



ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมอง
เชิงบริหาร (Executive Function - EF) ที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงอภิमान ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
The Effects of The STEM Education with Executive Function Training on 8th
grade Students' Problem - Solving Thinking Ability,
Science Achievement and Metacognition

ปวีณา เอี่ยมน้อย¹,
ทัศนีย์ บุญเต็ม²,
สุวิทย์ อุปสัย³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์ และ การคิดเชิงอภิमान (metacognition) ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เสริมด้วยการฝึกการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร กับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็น
นักเรียน 2 ห้องเรียนจาก 5 โรงเรียน ในโรงเรียนกลุ่มเมือง 2 จังหวัดหนองคาย แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 18 คน
ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร และ
กลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบวัด
ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดความสามารถด้านการคิดเชิง
อภิमान วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) ผลการวิจัย
พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิमान
สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วย
การฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารสามารถส่งเสริมนักเรียนในด้านความสามารถในการคิดแก้ปัญหา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงอภิमानได้

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, ความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิทยาศาสตร์, ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา, การคิดเชิงอภิमान

Abstract

The objectives of this research were to compare problem-solving thinking ability, science achievement, and metacognition between students receiving STEM+EF approach (experimental group) and students receiving traditional teaching method (control group). The samples were 2 classrooms from 5 schools in Muang 2. The experimental group consisted of 18 students while the control group consisted of

¹รองศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.สุวิทย์ อุปสัย คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ บุญเต็ม ประธานสาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

³ปวีณา เอี่ยมน้อย นักศึกษาปริญญาโท สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

20 students. The research instruments were 1) science achievement test 2) the problem-solving ability test and 3) the metacognitive awareness inventory. The data were analyzed by mean, standard deviation and multivariate analysis of variance (MANOVA). The results indicated that the experimental group had statistically higher mean score on problem-solving thinking ability, science achievement and metacognition, than the control group. We concluded that the STEM+EF learning approach could enhance problem-solving thinking ability, science achievement and metacognition of these students.

Keywords: STEM Education, Executive Function, science achievement, Problem Solving, Metacognition

1. บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับ กับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิด เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้และทักษะเพื่อแก้ปัญหา และมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงาน ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2559) และเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดการวัดการประเมินผลของ PISA ซึ่งเป็นการประเมินผลการเรียนรู้จากการทดสอบระดับนานาชาติของ Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) ทำให้ทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สำคัญของหลักสูตร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2560) สรุป คุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ของคนไทยว่ายังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ คะแนน ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) มีค่าเฉลี่ยต่ำในทุกกลุ่มสาระ และ ผลการประเมิน PISA (Programme for International Student Assessment) 2015 (ปี 2558) ซึ่งเป็นโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ ที่มุ่งเน้นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ การอ่านและคณิตศาสตร์ จากการเรียนไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตหรือ สถานการณ์จริงพบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ การรู้เรื่องการอ่าน และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยอายุ 15 ปี ต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยนานาชาติของประเทศที่เข้าร่วม OECD ทุกวิชา โดยประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 55 จาก 72 ประเทศ ทั้งนี้สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวจึงได้หาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยแก้ปัญหาโดยมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกันต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบการคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) เน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ (ศานิกานต์ เสนีวงศ์, 2556) ประเทศไทยได้มีการศึกษาในเรื่องของสะเต็มเพิ่มมากขึ้น ดังเช่น ภัสสร ติตมา (2558) พัฒนาคณิตศาสตร์สร้างสรรค์ และศึกษาแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องระบบร่างกายมนุษย์



ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 79 ขึ้นไป ธัญญารัตน์ รัตนศิริ (2562) ทำการศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความร้อน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน

ปัจจุบันมีแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนเชิงรุก และเทคนิคการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนค้นหาเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ โดยการลงมือปฏิบัติอย่างมีความหมาย เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (เปียพล ทรงอาจ, 2563) ดังนั้นการคิดเชิงอภิमान (metacognition) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาทักษะการคิด โดยการช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้รู้และเข้าใจกระบวนการคิดของตนเอง เพื่อให้เกิดทักษะการคิดเชิงอภิमान (สิโรตม์ บุญเลิศ, 2555) ซึ่งเป็นการควบคุมกระบวนการรู้คิดของบุคคลเพื่อให้บรรลุเป้าหมายมีความตระหนักในงาน บุคคลสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ทำงานหรือเรียนจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์ ผู้เรียนมีความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमान สามารถปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลใหม่ได้อย่างฉับไวและเชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิมที่มีได้ดี สามารถควบคุมกำกับตนเองสามารถเข้าใจกระบวนการคิดของตนเองสามารถใช้การรับรู้ในการควบคุมพฤติกรรมตรวจสอบประเมินความก้าวหน้าในสิ่งที่ตนทำนั้นได้ ตลอดจนสามารถแก้ปัญหาข้อบกพร่องเมื่อตนเองมีปัญหา (สุวิทย์ อุปสัย, 2558; และวราวรรณ จันทร์วงศ์ และกิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2557)

แนวคิดการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร สุภาวดี หาญเมธี (2558) อธิบายว่า ความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร คือ ชุดกระบวนการทางความคิด (mental process) ที่ช่วยให้เราคิดเป็น มีเหตุผลผล ยับยั้งซึ่งใจได้ กำกับอารมณ์และพฤติกรรมตนเองได้ กำกับอารมณ์และพฤติกรรมตนเองได้ วางแผนทำงานเป็น มุ่งใจจดจ่อ ทำอะไรไม่วกแวก จำคำสั่ง และจัดการกับงานหลาย ๆ อย่างให้ลุล่วงเรียบร้อยได้ จัดลำดับงานเป็นขั้นเป็นตอน ยึดเป้าหมายแล้วทำไปเป็นขั้นตอนจนสำเร็จประกอบด้วย 1. ความจำขณะทำงาน (working memory) 2. การยับยั้งซึ่งใจ (inhibitory control) 3. การยืดหยุ่นความคิด (shift/cognitive flexibility) 4. การจดจ่อ (attention) 5. การควบคุมอารมณ์ (emotional control) 6. การประเมินตนเอง (self-monitoring) 7. การริเริ่มลงมือทำ (initiating) 8. การวางแผนและจัดการงานให้สำเร็จ (planning and organizing) 9. การมุ่งเป้าหมาย (goal-directed persistence) (สสส. และ สถาบัน RLG, 2561) ความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารเป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่มีบทบาทเกี่ยวกับการดูแล ตรวจสอบ การคิดและพฤติกรรม ซึ่งทำงานร่วมกับระบบประสาทเป็นฐานของการดำเนินการที่ทำงานร่วมกัน เป็นการทำหน้าที่ระดับสูงของสมองส่วนหน้าในการทำงานประสานกับสมองส่วนอื่นๆ เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับ ก่อให้เกิดกระบวนการบริหารจัดการชีวิต ด้วยการวางแผน การจัดลำดับขั้นตอน การควบคุมอารมณ์การกำกับความคิดและการเรียนรู้ โดยใช้ข้อมูลที่เกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือนำสู่การปฏิบัติพฤติกรรม เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้จนความสำเร็จ (Cooper-Kahn and Foster, 2013; ศิราณี อิมน้ำขาว และพูลสุข ศิริพูล, 2563) ซึ่งความจำขณะทำงาน (working memory) และการยับยั้งซึ่งใจ (inhibitory control) ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (Helen & Susan, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร โดยเน้นสองทักษะนี้เป็นสำคัญโดยความจำขณะทำงาน (working memory) เป็นความจำซึ่งใช้ในการดึงข้อมูลมาใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ ในขณะที่กำลังทำงานโดยเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว การจัดการข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการทางพุทธิปัญญา (cognitive Process) ที่มีความซับซ้อนเพื่อสร้างความเข้าใจและให้เหตุผลในการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย การเลือกรับข้อมูล การนำข้อมูลเข้า การเข้ารหัสข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลและการดึงข้อมูลออกมาใช้ และการยับยั้งซึ่งใจ (inhibitory control) จะไม่ตัดสินใจหรือมีพฤติกรรมแบบไม่ยั้งคิด ควบคุมความต้องการของตนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมความสามารถในการปรับเปลี่ยนการตอบสนอง

