

การพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง
ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิกในรายวิชาชีววิทยา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of Scientific Conceptualizing and Integrated Science Process Skills
Using Steam Education Approach and Graphic Organizer
in Biology of 11th Grade Students.

จินดารัตน์ เพชรกล้า (Jindarat Petchlum)* ดร.ปริณ ทนันชัยบุตร (Dr.Prin Tanunchabutra)**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก โดยให้ผู้เรียนมีระดับคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนผู้เรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก โดยให้ผู้เรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนผู้เรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ทั้งหมด 28 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ชุด ดังนี้ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามแนวคิดของ Riley (2016) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก จำนวน 9 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 25 ชั่วโมง 2) เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ (1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้สำหรับครู (2) แบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน (3) แบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ และ (4) แบบสัมภาษณ์ผู้เรียน 3) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการวิจัย ได้แก่ (1) แบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ (2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง แบบ Two – tier จำนวน 10 ข้อ

ผลการพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.68 คิดเป็นร้อยละ 83.45 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเฉลี่ยเท่ากับ 40.55 คิดเป็นร้อยละ 84.82 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คนคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ABSTRACT

The objectives of this study were to 1) investigate the scientific conceptualizing by using STEAM Education approach and graphic organizer with the condition that the students' average scores of scientific conceptualizing test should not be less than 70 percent of the total scores and at least 70 percent of the students should reach the prescribed criteria and 2) develop the students' integrated scientific process skills by using STEAM Education approach (Riley, 2016) and graphic organizer with the

*นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

condition that the students' average scores of integrated scientific process skills test should not be less than 70 percent of the total scores and at least 70 percent of the students should reach the prescribed criteria. The sample of this study consisted of 28 eleventh grade students studying at Satrichaiyaphum. They were selected through random sampling method. The research design was classroom action research of 3 operating cycles and instruments were divided into three sets, including 1) research conducting instrument: 9 Biology lesson plans by using STEAM Education approach and graphic organizer which lasted 25 periods; (2) research reflection instruments: (1) teaching reflection notes, students' behavioral observation form, (3) scientific conceptualizing test, comprising 20 multiple choice questions, and (4) student interviewing form; and research finding assessment instruments: (1) scientific conceptualizing test containing 5 written questions and (2) Two-tier integrated scientific process skills test including 10 questions

The findings were as follows. 1) Through STEAM Education approach and graphic organizer, students' average scores of scientific conceptualizing test were 16.68 and 28 students or 100 percent of the total number of the students reached the prescribed criteria. The obtained scores and the percentage of the students were higher than the prescribed criteria. 2) Through STEAM Education approach and graphic organizer, students' average scores of integrated scientific process skills test were 40.55 and 28 students or 100 percent of the total number of the students reached the prescribed criteria. The obtained scores and the percentage of the students were higher than the prescribed criteria.

คำสำคัญ: ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง สะเต็มศึกษา เทคนิคผังกราฟิก

Keywords: Problem solving ability, Creative thinking, STEM-6E learning with social media

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อพัฒนาให้ทันกับความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของโลก ทั้งด้านเศรษฐกิจ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างเป็นพลวัต โลกยุคใหม่เป็นยุคที่มุ่งเน้นธุรกิจการค้า และการสร้างนวัตกรรมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันสูง ประเทศต่าง ๆ จึงต้องปลูกฝังทักษะการคิดซึ่งเป็นทักษะสำคัญแก่พลเมืองของประเทศ เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว และเพื่อให้มีศักยภาพในการดำรงชีวิต เป็นประชากรที่มีคุณภาพในการพัฒนาสังคม โดยทักษะการคิดเป็นทักษะที่ส่งเสริมให้บุคคลรู้จักมองสิ่งรอบตัวและนำความรู้มาใช้พัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้แตกต่างจากเดิมได้อย่างเหมาะสม การคิดจึงเป็นหนึ่งในทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่ควรพัฒนาให้แก่เยาวชน (Partnership for 21st century skills, 2015) ซึ่งการคิดนับเป็นทักษะขั้นพื้นฐานของบุคคล เนื่องจากเป็นทักษะที่ต้องนำไปใช้ในการคิดลักษณะอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนและยากขึ้น หากบุคคลขาดทักษะการคิดขั้นพื้นฐานนี้ย่อมจะมีปัญหาในการคิดที่สูงขึ้น (ทิตินา แคมมณี, 2544) และเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพ และสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการคิดรวบยอด มีความสำคัญมากในปัจจุบัน สอดคล้องกับ ไพรทูล สีนลรัตน์ (2558) ทักษะการคิดรวบยอดเป็นทักษะหนึ่งที่คนไทยควรพัฒนาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนแสดงความคิดรวบยอดหรือ มโนมติผ่านการทดลองและการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลายด้วยตัวเอง ดังนั้นแนวคิดการศึกษาของไทยจึงจำเป็นต้อง

