบความสำเร็จของผู้เรียนให้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูแบบออนไลน์สำหรับนักศึกษาครูหรือผู้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านวิชาชีพครูหรือวิชาเฉพาะควรใช้ลักษณะการอบรมเชิงปฏิบัติการแบบสอนสด ร่วมกับการใช้ใช้กลยุทธการโค้ชอย่างต่อเนื่องเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถฝ่าฟันอุปสรรคต่าง ๆ จนประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย

2. จากผลการวิจัยที่พบว่าโปรแกรมฯ สามารถพัฒนานักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ที่ยังไม่มีความรู้พื้นฐานด้านวิชาชีพครูและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีความสามารถในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

สถาบันผลิตครูสามารถนำข้อความรู้ที่เกี่ยวกับลักษณะของหลักสูตรและกลยุทธไปเป็นแนวทางในการออกแบบหลักสูตรระยะสั้น หรือธนาคารหน่วยกิต (Credit Bank)

รายการอ้างอิง

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2564). *ประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง มาตรการการเฝ้าระวังการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) (ฉบับที่ 17)*. https://www.mhesi.go.th/images/Pusit2021/pdfs/17-AnnCovid.pdf

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ชนิพรรณ จาติเสถียร. (2560). การพัฒนาวิชาชีพครูแบบร่วมมือ เรื่อง STEM สำหรับครูปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, *10*(2), 35-53.

ฉัตรมงคล สีประสงค์ และ ณมนรัก คำฉัตร. (2564). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักศึกษาครูสาขาวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 5B Model ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, *4*(2), 217-230.

ชุติมา วิชัยดิษฐ์ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). การสำรวจมุมมองการสอนสะเต็มศึกษาของนิสิตครูวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *11*(3), 165-174.

น้ำเพชร นาสารีย์, รัตนะ บัวสนธ์, ดิเรก ธีระภูธร, และ สายฝน วิบูลรังสรรค์. (2563). การประเมินความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการรู้เรื่องการประเมินของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, *40*(2), 78-98.

บุญเลี้ยง ทุมทอง และ ประทวน วันนิจ. (2565). ผลกระทบจากสถานการณ์โควิดที่มีต่อการจัดการศึกษาไทย: การศึกษาทางเลือก คือทางหลักและทางรอดในการจัดระบบ การศึกษาไทยในอนาคต. *วารสารวิชาการธรรมทรรศน์, 22*(4), 375-391.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2564). *การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์.

ปริญญา มีสุข. (2552). *ผลการออกแบบโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพแบบมีส่วนร่วมของครู*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นารีรัตน์ รักวิจิตรกุล. (2560). การพัฒนาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 11*(1), 21-33.

พินธุดิฐ กลิ่นขจร, นฤมล ยุตาคม, และ ธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์. (2561). ความเข้าใจและการปฏิบัติการสอนตามแนวคิดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ของครูฟิสิกส์ในโรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, *12*(2), 146-156.

ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล, สุธิดา ทองคำ, และ มาเรียม นิลพันธุ์. (2565). การพัฒนาหลักสูตรออนไลน์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการออกแบบวิธีการวิจัยในชั้นเรียนสำหรับนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 24*(2), 211-221.

วนินทร สุภาพ. (2561). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา: วิธีการ ความหวังและความท้าทาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(4), 302-315.

วิภาวรรณ เอกวรรณัง, พิกุล เอกวรางกรู, และ บุญเรียง ขจรศิลป์. (2560). การพัฒนาแบบประเมินสมรรถนะวิชาชีพครูสำหรับนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มหาวิทยาลัยราชภัฏ. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, *9*(2), 119-131.

วรชัย วิภูอุปรโค และ ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ. (2565). การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ระบบเปิด (MOOC) ที่มีประสิทธิภาพของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 11*(2), 47-63.

สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10*(2), 13-34.

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ. (2563). การพัฒนาการรู้สะเต็มของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ผ่านการมีส่วนร่วมชุมชนผนวกค่ายบูรณาการสะเต็มศึกษาในแหล่งเรียนรู้ท้องถิ่นจังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 22*(2), 302-316.

Altan, E. B., & Ercan, S. (2016). STEM education program for science teachers: Perceptions and competencies. *Journal of Turkish Science Education*, *13*(Special Issue), 103-117.

Avery, Z. K., & Reeve, E. M. (2013). Developing effective stem professional development programs. *Journal of Technology Education, 25*(1), 55-69.

Berge, Z. L. (2013). E-Moderating: The key to teaching and learning online. *Distance Education*, *34*(3), 391–405.

Bybee, R. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Corbett, T., Dumaresq, C. C., Barnaby, T., & Baumer, C. (2014). *The Framework for integrative Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM) education endorsement guidelines*. Pennsylvania Department of Education.

Creswel, J. W. (2013). Qualitative inquiry research design: Choosing among five approaches. SAGE Publications.

Doo, M. Y., Tang, Y., Bonk, C. J., & Zhu, M. (2020). MOOC instructormotivation and career development. *Distance Education, 41*(1), 26–47. https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1724770

Faikhamta, C., Lertdechapat K., & Prasoblarb, T. (2020). The impact of a PCK-based professional development program on science teachers' ability to teaching STEM. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, *43*, 1-22.

Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching*, *8*(3), 381-391.

Herro, D., & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of steam teaching through professional development: Implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, *43*(3), 416-438.

Köroğlu, M., Galiç, S., & Arkün Kocadere, S. (2021). A proposal for an open online course: Preparing teachers for STEAM education. *Proceeding book in 8 th Instructional Technologies and Teacher Education Symposium*, 297-305.

Loucks-Horsley, S., Love, N. B., Stiles, K. E., Mundry, S. E., & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics (*3rd ed*.)*. Corwin.

National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concept, and core ideas*. National Academy Press.

Nadelson, L. S., Seifert, A., Moll, A. J., & Coats, B. (2012). I-STEM summer institute: An integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education*, *13*(2), 69–84.

Philipsen, B., Tondeur, J., Roblin, N. P., & Vanslambrouck, S. (2019). Improving teacher professional development for online and blended learning: A systematic meta-aggregative review. *Educational Technology Research and Development*, *67*, 1145–1174.

Trespalacios, J., & Lowenthal, P. R. (2019). What do they really like? An investigation of students' perceptions of their coursework in a fully online educational technology program. *Australasian Journal of Educational Technology, 35*(5), 60-78.