บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยได้สรุปการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

สรุปการวิจัย

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

1.2 เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 ศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1 นี้ เป็นครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท. ทั่วประเทศ จำนวน 5,270 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท. จำนวน 372 คน ซึ่งได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการคำนวณโดยใช้สูตรของยามาเน (Yamane, 1973, 1088) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างกระจายทั่วประเทศ จึงทำการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage sampling) มีวิธีการสุ่มหลายขั้นตอนจากครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท. ดังนี้

1) จาก 4 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ สุ่มภาคละ 4 จังหวัด

2) จากจังหวัด สุ่มโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แยกตามขนาดโรงเรียน โดยในแต่ละจังหวัด สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง 2 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก 2 โรงเรียน สุ่มผู้ประกอบวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จากโรงเรียนขนาดใหญ่ โรงเรียนละ 6 คน (1 x 6) โรงเรียนขนาดกลางโรงเรียนละ 6 คน (2 x 6) และโรงเรียนขนาดเล็กโรงเรียนละ 2-3 คน (1 x 2 / 1 x 3) เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่าง จังหวัดละ 23-24 คน จนครบจำนวน 372 คน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ ตรวจสอบความครบถ้วนของรายการคำถามแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์ทั้งหมด

ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย จำนวน 3 ท่าน

เครื่องมือการวิจัย คือ แบบสอบถามออนไลน์ปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท.

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสอบถามปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท. จำนวน 372 คน โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา

พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้ผลการศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระยะที่ 1 และผลจากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของไทยและต่างประเทศ

<u>ระยะที่ 2</u> พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย จำนวน 3 ท่าน และครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 45 คน ซึ่งได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power ที่ขนาดอิทธิพล 0.50 แล้วคัดเลือกจากครูวิทยาศาสตร์ที่สมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยพิจารณาจากการให้ข้อมูลที่ครบถ้วนและมีประโยชน์จากการตอบแบบสอบถามปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์

เครื่องมือการวิจัย เอกสารประกอบการอบรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT) แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และแบบวัดความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ

(InThai21DT) ให้แก่ครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นระยะเวลา 2 วัน ณ ห้องประชุมโรงเรียนชุมชนวัดไทรม้า จังหวัดนนทบุรี โดยใช้เอกสารประกอบการอบรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการอบรมเชิงปฏิบัติการจะมอบหมายให้ผู้เข้าร่วมอบรมเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เป็นการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT) ผู้วิจัยตรวจแผนการจัดการเรียนรู้และบันทึกคะแนนในแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และให้ผู้เข้าร่วมอบรมทำแบบวัดความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ เอกสารประกอบการอบรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT)

2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1) แบบสอบถามออนไลน์ปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับครูวิทยาศาสตร์

2) แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT)

3) แบบวัดความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเป็นการจัดการเรียนรู้การบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (InThai21DT)

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนและรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1) สอบถามปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จากครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานทั่วประเทศ ที่ผ่านการอมรมสะเต็มศึกษาจาก สสวท.จำนวน 372 คน ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยสอบถามออนไลน์

2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้ผลการศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระยะที่ 1 และผลจากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของไทยและต่างประเทศ ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (**In**tegration of **Thai** Context, Literacy Skills, **21**st Century Skills and **D**esign **T**hinking: **InThai21DT**) ที่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ คือ InThai21DT มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (3.1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) (3.2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) (3.3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) (3.4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) (3.5) ทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ (Test) (4) การวัดและการประเมินผลรูปแบบสะเต็มศึกษา (ดังรายละเอียดในบทที่ 4)

3) พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ เป็นระยะเวลา 2 วัน ณ ห้องประชุมโรงเรียนชุมชนวัดไทรม้า จังหวัดนนทบุรี โดยใช้เอกสารประกอบการอบรมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการอบรมเชิงปฏิบัติการมอบหมายให้ผู้เข้าร่วมอบรมเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ ผู้วิจัยตรวจแผนการจัดการเรียนรู้และบันทึกคะแนนในแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และให้ผู้เข้าร่วมอบรมทำแบบวัดความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา

พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ ทำการวิเคราะห์ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. สรุปผลการวิจัย ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

3.1 ผลการศึกษาปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 372 คน เห็นว่าปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม

ศึกษา โดยเฉลี่ยอยู่ระดับปานกลาง

3.2 ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (**In**tegration of **Thai** Context, Literacy Skills, **21**st Century Skills and **D**esign **T**hinking: **InThai21DT**) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ คือ InThai21DT มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (3.1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) (3.2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) (3.3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) (3.4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) (3.5) ทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ (Test) (4) การวัดและการประเมินผลรูปแบบสะเต็มศึกษา

ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า มีค่าเฉลี่ยระดับความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม โดยภาพรวมในระดับมากที่สุด

ผลการประเมินความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครู พบว่า มีค่าเฉลี่ยระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครู โดยภาพรวมในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยเสนอการอภิปรายผลใน 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานเห็นว่าปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยเฉลี่ยอยู่ระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของสุนทร ภูรีปรีชาเลิศ, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2563) จากการสอบถามครูผู้สอนคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี (สะเต็มศึกษา) สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีการศึกษา 2562 ที่พบว่าสภาพการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.97, SD = 0.47) ครูผู้สอนบรรลุในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในภาพรวมโดยมีระดับการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง (M = 2.64, SD = 0.54) ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ 1) การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ (ร้อยละ 68.90) 2) รูปแบบการสอน/วิธีสอน (ร้อยละ 66.70) 3) หลักสูตร (ร้อยละ 63.30) 4) การจัดการเรียนรู้ (ร้อยละ 62.20) 5) การวัดและการประเมินผล (ร้อยละ 48.90) 6) สื่อการเรียนการสอน / เทคโนโลยี / นวัตกรรม (ร้อยละ 38.90) และ 7) การบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ร้อยละ 7.80) และสอดคล้อง

กับชุติมา วิชัยดิษฐ และชาตรี ฝายคำตา (2560) ที่ได้ทำการศึกษาเพื่อสำรวจมุมมองเกี่ยวกับการสอนสะเต็มศึกษาของนิสิตครูวิทยาศาสตร ครอบคลุมประเด็นเกี่ยวกับความรูความเขาใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ความสำคัญในการสอนสะเต็มศึกษา การออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา บทบาทของ ครูและบทบาทของผูเรียน หลักการวิธีสอน สื่อ วัสดุและแหลงการเรียนรู ตลอดจนการวัดและประเมินผล และพบวา นิสิตครูวิทยาศาสตรเขาใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาบางสวนเกือบทุกประเด็น อีกทั้งมีความเขาใจศาสตร ทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษา (วิทยาศาสตร เทคโนโลยี คณิตศาสตร และวิศวกรรมศาสตร) ยังไมชัดเจน นิสิตครูวิทยาศาสตรสวนใหญมีมุมมองในการจัดการเรียนรูสะเต็มศึกษาโดยการใชกิจกรรมการใชโครงงานเปนฐาน

แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดแล้วพบว่า ปัญหาในการเตรียมการจัดการเรียนรู้และปัญหาในการจัดการเรียนรู้ รายการเกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์มีปัญหาอยู่ในระดับมาก เช่น ความรู้วิศวกรรมศาสตร์ การใช้หลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการนิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต) การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการพัฒนาและใช้โมเดล การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด การใช้วิศวกรรมศาสตร์ในการประเมินและสื่อสารแนวคิด สอดคล้องกับวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งพบว่า การออกแบบทางวิศวกรรมเป็นเรื่องที่ซับซ้อนยากต่อการเรียนรู้และยากมากขึ้นสำหรับการสอน (Dym, Agogino, Eris, Frey, & Leifer, 2013) ครูขาดความรู้และทักษะการออกแบบทางวิศวกรรมที่จำเป็นในการออกแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มศึกษา (Wu, Hu, & Wang, 2019)

จากปัญหาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การคิดพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ตามที่ Hallström and Schönborn (2019) กล่าวว่า รูปแบบหรือโมเดลสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการส่งเสริมการบูรณาการและสะเต็มศึกษาที่แท้จริงและการรู้สะเต็ม รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถเชื่อมต่อช่องว่างระหว่างสาขาวิชาในสะเต็มศึกษาผ่านการปฏิบัติที่แท้จริง รูปแบบควรเป็นวิธีการส่งเสริมการรู้สะเต็ม และการถ่ายทอดความรู้และทักษะระหว่างบริบททั้งในและนอกของสาขาวิชาสะเต็ม และรูปแบบการจัดการศึกษาสามารถใช้เป็นเส้นทางที่มีความหมายไปสู่สะเต็มศึกษาที่แท้จริง การคิดเชิงออกแบบเป็นทางเลือกใหม่ของการจัดการเรียนรู้ในบริบทของศตวรรษที่ 21 (Carroll, 2015) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ครอบคลุมการแก้ปัญหาอย่างกระตือรือร้น เป็นแนวทางที่ให้มนุษย์เป็นศูนย์กลาง การแก้ปัญหานำไปสู่การพัฒนาความมั่นใจในการสร้างสรรค์ (Kelley & Kelley, 2013) ที่สามารถใช้แทนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2014) ได้ โดยส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ คือ (1) มนุษย์เป็นศูนย์กลาง (2) เน้นการกระทำและ (3) คำนึงถึงกระบวนการ (Hasso Plattner Institute of Design, 2007) ซึ่งการคิดเชิงออกแบบมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังจะได้อภิปรายขั้นตอนสำคัญในข้อ 2. ต่อไป

2. การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะ

การเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (**In**tegration of **Thai** Context, Literacy Skills, **21**st Century Skills and **D**esign **T**hinking: **InThai21DT**)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ (1) หลักการ (2) วัตถุประสงค์ (3) กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ คือ InThai21DT มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (3.1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) (3.2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) (3.3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) (3.4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) (3.5) ทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ (Test) (4) การวัดและการประเมินผล

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการศึกษา ค้นคว้าทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลของการศึกษาช่วยให้ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์กัน โดยอาศัยหลักการจากทฤษฎี แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความเหมาะสมระดับมากที่สุด

การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์จากการส่งเสริมการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับ Li, Schoenfeld, diSessa, Graesser, Benson, English, and Duschl (2019) ที่กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบมีความสำคัญต่อความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมและกลายเป็นมีความสำคัญมากขึ้นในการเคลื่อนไหวของการพัฒนาและการดำเนินการในปัจจุบัน การศึกษาแบบบูรณาการสะเต็มศึกษา วิธีคิดในการเรียนรู้และการออกแบบทางความคิดของนักเรียนพัฒนาผ่านกิจกรรมการออกแบบ ซึ่งไม่เพียงแต่ในด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงสาขาวิชาอื่น ๆ เช่นเดียวกับสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการ และสอดคล้องกับ Dotson, Alvarez, Tackett, Asturias, Leon, and Ramanujam (2020) ที่กล่าวถึงการจัดหลักสูตรการเรียนรู้สะเต็มศึกษาซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาระดับโลกที่เร่งด่วนที่สุดที่ต้องการนักสร้างสรรค์นวัตกรรม นักคิดเชิงวิพากษ์และผู้แก้ปัญหา แต่ชุมชนชนบททั่วโลกมักขาดทรัพยากรที่จะใช้ในหลักสูตรและการคิดเชิงออกแบบสะเต็มศึกษาที่เพียงพอในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา นำมาซึ่งโมเดลใหม่ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (IGNITE Model) ซึ่งเป็นแนวทางใหม่สำหรับหลักสูตรสะเต็มศึกษา โดยใช้กรอบขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ และมีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ผ่านการพัฒนาเทคโนโลยี การแก้ไขปัญหาชุมชนหรือสุขภาพ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ตรงของนักเรียน จากผลการศึกษาเบื้องต้นกับนักเรียนในกัวเตมาลาและในสหรัฐอเมริกา พบว่า หลักสูตรนี้ส่งผลทางบวกต่อนักเรียนเกี่ยวกับการรู้สะเต็ม