พัฒนาให้ผู้เรียนไม่เพียงเป็นผู้บริโภคนิยม แต่ต้องเป็นบุคคลที่มีทักษะการคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การผลิตและคิดนวัตกรรมเพื่อนำไปพัฒนาประเทศในอนาคต (ธนิช เลิศชาญฤทธิ, 2554)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่เกิดภาวะการณ์ขาดแคลนกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการค้นคว้าองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ในการได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือ จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่สำคัญ เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้หรือค้นหาคำตอบในเรื่องต่าง ๆ ด้วยตนเอง อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ นั่นคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือการค้นคว้าทดลองที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบนี้ก็คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ภาพ เลหาไพบูลย์, 2540) อีกทั้ง วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ดังนั้น ครูจึงควรฝึกฝนและพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกิดกับผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ (พันธ์ ทองชุมนุช, 2547) ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญและจะช่วยส่งเสริมให้ประเทศให้พัฒนาได้อย่างรวดเร็ว (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2544)

ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้รับประโยชน์สูงสุด บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ครูเลือกใช้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดปัจจัยหนึ่ง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดและส่งเสริมกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกันอย่างสร้างสรรค์ เป็นการบูรณาการของ 5 สาขารวม ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เน้นการฝึกฝนทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม ฝึกให้ผู้เรียนเป็นนักคิด นักประดิษฐ์ สามารถสร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมและตอบโจทย์กับ Thailand 4.0 โดยเชื่อมโยงการเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถเปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้ จากการที่ผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้จากครูมาเป็นผู้แสวงหาความรู้ด้วยตนเองด้วยสื่อที่หลากหลาย การจัดการเรียนการสอนแบบเดิม ๆ ไม่สามารถตอบโจทย์ผู้เรียนในยุคใหม่ได้ ครูจำเป็นต้องพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนให้ตอบโจทย์กับผู้เรียนในยุคใหม่ (Generation Z) ด้วยการให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ เมื่อผู้เรียนเกิดความสนใจอยากรู้ผู้เรียนจะคิดหาวิธีในการเรียนรู้จนสามารถทำได้ เข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และเกิดการต่อยอดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ ทั้งนี้ การสอนด้วยแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ และเข้าใจเนื้อหาในระดับลึกได้อย่างครอบคลุมด้วยการถ่ายทอด ทางจินตนาการเพื่อนำไปสู่การสรุปความคิดรวบยอดในเรื่องนั้น ๆ นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

การเรียนรู้ของมนุษย์มักเริ่มจากการเกิดภาพรวมก่อน จากนั้นจึงเข้าสู่รายละเอียด และจบด้วยภาพรวมอีกครั้งเป็นขั้นตอนสุดท้าย (เฮียร์ พานิช, 2544) ฉะนั้นการจัดลำดับและระบบความคิดจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเรียนรู้ ซึ่ง Ausubel (1968) ได้อธิบายการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ว่าต้องมีการเชื่อมโยง สัมพันธ์กับความรู้เดิม และจัดลำดับ จัดระบบข้อมูลไปสัมพันธ์กันในโครงสร้างทางปัญญา และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Verbal Learning) และทฤษฎีของ Ausubel ถูกพัฒนาจนกลายเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เรียกว่าโครงสร้างภาพรวม (Presenting first หรือ Structure Overview) ซึ่งต่อมาคือ แผนผังกราฟิก (Graphic Organizer; GO) ซึ่งได้รับความนิยม และเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้สอนเชื่อมโยง จัดระเบียบความคิดจัดโครงสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนง่ายต่อการเชื่อมโยงข้อมูล และสร้างความรู้ที่เป็นระบบ (มนตรี วรารักษ์สัจจะ, 2556) การใช้แผนผังกราฟิกจึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้สอนเชื่อมโยงจัดระเบียบความคิดและโครงสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียนทำให้ผู้เรียนง่ายต่อการเชื่อมโยงข้อมูล และสร้างความรู้ที่เป็นระบบ (ซู ชาน เอ. แอมโบรส et al.,