อารมณ์ และพฤติกรรม ให้เหมาะสมโดยผ่านการควบคุมยับยั้งซึ่งใจ คิดก่อนทำ สามารถควบคุมตนเองได้ รู้จักอดทน รอได้ (Coyle, 2009)

จากการศึกษาวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างงานพบว่า เพ็ญพร วังภูมิใหญ่ (2554) ได้เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระดับความเครียด ความจำเพาะทำงาน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดกับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเครียด ความจำเพาะทำงาน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยความจำเพาะทำงานในภาพรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดในภาพรวมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิด สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศานิตย์ ศรีคุณ (2559) ที่เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความตั้งใจ และความจำเพาะทำงานของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้วิจัยเป็นฐานผสมผสานกับแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ กับรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ (5E) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความจำเพาะทำงาน ของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีนั้นจะต้องมีการส่งเสริมความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย เนื่องจากมีความพยายามในระดับประเทศในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2557) และ การคิดเชิงอภิมาน เป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนควบคุมทักษะการเรียนรู้จึงควรส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดกับผู้เรียนควบคู่กันไปด้วย งานวิจัยนี้จึงศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารในวิชาวิทยาศาสตร์ว่ามีผลต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิมาน เพียงใด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ การคิดเชิงอภิมานของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร กับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสของ กลุ่มเมือง 2 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาหนองคาย เขต 1 ซึ่งมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนละ 1 ห้องเรียน จำนวน 5 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียน 80 คน ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีบริบททางการศึกษาที่คล้ายคลึงกัน มีจำนวนนักเรียน มีบุคลากรทางการศึกษาที่มีจำนวนใกล้เคียงกัน และมีคะแนน O-NET ที่ใกล้เคียงกัน

2. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จาก 2 โรงเรียน ในกลุ่มโรงเรียนขยายโอกาสกลุ่ม เมือง 2 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาหนองคาย เขต 1 แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 18 คน เป็นกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน



4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง สำหรับกลุ่มทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผน โดยมีแนวคิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) ทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์ ซึ่งมีสื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย วีดิทัศน์ ใบกิจกรรม เสริมด้วยการฝึกทักษะการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร โดยใช้ Power Point นำเสนอ และให้นักเรียนตอบโดยใช้การแข่งขันเสริมแรงด้วยการให้รางวัล ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 15 ชั่วโมง เครื่องมือผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน มีผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.67 – 4.33 อยู่ในระดับมาก และปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจและค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ และ 5) ประเมิน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ใช้แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ของสุภารัตน์ ไชยเลิศ (2553) ลักษณะเป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 12 สถานการณ์ มีทั้งหมด 48 ข้อ ซึ่งสุภารัตน์ ไชยเลิศ (2553) ได้รายงานค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับตามวิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) เท่ากับ 0.960 และ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบวัดนี้ซ้ำกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ได้ค่า KR-20 เท่ากับ 0.814

4.2.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหา เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ลักษณะของแบบวัดเป็นแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1.00 ผลการทดลองใช้แบบทดสอบนี้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน พบว่า ค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.40-0.79 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.40-0.87 ได้ค่าความเชื่อมั่น KR-20 เท่ากับ 0.820

4.2.3 แบบวัดความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमान (metacognitive awareness inventory [MAI]) เป็นแบบประเมินตนเองที่ สุวิทย์ อุปสัย (2558) แปลจาก MAI ที่สร้างขึ้นโดย Schraw and Dennison (1994) มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า มี 5 ระดับ จำนวน 52 ข้อ ซึ่งสุวิทย์ อุปสัย (2558) ได้ค่าความเชื่อมั่นแบบการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของ Cronbach เท่ากับ 0.95 และผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบวัดนี้ซ้ำกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง ได้ค่าความเชื่อมั่นแบบการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของ Cronbach เท่ากับ 0.945

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3.1 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 20 คน และกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน จำนวน 18 คน โดยใช้แบบประเมิน 3 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमान

4.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึก EF จำนวน 5 แผนการสอน ดำเนินการในระยะเวลา 5 สัปดาห์ จำนวน 15 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนตามปกติโดยการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครู

4.3.3 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผลลัพธ์ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองภายหลังกดำเนินการทดลองเสร็จสิ้นทันที และนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเรียนโดยใช้ one-way MANOVA พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 0.101$; $F_{(3, 34)} = 1.142^b$; $p = 0.346$; , Partial $Eta^2 = 0.092$)

ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มหลังเรียนโดยใช้ one-way MANOVA พบว่า มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = 0.523$; $F_{(3, 34)} = 5.930^b$; $p = 0.002$; , Partial $Eta^2 = 0.344$) ดังนั้นจึงทดสอบตัวแปรตามทีละตัว (univariate) ต่อ แสดงดังตารางที่ 1

ตัวแปรตาม	ก่อนเรียน				หลังเรียน				F	P	Partial Eta^2
	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม				
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD			
ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา	15.35	3.15	15.52	3.20	39.17	4.10	35.80	4.17	6.91*	0.02	0.161
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	11.00	2.30	9.80	2.52	21.00	2.33	18.50	2.42	10.50*	0.03	0.226
การคิดเชิงอภิมาน	171.39	11.59	168.45	8.64	184.11	9.10	176.45	8.23	6.69*	0.01	0.157

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า หลังเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และการคิดเชิงอภิมาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่า Partial Eta^2 มีค่า 0.161, 0.226 และ 0.157 ตามลำดับ แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึก EF สามารถอธิบาย ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ การคิดเชิงอภิมาน ได้ร้อยละ 16.10, 22.60 และ 15.70 ตามลำดับ

6. สรุปผลการวิจัย

6.1 นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2 นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.3 นักเรียนกลุ่มทดลองมีการคิดเชิงอภิมานสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปข้อค้นพบจากการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารสามารถส่งเสริมนักเรียนในด้านความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงอภิมานได้



7. อภิปรายผล

7.1 นักเรียนกลุ่มทดลอง มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงอภิमान สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน เนื่องจากรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ จากนั้นนักเรียนได้มีโอกาสแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับจากประสบการณ์นั้น หรือการนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างสรรค์ผลงานความชอบหรือความถนัดของตนเองกระบวนการดังกล่าวจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้น (Applefield, Huber, & Moallem, 2001) และนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองในการเข้าไปมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อมนักเรียนมีโอกาสได้สังเกตและเก็บเกี่ยวความรู้จากสิ่งแวดล้อมนักเรียนได้กระตุ้นตัวรับ (receptors) ประสาทสัมผัสจากระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nervous system) หลายด้านพร้อมกัน บурณาการเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลางที่ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) เพื่อกระตุ้นสมองเชิงบริหารที่เกิดการจากเชื่อมโยงเส้นใยประสาทระหว่างสมองส่วนพรีฟรอนทัลโลบ (frontal lobe) และ พารีทัลโลบ (parietal lobe) (Klingberg, Forssberg & Westerberg, 2002) นอกจากนี้การเสริมด้วยการฝึกความสามารถด้านการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร มีเป้าหมายเพื่อฝึกทักษะด้านการจัดการ ทำให้มีการพัฒนาสมองส่วนพรีฟรอนทัลโลบ (Frontal lobe) ซึ่งทำหน้าที่สำคัญในการคิด ความจำ และสติปัญญา ทำให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Roca et al., 2010) ดังนั้นหากนักเรียนสามารถปฏิบัติเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้ ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเพิ่มขึ้นในทุกมิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarter et al.(2003:) , Dehn (2008 : 72) อ้างถึงใน วาสนา รุ่งอนุรักษ์, 2562) พบว่า การจัดสิ่งเร้าที่ดึงดูดความสนใจให้แก่ผู้เรียนซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความจดจ่อ และเกิดความตั้งใจ (attention) ความตั้งใจที่ดีเป็นประจักษ์ความจำขณะทำงาน (working memory) อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปเก็บเป็นความจำระยะยาว (long-term memory) และการระลึกได้ (retrieval) ในเวลาต่อมาซึ่งวาสนา รุ่งอนุรักษ์ (2562) พบว่าส่งผลให้มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสูงขึ้นด้วย งานวิจัยนี้พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถอธิบายได้ว่า การเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคิด การระบุปัญหา และการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อวางแผนในการแก้ปัญหา ยิ่งไปกว่านั้นเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการตั้งคำถาม แก้ปัญหา สร้างทักษะการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อค้นพบ นำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีมาบูรณาการเพื่อแก้ไขปัญหา มีการสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ เกิดทักษะของการเรียนรู้ สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่แนวทางในการปรับใช้ในชีวิตประจำวัน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจและมีการคิดอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้การเสริมด้วยการฝึกความสามารถด้านการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร สามารถสร้างความเข้าใจและให้เหตุผลในการเรียนรู้ ประกอบด้วย การเลือกรับข้อมูล การนำข้อมูลเข้า การจัดเก็บข้อมูล และการดึงข้อมูลออกมาใช้ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการแก้ไขปัญหา สามารถพัฒนาความจำขณะทำงานในภาพรวมของนักเรียนได้ดีขึ้น เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้มีทั้งการฝึกเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน สมองจึงเกิดการจดจำได้จากการทำซ้ำจนเกิดเป็นทักษะ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิญา สิงโต (2563) ที่เปรียบเทียบความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเน้นในด้านการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เน้นการบูรณาการ กับชีวิตประจำวันและท้าทายความคิดของนักเรียน