การคิดเชิงออกแบบ มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2014) โดยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีลักษณะสำคัญ ดังต่อไปนี้ (1) ทำความเข้าใจกับปัญหา (Empathize) เป็นรากฐานของการคิดเชิงออกแบบที่มีมนุษย์เป็นศูนย์กลางซึ่ง

ประกอบด้วย การสังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้ในบริบทชีวิตจริง มีส่วนร่วมโต้ตอบและสัมภาษณ์ผู้ใช้ สามารถดื่มด่ำกับประสบการณ์ของผู้ใช้ ความรู้สึกเห็นอกเห็นใจนี้ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้คนคิดและรู้สึกและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดเชิงออกแบบ (2) วิเคราะห์และสังเคราะห์เลือกข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา (Define) มีเป้าหมายสองประการ คือ การพัฒนาความเข้าใจของผู้ใช้ในระดับลึกและการออกแบบจากความเข้าใจ เพื่อสร้างคำชี้แจงปัญหาที่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการออกแบบเนื่องจากเป็นกรอบของปัญหา (3) นำแนวคิดมาสร้างรูปธรรม (Ideate) มุ่งเน้นไปที่การสร้างความคิด เป้าหมายของความคิดคือ การสำรวจพื้นที่การแก้ปัญหาที่กว้างขวาง ทั้งความคิดจำนวนมากและความหลากหลายในแนวความคิด (4) สร้างผลิตภัณฑ์หรือต้นแบบ (Prototype) เป็นการสร้างต้นแบบ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ เช่น รูปแบบทางกายภาพที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้ ต้นแบบที่มีความละเอียดต่ำ ต้นแบบที่เป็นสตอรีบอร์ด บทบาทสมมติ วัตถุหรือบริการทางกายภาพ (5) ทดสอบแนวทางแก้ปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ (Test) การทดสอบเป็นโอกาสในการวางต้นแบบไว้ในมือของผู้ใช้เพื่อให้สามารถทำซ้ำและปรับแต่งแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ให้ดีขึ้น

นอกจากนี้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ **เน้นบริบทไทย** เช่น สังคมเกษตรกรรม ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นการสร้างนวัตกรรม การสร้างความยั่งยืน และมีการใช้เทคโนยีมากขึ้น เป็นต้น **ทักษะการเรียนรู้** ได้แก่ การอ่าน การเขียน การฟัง และ การพูด **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21** ประกอบด้วย (1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (2) ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (3) ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (4) ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (5) ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (6) ด้านการทำงาน การเรียนรู้และการพึ่งตนเอง และ (7) ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ **การวัดและการประเมินผล** ได้แก่ (1) ความรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (2) การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (3) การทำงานร่วมกันเป็นทีม (4) คุณภาพชิ้นงานที่เป็นไปตามเกณฑ์และข้อกำหนด (5) ทักษะการสื่อสาร การนำเสนอ นวัตกรรม การสร้างสรรค์ การบูรณาการเทคโนโลยี และการทำงานร่วมกันเป็นทีม **แนวทางในการวัดและประเมินผล** ที่เสนอแนะให้ดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ 1) การวัดและประเมินผลรายกลุ่ม โดยวัด (1) ความรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (2) การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (3) การทำงานร่วมกันเป็นทีม (4) คุณภาพชิ้นงานที่เป็นไปตามเกณฑ์และข้อกำหนด และ 2) การวัดและประเมินผลรายบุคคล โดยวัด (1) ทักษะในศตวรรษที่ 21 เช่น การสื่อสาร การนำเสนอ นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ การบูรณาการเทคโนโลยี และการทำงานร่วมกันเป็นทีม

การอบรมเชิงปฏิบัติการที่มีการบรรยายและฝึกปฏิบัติที่เน้นองค์ประกอบและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ InThai21DT และการให้ครูวิทยาศาสตร์ศึกษาวิเคราะห์และฝึกเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ InThai21DT ส่งผลให้ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจและสามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามรูปแบบ InThai21DT ได้ โดยเรื่องในแผนการจัดการเรียนรู้มีความเกี่ยวข้องกับบริบทไทยและมีความใกล้ตัวนักเรียน เช่น ครูวิทยาศาสตร์ผู้สอนอยู่ในพื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดนนทบุรี ก็จะเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับเขื่อนกั้นน้ำเซาะตลิ่ง โคมเทียนบังลม

ชาวสวนนักเพาะถั่วงอก เครื่องกรองน้ำอมฤทธิ์ นอกจากนี้แผนการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูวิทยาศาสตร์เขียนขึ้นมามีการบูรณาการทักษะการเรียนรู้ ได้แก่ ทักษะการอ่าน การเขียน การฟังและการพูด และและ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (2) ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (3) ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (4) ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (5) ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (6) ด้านการทำงาน การเรียนรู้และการพึ่งตนเอง และ (7) ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ ลงในแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน นอกจากนี้ครูวิทยาศาสตร์ได้ออกแบบการประเมินผลนักเรียนครอบคลุมความรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การทำงานร่วมกันเป็นทีม คุณภาพชิ้นงานที่เป็นไปตามเกณฑ์และข้อกำหนด ทักษะการสื่อสาร การนำเสนอ นวัตกรรม การสร้างสรรค์ การบูรณาการเทคโนโลยี และการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทั้งนี้วัดและประเมินผลรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้การสังเกต การแสดงออก การพูด การปฏิบัติกิจกรรม การนำเสนอ เป็นต้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ดังผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า มีค่าเฉลี่ย (*M*) ระดับความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม โดยภาพรวมเท่ากับ 4.7 (ระดับมากที่สุด) และส่งผลให้ผลการประเมินความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย (*M*) ระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครู โดยภาพรวมเท่ากับ 4.2 (ระดับมาก)

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของครูวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีข้อเสนอแนะ 2 ประการ คือ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ควรเน้นบริบทไทยที่เกิดขึ้นจริงใกล้ตัวนักเรียน เช่น สังคมเกษตรกรรม ประเทศไทย 4.0

1.2 ควรบูรณาการทักษะการเรียนรู้ ได้แก่ การอ่าน การเขียน การฟัง และ การพูด และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย (1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (2) ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (3) ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (4) ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (5) ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (6) ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง และ (7) ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ ลงในแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน

1.3 ควรวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุมความรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การทำงานร่วมกันเป็นทีม คุณภาพชิ้นงานที่เป็นไปตามเกณฑ์และข้อกำหนด

ทักษะการสื่อสาร การนำเสนอ นวัตกรรม การสร้างสรรค์ การบูรณาการเทคโนโลยี และการทำงานร่วมกันเป็นทีม ทั้งนี้วัดและประเมินผลรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้การสังเกต การแสดงออก การพูด การปฏิบัติกิจกรรม การนำเสนอ เป็นต้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการบริบทไทย ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบ (**In**tegration of **Thai** Context, Literacy Skills, **21**st Century Skills and **D**esign **T**hinking: **InThai21DT**) ไปใช้กับนักเรียนแล้วศึกษาผลการรู้สะเต็มที่เกิดขึ้นกับนักเรียน

2.2 ควรมีการวิจัยเพื่อศึกษาตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 และการคิดเชิงออกแบบของผู้เรียน