2556) ทำให้ผู้เรียนสังเคราะห์ความรู้ที่จัดระบบไว้แล้วเชื่อมโยงกับความรู้เดิม สามารถดึงความรู้ไปใช้ต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แผนผังกราฟิกจึงสามารถใช้ได้ตลอดการเรียนการสอนชีววิทยา แผนผังกราฟิกจึงสามารถช่วยให้ผู้ใช้จัดระบบ ความคิด เกิดมโนทัศน์ และง่ายต่อการสร้างความเข้าใจในเนื้อหาวิชาชีววิทยา และเกิดโครงสร้างความรู้ที่เป็นระบบที่สามารถเชื่อมโยงและ นำมาใช้และแผนผังกราฟิกจึงสามารถนำมาใช้ได้กับการสอนชีววิทยาที่มีธรรมชาติในการจัดการเรียนสอนด้วยวิธีการสอน แบบบรรยายประกอบภาพและกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวข้างต้น จึงนำมาสู่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้น การบูรณาการทั้ง 5 สาขาวิชาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิกซึ่งเป็นกลยุทธ์ที่เน้นพัฒนากระบวนการคิดเพื่อทำการศึกษา วิจัยพัฒนาความคิดรวบยอดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นพลเมือง ที่ตอบสนองความต้องการของประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการ ใช้เทคนิคแผนผังกราฟิก โดยให้ผู้เรียนมีระดับคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนผู้เรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการใช้เทคนิคแผนผังกราฟิก โดยให้ผู้เรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเฉลี่ยไม่น้อยกว่า ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนผู้เรียนผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 14 ห้องเรียน รวม 432 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 28 คน โดยวิธี Simple random sampling)

2. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ ที่นำ กระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (1990 อ้างถึงใน อภิญา เพื่อดสิงห์, 2560) เป็นแนวทางในการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวางแผน (planning) 2) ขั้นการ ปฏิบัติการ (action) 3) การสังเกตการณ์ (observation) และ 4) การสะท้อนกลับ (reflection) ตลอดจนการปรับ แผนการจัดการเรียนรู้ กรอบลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผัง กราฟิก ในรายวิชาชีววิทยา จำนวน 2 หน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการลำเลียงของพืช จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 25 ชั่วโมง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ 1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้สำหรับครู 2) แบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน 3) แบบสัมภาษณ์ผู้เรียน และ 4) แบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบวัดแบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ สำหรับวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ใช้เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการปฏิบัติการวิจัย ได้แก่ 1) แบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ สำหรับวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้กับผู้เรียนหลังจากเรียนจบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ วัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือ (1) ด้านเนื้อหา (2) ด้านความเข้าใจ (3) ด้านองค์ประกอบ (4) ด้านความสัมพันธ์ และ (5) ด้านการพัฒนา 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง สำหรับวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยใช้กับผู้เรียนหลังจากเรียนจบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ ซึ่งครอบคลุมการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองและ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (The American Association for the Advancement of Science, 1967) และมีการประเมินโดยใช้เป็นแบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละทักษะมาตรฐานวัดค่า 4 ระดับ (พิมพ์ญาดา, 2559)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินการตามวงจร ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สะท้อนผล วางแผนอภิปราย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ผู้วิจัยดำเนินการปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก และทำความเข้าใจเกี่ยวกับเกณฑ์การวัดและประเมินผล เพื่อให้นักเรียนทราบแนวทางการปฏิบัติในการเรียน

4.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิกในรายวิชาชีววิทยา จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 25 ชั่วโมง

4.3 หลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ท้ายวงจร จำนวน 20 ข้อ รวมทั้งสัมภาษณ์ผู้เรียนด้วยแบบสัมภาษณ์ผู้เรียนเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และแปลข้อมูลต่อไป

4.4 หลังจากผู้เรียนเรียนจบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแบบตอบสองชั้น (Two-tier) จำนวน 10 ข้อ