ซึ่งผลลัพธ์จากการเรียนรู้ดังกล่าว ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้การเสริมด้วยการฝึกความสามารถด้านการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร เป็นการส่งเสริมให้เกิดความจำเพาะทำงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานของสมองมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากความจำเพาะทำงานเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จทางการศึกษา และมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน และมีความเกี่ยวเนื่องอย่างมากกับความสามารถ ทางสติปัญญาขั้นสูง ได้แก่ การมีเหตุผล การแก้ปัญหา และการเรียนรู้ (Alloway, 2009; Kyllonen & Christal, 1990) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ที่เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากรับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การคิดเชิงอภิमानเป็นการตระหนักรู้และควบคุมกระบวนการรู้คิดของ บุคคลเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายมีความตระหนักในงาน บุคคลและสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ทำงาน หรือเรียนจนสำเร็จ ผู้เรียนที่มีความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमानสามารถปฏิสัมพันธ์กับข้อมูลใหม่ได้อย่างฉับไวและเชื่อมโยงเข้ากับความรู้เดิมที่มีได้ดี สามารถควบคุมกำกับตนเอง สามารถเข้าใจกระบวนการคิดของตนสามารถใช้การรับรู้ในการควบคุมพฤติกรรมตรวจสอบ ประเมินความก้าวหน้าในสิ่งที่ตนทำนั้นได้ ตลอดจนสามารถหาทางแก้ไขข้อบกพร่องเมื่อตนเองมี (สุวิทย์ อุปลัย, 2558) เนื่องจากสมองส่วนที่รับผิดชอบเรื่องการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารซึ่งประกอบด้วยแอนทีเรีย ซิงกูเลต คอร์เทกซ์ (anterior cingulate cortex [ACC]) และฟรอนทัล คอร์เทกซ์ (frontal cortex; PFC) ที่ทำหน้าที่กำกับดูแลการคิดเชิงอภิमानด้วย การศึกษาของ Pennequin, Sorel & Mainguy (2010) พบว่าการฝึกฝนการทำหน้าที่ของสมองควบคุมการคิดเชิงอภิमानทำให้การทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารดีขึ้น ดังนั้นการฝึกฝนการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารน่าจะส่งผลให้การคิดเชิงอภิमानดีขึ้นด้วย งานวิจัยนี้พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการคิดเชิงอภิमानสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีการฝึกการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารที่ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียน ประกอบด้วยการระบุปัญหา การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง การวางแผนและพัฒนา การทดสอบและประเมินผล และการนำเสนอผลลัพธ์ส่งผลให้มีการพัฒนาการคิดเชิงอภิमानด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกทักษะความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร ไปประยุกต์ใช้กับการสอนวิทยาศาสตร์ทุกระดับชั้น

1.2 ควรมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ประกอบการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารให้สอดคล้องในเนื้อหาแต่ละรายวิชา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमान

1.3 ควรมีการกำหนดนโยบายการจัดพัฒนาวิธีการสอน โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึก EF เพื่อพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ให้เกิดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ความสามารถด้านการคิดเชิงอภิमान และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหา



2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการเปรียบเทียบผลของการจัดการเรียนรู้อะหว่าง จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสริมด้วยการฝึกความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหารเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างผลการจัดการเรียนรู้สองรูปแบบ

2.2 ควรมีการเปรียบเทียบผลการศึกษาด้านความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของแต่ละวิธีการสอนต่อความสามารถการทำหน้าที่ของสมองเชิงบริหาร

9. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. จำกัด
- (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. จำกัด
- ทัศนีย์ บุญเต็ม และคณะ. (2558). **โครงการวิจัยการพัฒนาซอฟต์แวร์วัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย**. หุ่นอดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2555.
- ธัญญารัตน์ รัตนหิรัญ. (2562). **การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาศาสตร์และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ปิยพล ทรงอาจ. (2563). **Active Learning: การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เทคนิคการสอนในศตวรรษที่ 21**. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย, 10(1), 135-142
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. (2558). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เพ็ญพร วังภูมิใหญ่. (2554). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดที่มีต่อระดับความเครียดความจำขณะทำงาน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ภััสสร ติดมา. (2558). **การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- รวารวรรณ จันทรวงศ์ และกิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2557). **การคิดและการคิดเกี่ยวกับการรู้: แนวการ จัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียน**. ขอนแก่น: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- วาสนา รุ่งอนุรักษ. (2562). **การพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงออกแบบ ผสานกับประสาทวิทยศึกษาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือการทำงานของสมอง และผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

- ศานิกานต์ เสนีวงศ์. (2556). การจัดการกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอรังามิ. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ศานิตย์ ศรีคุณ. (2559). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้วิจัยเป็นฐานผลานกับแนวคิดประสาทวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศิริฉวี อิ่มน้ำขาว และ พูลสุข ศิริสุข. (2563). ทักษะการคิดเชิงบริหารจัดการชีวิตในเด็กปฐมวัย: การวิเคราะห์หมโนทัศน์. วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, 30(3), 10-22.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). รายงานการวิจัยเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะนโยบายการส่งเสริมการจัดการศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- _____ . (2559). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สิโรตม์ บุญเลิศ. (2555). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนคติทางวิทยาศาสตร์ และอภิปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สุดารัตน์ ไชยเลิศ. (2553). การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุภาวดี หาญเมธี. (2558). EF ภูมิคุ้มกันชีวิตและป้องกันยาเสพติด คู่มือสำหรับครูอนุบาล. กรุงเทพฯ : รักลูกบุ๊คส์.
- สุวิทย์ อุปสัย. (2558). ผลการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด constructivism และ metacognition ร่วมกับ ความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐานเพื่อพัฒนา ความเข้าใจคำศัพท์วิทยาศาสตร์สุขภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิตสาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน.มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อภิญา สิงห์โต. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารมหาจุฬานาครธรรม์, 7(7), 387-398.
- Alloway, T.P. (2009). Working Memory, but not IQ, Predicts Subsequent Learning in Children with Learning Difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, 25, 92-98.
- Applefield, J. M., Huber, R., & Moallem, M. (2001). Constructivism in Theory and Practice Toward a Better Understanding. *High School Journal*, 84, 35-53.
- Cooper-Kahn, J., and Foster, M. (2013). Boosting executive skills in the classroom: A practical guide for educators. San Francisco: Jossey-Bass.
- Coyle, M. B. (1993). *Quality interpersonal communication: An overview*. [CD-ROM]. Full text From. ABI/Infom Files: 0025 - 1623.



- Klingberg, T., Forssberg, H., Westerberg, H. (2002). Increased brain activity in frontal and parietal cortex underlies the development of visuospatial working memory capacity during childhood. **Journal of Cognitive Neuroscience**, 14(1), 1-10
- Pennequin, V., Sorel, O. & Mainguy, M. Metacognition, Executive Functions and Aging: The Effect of Training in the Use of Metacognitive Skills to Solve Mathematical Word Problems. **Journal of adult development** 17, 168–176 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10804-010-9098-3>
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., Duncan, J. (2009). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. **Brain**, 133(1), 234-247. doi:10.1093/brain/awp269.