4.5 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบไปวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป หาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ว่าต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไปหลังจากการจัดการเรียนรู้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาตามขั้นตอน ดังนี้

5.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ท้ายวงจร แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ รวม 60 ข้อ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละของคะแนนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

5.2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คะแนนจากแบบความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เมื่อสิ้นสุดทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เป็นแบบวัดอัตนัย จำนวน 5 ข้อ วัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ 5 ด้าน คือ 1. ด้านเนื้อหา 2. ด้านความเข้าใจ 3. ด้านองค์ประกอบ และ 4. ด้านความสัมพันธ์ และ 5. ด้านการพัฒนา และประเมินให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การประเมินพิจารณาเป็นคะแนนมาตรฐานวัดค่า 4 ระดับ ตาม Goodnough, K., & Woods, R., 2002 จากนั้นวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป หาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ว่าต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

5.3 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเมื่อสิ้นสุดทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เป็นแบบอัตนัย 5 ทักษะตาม The American Association for the Advancement of Science, 1967 ดังนี้ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 2) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 4. ทักษะการทดลอง และ 5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป จำนวน 10 ข้อ และประเมินให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การประเมินพิจารณาเป็นคะแนนมาตรฐานวัดค่า 4 ระดับ ตามแนวคิดของ พิมพ์ญาดา (2559) จากนั้นหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ว่าต้องมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

5.4 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยได้จากแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้สำหรับครู แบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน และแบบสัมภาษณ์ผู้เรียน ซึ่งเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการเรียนรู้ของครูเพื่อเป็นข้อมูลสะท้อนผลการปฏิบัติเมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรที่เน้นการบรรยายตามที่ปรากฏ ปรากฏจากอคติหรือความรู้สึกและความคิดเห็นไปด้วย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สรุปผล แล้วนำผลอภิปราย และข้อเสนอแนะ แก้ไขปรับปรุงในส่วนที่พบปัญหาและอุปสรรคให้ดีขึ้น เพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในการดำเนินการครั้งต่อไป

ผลการวิจัย

1) ผลการพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 1 ผลการวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนน เฉลี่ย (\bar{X})	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละ (%)	ผลการวัดความคิดรวบ ยอดทางวิทยาศาสตร์			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	%	คน	%
28	20	16.68	83.45	1.39	28	100	-	-

จากตารางที่ 1 ผลการวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน คะแนนเต็ม 20 คะแนน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.68 คิดเป็นร้อยละ 83.45 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวน

นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาผลการวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์รายด้าน ปรากฏผลในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ 5 ด้าน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ความคิดรวบยอดทาง วิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนน เฉลี่ย (\bar{X})	ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละ (%)	ผลการวัดความคิดรวบ ยอดทางวิทยาศาสตร์			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	%	คน	%
ด้านเนื้อหา	4	3.89	0.72	97.25	28	100	-	-
ด้านความเข้าใจ	4	3.53	0.56	88.25	28	100	-	-
ด้านองค์ประกอบ	4	3.21	0.41	80.25	28	100	-	-
ด้านความสัมพันธ์	4	3.03	0.18	75.75	28	100	-	-
ด้านการพัฒนา	4	2.96	0.18	74.00	28	100	-	-

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการวัดความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน พบว่าด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 คิดเป็นร้อยละ 97.25 รองลงมา คือ ด้านความเข้าใจ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 คิดเป็นร้อยละ 88.25 ด้านองค์ประกอบ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 คิดเป็นร้อยละ 80.25 ด้านความสัมพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ย 3.03 คิดเป็นร้อยละ 75.75 และด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านพัฒนา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.96 คิดเป็นร้อยละ 74.00 ตามลำดับ

2) ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 3 ผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

จำนวน นักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนน เฉลี่ย (\bar{X})	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละ (%)	ผลการวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นสูง			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	%	คน	%
28	50	40.55	2.31	84.82	28	100	-	-

จากตารางที่ 3 ผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน คะแนนเต็ม 50 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 40.55 คิดเป็นร้อยละ 84.82 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแต่ละทักษะปรากฏในตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 ผลคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ที่ได้จากการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	คะแนนเต็ม (คะแนน)	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ร้อยละ (%)	ผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			
					ผ่าน		ไม่ผ่าน	
					คน	%	คน	%
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	10	8.10	0.81	81.00	28	100	-	-
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	10	7.96	0.73	79.64	28	100	-	-
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	10	7.92	0.65	79.20	28	100	-	-
ทักษะการทดลอง	10	8.17	0.65	81.78	28	100	-	-
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	10	8.03	0.62	79.28	28	100	-	-

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ย จากการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน มีคะแนนเต็มทักษะละ 10 คะแนน พบว่า ทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ทักษะการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.17 คิดเป็นร้อยละ 81.78 รองลงมา คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.10 คิดเป็นร้อยละ 81.00 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.03 คิดเป็นร้อยละ 79.28 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.96 คิดเป็นร้อยละ 79.64 และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.92 คิดเป็นร้อยละ 79.20 ตามลำดับซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากในแต่ละทักษะ

อภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์

ผลการพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน รายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ซึ่งผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก มีคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์เมื่อสิ้นสุดทั้ง 3 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนที่สุดแท้กรการบูรณาการทางด้านเนื้อหาในศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันในชั้นการออกแบบและสร้างผลงานที่มีการให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างผังกราฟิกสรุปบทเรียนในแต่ละครั้ง ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นภาพรวม และขอบเขตเนื้อหาของบทเรียนที่เรียนในวันนั้น ๆ ส่งผลให้เกิดความคิดรวบยอดในเนื้อหาที่ได้เรียน เห็นได้จากค่าคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conceptualizing) ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังกราฟิกมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นเป็นลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรที่ 1, 2 และวงจรที่ 3 ที่ผู้เรียนทุกคนมีคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ทำวงจรมานเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม สอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่อง ให้ผลไปในทางเดียวกันว่าการใช้แผนผังกราฟิกจึงมีส่วนช่วยในการเรียนการสอนด้านพุทธิปัญญา ช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงของข้อมูลและมโนทัศน์ สอดคล้องกับเนื้อวิชาวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาที่เป็นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสืบเสาะและด้านเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรมจึงมีความเหมาะสม

ในการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิกในการพัฒนาความคิดรวบยอดวิชาชีววิทยา สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมรัก อินทรวิมลศรี (2560) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนดีขึ้น และมีเจตคติที่ดีต่อรายวิชาชีววิทยา เช่นเดียวกันกับใน Graphic Organizers and Higher Order Thinking Skills with Nonfiction Text จากงานวิจัยนี้พบว่าแผนผังกราฟิกสามารถช่วยส่งเสริมการคิดวิพากษ์ของผู้เรียนกับบทความที่ไม่ได้เป็นวรรณกรรมได้ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่สอบถามโดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษากับแผนผังกราฟิกทั้งสิ้น 12 ชนิด ซึ่งได้ผลว่าแผนผังกราฟิกมีส่วนช่วยให้เกิด ความเข้าใจ และส่งผลต่อการคิดเชิงทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ โดยตรงซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียนของผู้เรียนอีกด้วย ซึ่งแสดงว่านอกจากด้านพุทธิปัญญาแล้ว ผู้เชี่ยวชาญยังมีความเห็นว่าแผนผังกราฟิกส่งผลต่อเจตคติในการเรียนรู้ของผู้เรียนอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Rodriguez (2006) ได้ทำการวิจัยในหัวข้อ An Investigation of the Effectiveness of Graphic Organizers in the Improvement of Learning Skills เป็นการศึกษาด้วยเอกสารจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแผนผังกราฟิกจำนวน 15 งานวิจัย แล้วนำมาวิเคราะห์และหาผลสรุป ซึ่งเป็นการดำเนินการวิจัยด้วยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพแบบศึกษาเอกสารจากการศึกษาพบว่าแผนผังกราฟิกช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหา, การจำได้และความคงทนในการเรียนรู้ และการคิดวิพากษ์วิจารณ์ได้ งานวิจัยชิ้นนี้จึงช่วยสนับสนุนแนวคิดในการใช้แผนผังกราฟิกเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ การพัฒนาความเข้าใจ และการพัฒนาความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ มนตรี วรารักษ์สัจจะ (2556) และ ลักขณา อันทะปัญญา (2556) ที่แผนผังกราฟิกเป็นเครื่องมือที่ช่วยแสดงความคิดของผู้เรียนให้ออกมาเป็นรูปธรรมในลักษณะของแผนภาพ และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้วยภาพ สัญลักษณ์ หรือคำสั้นๆ และแสดงถึงการใช้ข้อมูลมาเชื่อมโยงกันในแบบต่าง ๆ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในการคิดและแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาได้ เช่นเดียวกันกับ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2558) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ผังกราฟิกในการจัดการเรียนรู้ว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดขั้นสูง ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียน และพัฒนาปัญญาอย่างหลากหลายการใช้แผนผังกราฟิกจึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้สอนเชื่อมโยงจัดระเบียบความคิดและ โครงสร้างความรู้ให้แกผู้เรียนทำให้ผู้เรียนง่ายต่อการเชื่อมโยงข้อมูลและสร้างความรู้ที่เป็นระบบ ชู ชาน เอ. แอมโบรส และคณะ (2556)

ตอนที่ 2 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง รายวิชาชีววิทยา 3 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ซึ่งผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเท่ากับ 40.55 คิดเป็นร้อยละ 84.82 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และเมื่อพิจารณาผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงแต่ละทักษะ ทักษะที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ทักษะการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.17 คิดเป็นร้อยละ 81.78 รองลงมา คือ ทักษะการตั้งสมมติฐานมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.10 คิดเป็นร้อยละ 81.00 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.03 คิดเป็นร้อยละ 79.28 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.96 คิดเป็นร้อยละ 79.64 และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.92 คิดเป็นร้อยละ 79.20 ตามลำดับซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันมากในแต่ละทักษะ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุสถานการณ์ สถานการณ์ (Focus) คือ ขั้นตอนของการเสนอสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการหาวิธีการแก้ไขปัญหา ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) คือ ขั้นตอนของการนำคำถามหรือปัญหามาวิเคราะห์หารายละเอียด หรือหาองค์ประกอบว่าเพราะเหตุใดถึงเกิดปัญหาหรือคำถามนั้น ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) คือ ขั้นตอนของการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและ จำเป็นต่อการคิดหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ขั้นประยุกต์ (Application) คือ

ขั้นตอนของการสร้างและอธิบายวิธีการแก้ปัญหา เพื่อแสดงทักษะและความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าผ่านทางการสร้างสรรค์ผลงาน ขึ้นนำเสนอ (Presentation) คือ ขั้นตอนของการเผยแพร่ นำเสนอและแลกเปลี่ยนผลงาน หรือมุมมองของการแก้ปัญหา กับผู้อื่น และมีโอกาสได้ให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะผลงานที่ผู้อื่นนำเสนอ และขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) คือ ขั้นตอนของการสะท้อนข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นนำเสนอ โดยการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงผลงานหรือวิธีแก้ปัญหาของตนเองเพื่อผลิตผลงาน หรือทางแก้ปัญหาที่ดีขึ้นซึ่งในแต่ละขั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ทักษะ 5 ทักษะ และส่งเสริมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงดังกล่าวในครั้งนี้นี้ที่คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สอดคล้องกับงานวิจัยของโณทัย ดาทอง และคณะ (2558) พบว่าจากการวัดความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตอบแบบ 3 ชั้น นักเรียนมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับ มินกกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2559) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่องพลังงานรอบตัวเรา ผลการวิจัยพบว่าการใช้ชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 80.76/81.54 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น นักเรียนมีการปฏิบัติชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่ได้เรียนโดยใช้แบบประเมินความสภาพความเป็นจริงอยู่ในระดับดี และพิมพ์ญาดา ศิริรัฐพรวัฒนา (2559) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและทักษะการคิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงและพบว่าการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Integrated Process Skills) ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมตัวแปร (Controlling Variable) การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) การทดลอง (Experimenting) และการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) ซึ่งความสามารถดังกล่าวต้องได้รับการปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ฝึกฝนการคิดอย่างมีระบบในการแสวงหาความรู้ หรือการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นั้นผู้เรียนต้องได้รับการจัดกิจกรรมที่ต้องใช้ทักษะการคิด การออกแบบ และการทดลอง และการแปรผลสรุปข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจากงานวิจัยของ สมรักษ์ อินทรวิมลศรี (2560) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอนที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์รายวิชาชีววิทยามีคะแนนเฉลี่ยที่สูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนมีคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 16.68 คิดเป็นร้อยละ 83.45 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนที่สุดต่อแทรกการบูรณาการทางด้านเนื้อหาในศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันในขั้นการออกแบบและสร้างผลงานที่มีการให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างผังกราฟิกสรุปบทเรียนในแต่ละครั้ง ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นภาพรวม และขอบเขตเนื้อหาของบทเรียนที่เรียนในวันนั้น ๆ ส่งผลให้เกิดความคิดรวบยอดในเนื้อหาที่ได้เรียน เห็นได้จากค่าคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังกราฟิกมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นเป็นลำดับเมื่อเปรียบเทียบจากวงจรที่ 1, 2 และวงจรที่ 3 ที่ผู้เรียนทุกคนมีคะแนนความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ทำวงจรผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม สอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่อง ให้ผลไปในทางเดียวกันว่าการใช้แผนผังกราฟิกจึงมีส่วนช่วยในการเรียนการสอนด้านพุทธิปัญญา ช่วยให้เกิดความเชื่อมโยงของข้อมูลและมโนทัศน์ สอดคล้องกับเนื้อวิชาวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาที่เป็นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสืบเสาะ

2. นักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง เฉลี่ยเท่ากับ 40.55 คิดเป็นร้อยละ 84.82 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 28 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิก ประกอบด้วยขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนที่ตั้งในแต่ละขั้นตอนสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงทักษะ 5 ทักษะ และส่งเสริมพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงดังผลการวิจัยในครั้งนี้ที่คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 และมีนักเรียนผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริณ หนันชัยบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อังคณา ตุงคะสมิต อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จตุภูมิ เขตจัตุรัส อาจารย์ประจำสาขาวิชาการวัดและการประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นางอัจฉรา ผดุงพล ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสตรีชัยภูมิ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ และกรุณาให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนตรวจสอบข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณ นางสาวสุนิษา คำสะอาด ผู้ช่วยวิจัย พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนสตรีชัยภูมิ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และเอกสารงานวิชาการ ตลอดจนการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ ท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพล อาจอินทร์ ท่านรองศาสตราจารย์ จุมพล ราชาวิจิตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑา ชุ่มสุคนธ์ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ทิตนา เขมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ธนิช เลิศชาญฤทธ์. (2554). *การจัดการทรัพยากรวัฒนธรรม*. กรุงเทพฯ: ศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร (องค์การมหาชน).
- เจียร์ พานิช. (2544). *4MAT การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พันธ์ ทองชุมนุม. 2547. *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พิมพ์ญาดา ศิริรัฐพรวัฒนา. (2559). การพัฒนาทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงและทักษะการคิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการ. ปรินญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2558). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ไพฑูริย์ สีนลารัตน์. (2558). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวให้พ้นกับดักของตะวันตก*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภพ เลหาไพบูลย์. 2540. *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ลักขณา อันตะปัญญา(2556). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) ร่วมกับเทคนิค ผังกราฟิก (Graphic Organizer Technique). ปรินญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **แนวการจัดการเรียนรู้โปรแกรมเสริม พสวท. สำหรับผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดศรีบูรณะคอมพิวเตอร์-การพิมพ์.
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). **การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ**. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์.
- สมรัก อินทรวิมลศรี (2560). ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อโณทัย ดาทอง. (2558). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แผนผังช่วยในอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- อภิญญา เพื่อดสิงห์. (2560). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหารายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education ร่วมกับสถานการณ์จำลอง. ปริญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- แอมโบรส ซูซาน เอ. (2556). **การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21: 7 หลักการสร้างนักเรียนแห่งอนาคตใหม่**. กรุงเทพฯ: พลัับลิซซิง เฮ้าส์.
- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1967). **Science: A Process Approach- Commentary for Teacher**. Washington D.C.: AAAS.
- Ausubel, D. P., J. D. Novak, & H. Hanesian, (1978). **Educational psychology: A cognitive view**. 2nd edition. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Goodnough, K., & Woods, R. (2002). Student and Teacher Perceptions of Mind Mapping: A Middle School Case Study.
- Riley, S. (2016). **6 Steps to creating a STEAM-centered classroom**. Retrieved on 16th September, 2018 from <http://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom>