

บทความวิจัย (Research Article)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

THE EFFECT OF INQUIRY LEARNING CYCLE (7E) WITH SCIENTIFIC EVIDENCE AND GRAPHIC ORGANIZER TECHNIQUE ON ANALYSIS THINKING AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF GRADE 10th STUDENTS

Received: April 15, 2017

Revised: May 21, 2017

Accepted: May 22, 2017

เนตรดาว สร้อยแสง^{1*} ชนวัฒน์ ตันติวรานารักษ์² และเชษฐ ศิริสวัสดิ์³
Natedaw Soisang^{1*} Chanawat Tuntivaranuruk² and Chet Sirisawat³

^{1,2}คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

^{1,2}Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20130, Thailand

³Faculty of Education, Burapha University, Chonburi 20130, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: natedaws@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นโดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก และกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 88 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่มเครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t – test) ผลการวิจัย พบว่า

1. การคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เทคนิคผังกราฟิก
ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์

Abstract

The purpose of this research was to compare analytical thinking and biology learning achievement in topic of homeostasis of grade 10 students. Between experimental group learned through inquiry learning cycle (7E) with scientific evidence and graphic organizer technique and control group learned through conventional teaching. The sample for this research consisted of 88 grade 10 students of Surattittaya School Surat Thani province. They were randomly selected for participating in the experiment using cluster random sampling method. The research instruments consisted of lesson plans based on inquiry learning cycle (7E) with scientific evidence and graphic organizer technique, lesson plans based on conventional teaching, analysis thinking test and biology learning achievement test. The statistics used for data analysis were average, standard deviation, and t-test. The research findings were as following:

1. The posttest mean scores of analysis thinking of grade 10 student who learned through inquiry learning cycle (7E) with scientific evidence and graphic organizer technique higher than those who learned through conventional teaching at .05 level of significance.

2. The posttest mean scores of biology learning achievement of grade 10 student who learned through inquiry learning cycle (7E) with scientific evidence and graphic organizer technique higher than those who learned through conventional teaching at .05 level of significance.

Keywords: Inquiry Cycle Learning (7E), Graphic Organizer Technique, Scientific Evidence, Analysis Thinking

บทนำ

ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้สามารถดำเนินชีวิต และมีส่วนร่วมในสังคมที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตในทุกระดับเป้าหมายผลของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเน้นให้ความสำคัญกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนร่วมในสังคม และผลของการศึกษาจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิด ที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Klainil, et al., 2008, p.11)

ผลการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) พบว่า ในปี 2009 และ 2012 นักเรียนไทยได้คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ เฉลี่ย 425 และ 444 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน และผลจากการประเมินตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติทำให้นักเรียนไทยยังขาดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (PISA Thailand the institute for the Promotion of Teaching Science, 2014)

จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสุราษฎร์พิทยา ประจำปีการศึกษา 2557 และ 2558 ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 37.91 และ 39.38 ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ คือ 32.54 และ 33.40 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยทั้งของระดับโรงเรียนสุราษฎร์พิทยาและคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศ อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดการคิดวิเคราะห์และการคิดขั้นสูง เนื่องจากแบบทดสอบ O-NET เป็นแบบทดสอบที่ไม่เน้นความรู้ความจำ แต่จะเน้นความคิดรวบยอด การคิดวิเคราะห์และการคิดขั้นสูง (National Institute of Educational Testing Service, 2015) การสอนการคิดจึงมีความสำคัญเพราะการคิดเป็นกระบวนการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติ การประยุกต์ การต่อยอดความรู้ และที่สำคัญการคิดจะนำไปสู่การแก้ปัญหา และหาทางออกให้กับเรื่องต่างๆ กล่าวได้ว่าคุณภาพของชีวิตขึ้นอยู่กับความคิด (Amornchewin, 2011, p.5)

จากประสบการณ์ในการสอนชีววิทยาของผู้วิจัย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือการใช้ประจักษ์พยานเพื่อนำมาเป็นพื้นฐานของการคิด การลงข้อสรุป การบอกเล่า และการสื่อสารจากเหตุผลดังกล่าวอาจจะเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้นักเรียนขาดการคิดวิเคราะห์เห็นได้จากการทำแบบทดสอบซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการตีความ การหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปในการตอบคำถามทำให้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาพื้นฐานร้อยละ 68.38 นอกจากนี้ จากการทำแบบทดสอบกลางภาค และปลายภาคในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีเนื้อหาที่เรียนทั้งหมด 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต และพันธุกรรมและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่มีคะแนนต่ำสุด คือ ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษารูปแบบและเทคนิคในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต โดยศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ของ Eisenkraft (2003, p.57) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้ ตรวจสอบความรู้ (Elicit) เร้าความสนใจ (Engage) สำรวจค้นหา (Explore) อธิบาย (Explain) ขยายความรู้ (Elaborate) ประเมินผล (Evaluate) นำความรู้ไปใช้ (Extend) เพราะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการสอนที่เป็นแนวทางการยกระดับความเข้าใจ มโนทัศน์ของวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจใฝ่เรียนรู้สูงขึ้น (Patrick, et al. as cited in Nuangchalem, 2015, p.136) และเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการคิด เนื่องจากเป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Dechachub, 2005, p.69) นอกจากนี้ ไดอะแกรมหรือแผนภาพเป็นเทคนิคหรือเครื่องมือที่ใช้สำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการเตรียมการสอนของครู ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิด และแสดงแบบของการคิดที่เข้าใจง่ายสามารถอธิบาย และมองเห็นได้อย่างเป็นระบบชัดเจน เกิดความคงทนของการเรียนรู้เพราะนักเรียนจะเห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนไปทั้งหมด อีกทั้งยังช่วยพัฒนาสมองทั้งสองซีกของนักเรียนอีกด้วย (Dechachub, et al., 2009, p.176) จากการศึกษางานวิจัยของ Pomsang, et al. (2014); Fongjan (2015) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

จากสภาพการณ์ข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกมาใช้ในการพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกกับกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกกับกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดเรียนรู้แบบปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุราษฎร์พิทยาสภาเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แบบปกติ จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 177 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุราษฎร์พิทยาสภาเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 88 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกตัวอย่าง โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม โดยกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 6 จำนวน 43 คน และกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 7 จำนวน 45 คน
3. ตัวแปรที่ศึกษา
 - 3.1 ตัวแปรต้นได้แก่การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นโดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
 - 3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) การคิดวิเคราะห์ และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เรื่องดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ในวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 16 ชั่วโมงโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (true experimental design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้มาจากการสุ่ม มีการวัดก่อนและหลังให้สิ่งทดลอง (randomized control group pretest – posttest design) ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกและกลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้มี 4 ชนิด ได้แก่
 - 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นโดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก จำนวน 9 แผนรวม 16 ชั่วโมง เป็นการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่

1.1.1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ขั้นนี้ครูจะทำหน้าที่การตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิม

1.1.2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นนี้ครูจะทำหน้าที่นำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่นำเสนอ เพื่อให้นักเรียนเกิดประเด็นคำถาม และนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบต่อไป

1.1.3 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการตรวจสอบจะเป็นกิจกรรมการทดลองหรือเป็นการลงมือปฏิบัติในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้ข้อมูลหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในชั้นอธิบาย โดยนักเรียนรู้อยู่จะต้องใช้ประจักษ์พยานใดเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในชั้นอธิบาย

1.1.4 ชั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นนี้นักเรียนจะสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน สื่อสารข้อสรุปจากประจักษ์พยานออกมาอย่างชัดเจนให้ผู้รับข่าวสารเข้าใจได้ โดยนำเสนอผลการอธิบายเป็นรายการกลุ่มโดยใช้ผังกราฟิก ครูจะเป็นผู้กำหนดรูปแบบของแผนผังเพื่อเป็นทางเลือกให้กับนักเรียน (แผนผังที่ครูกำหนดอาจมีมากกว่า 1 แบบ เพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม)

1.1.5 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ เป็นการใช้นำประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อนำเสนอแนวคิดดังกล่าว

1.1.6 ชั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่า นักเรียนรู้อะไรบ้าง และนำเสนอความรู้ของตนเองโดยใช้ผังกราฟิกในขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้กำหนดรูปแบบของผังกราฟิกเพียงหนึ่งรูปแบบที่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระหรือความรู้นั้นๆ

1.1.7 ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ขั้นนี้ครูจัดเตรียมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติตามคู่มือครู สสวท. ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบขึ้นนำขึ้นกิจกรรม และขั้นสรุป โดยใช้คำถามและจัดกิจกรรมต่างๆ ตามคู่มือครู จำนวน 9 แผนรวม 16 ชั่วโมง

1.3 แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ เพื่อวัดความสามารถของนักเรียน 3 ด้านตามแนวคิดของ Bloom คือ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการเป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 15 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .50 ถึง .74 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .36 ถึง .57 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.76

1.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต เพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .41 ถึง .74 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .21 ถึง .71 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.85

2. วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน

2.2 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

2.3 ดำเนินสอนกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานเรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ใช้เวลาสอน 16 ชั่วโมง โดยกลุ่มทดลองสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกกลุ่มควบคุมสอนโดยแผนการจัดการเรียนรู้การสอนแบบปกติโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

2.4 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน และนำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3. วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนจากการทำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ แบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต และวิเคราะห์หาค่าสถิติโดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ Independent sample

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (ตาราง 1)

ตาราง 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มควบคุม	43	9.53	1.89		
กลุ่มทดลอง	45	11.51	1.88	4.913	.000

จากตาราง 1 พบว่า การคิดวิเคราะห์หลังเรียนเรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นโดยเน้นการใช้ ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก มีคะแนนการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาหลังเรียน เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (ตาราง 2)

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$	S.D.	t	p
กลุ่มควบคุม	43	19.58	4.06		
กลุ่มทดลอง	45	22.20	4.71	2.790	.006

จากตาราง 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การคิดวิเคราะห์หลังเรียน เรื่อง ดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดตั้งแต่การตอบคำถามในขั้นการตรวจสอบความรู้เดิม มีการกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์คำตอบจากคำถามหรือประเด็นที่น่าสนใจ ในขั้นสร้างความสนใจ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ขั้นการสำรวจค้นหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องวางแผนและกำหนดแนวทางการตรวจสอบสมมติฐานที่วางไว้ โดยเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Dechachub (2005, p.69) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการคิดเนื่องจากเป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นอกจากนั้นในขั้นของการสำรวจค้นหานี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมหลักฐานหรือประจักษ์พยานที่ค้นพบด้วยตนเองไปใช้ในขั้นการอธิบายต่อไป เพื่อให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ตรงและเกิดกระบวนการสร้างความรู้ไม่ใช่อ้างอิงความรู้จากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งความรู้อื่นเพียงอย่างเดียว และให้นักเรียนเห็นความสำคัญกับประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์และมีการเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอข้อมูลในขั้นอธิบาย ซึ่งขั้นอธิบายนี้เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่ ในขั้นการขยายความรู้นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่นๆ และสามารถนำมาสรุปวิเคราะห์เป็นหลักการขององค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นได้ ในขั้นประเมินผล ช่วยให้นักเรียนได้นำความรู้ทั้งหมดสรุปให้ครูและเพื่อนได้ตรวจสอบอีกครั้ง และในขั้นนำความรู้ไปใช้ทำให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ที่ได้ทั้งหมดไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับโอกาสและเหตุการณ์ต่างๆ สอดคล้องกับ Sinlarat, et al. (2014, p.27) ที่กล่าวว่า การจัดการ

เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ ที่เป็นความสามารถ ในการแยกแยะเพื่อสืบค้น ข้อเท็จจริงของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ทำความเข้าใจองค์ประกอบของสิ่งนั้น ประยุกต์ใช้ ประเมิน โดยมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ และใช้กระบวนการตรรกวิทยาในการสรุปตัดสินใจได้อย่าง ถูกต้องและสมเหตุสมผล ผลการวิจัยในครั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Samongdee (2013) ซึ่งพบว่า การจัดการ กิจกรรมการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน ส่งผลให้การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน โดยเน้นประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิค ผังกราฟิกมากำหนดให้นักเรียนใช้ในขั้นตอนอธิบายและขั้นประเมินผล ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด และช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาสาระของบทเรียนได้ดีขึ้น (Kanchana, 2010, p.40) ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัย Pomsang, et al. (2014) ซึ่งพบว่า การจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับการใช้เทคนิคผังกราฟิกส่งผลให้การคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้ตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทาง วิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการถ่ายโอนความรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน มีการเฝ้าความสนใจเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมก่อให้เกิดความสงสัยและเกิดความขัดแย้งทางความคิด ซึ่งจะทำให้นักเรียนต้องการแสวงหาคำตอบด้วยการลงมือปฏิบัติ สำรวจ ตรวจสอบ ค้นหาข้อมูลและข้อเท็จจริง และแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนนำ ประจักษ์พยานเชิงประจักษ์ที่ได้จากขั้นสำรวจค้นหาเชื่อมโยงและใช้ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ทำให้นักเรียนรู้ ว่าจะต้องใช้ประจักษ์พยานใด เพื่อนำมาใช้ในการอธิบาย และสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้อย่างมีความหมาย และยังเน้น ให้นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ในเหตุการณ์อื่น และชีวิตประจำวันได้อีกด้วย ซึ่งกระบวนการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ที่คงทนถาวร เห็นคุณค่าและความสำคัญของสิ่งที่ได้เรียนรู้ มีความ สนใจและสนุกกับการเรียน และสามารถประยุกต์สิ่งที่ได้เรียนรู้ไปสู่การสร้างประสบการณ์ของตนเองได้ (Weangwalai, 2013, p.149) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niamthiang, et al. (2016) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบ เสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน ควบคู่กับเทคนิคช่วยจำหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน โดยเน้นประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเทคนิคผังกราฟิกมากำหนดให้นักเรียนใช้ในขั้นตอนอธิบายและขั้นประเมินผล ช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่างๆ จำนวนมาก เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาสาระได้

ง่ายขึ้น เร็วขึ้นและจดจำได้นานขึ้น ช่วยให้นักเรียนจัดข้อมูลให้เป็นระบบระเบียบอยู่ในรูปแบบที่อธิบายและเข้าใจได้ง่ายทำให้เกิดการเรียนรู้โน้ตค้นได้ง่ายขึ้น และเป็นการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Khammani, 2012, p.388) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Conditorio (2010) พบว่า การใช้เทคนิคผังกราฟิกในการเรียนวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาได้อย่างละเอียดมากขึ้นและไม่เกิดแนวคิดผิดพลาดในการเรียนรู้โน้ตค้น

จากเหตุผลข้างต้นที่กล่าวมาจึงเป็นสิ่งที่สนับสนุนว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกจะส่งผลให้เกิดการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง คุณภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนสูงขึ้นและสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Fongjan (2015) ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อและการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ขั้นการสำรวจค้นหานักเรียนจะให้ความสนใจและความสำคัญกับประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากกิจกรรมการทดลองมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ ดังนั้น บทเรียนใดที่สามารถทำการทดลองได้ครูควรนำกิจกรรมการทดลองมาใช้ในขั้นสำรวจค้นหา

1.2 ผังกราฟิกมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีวัตถุประสงค์วิธีการเขียนและแตกต่างกัน ดังนั้น ครูต้องชี้แจงวัตถุประสงค์และอธิบายการเขียนแผนผังกราฟิกแต่ละแบบให้นักเรียนเข้าใจก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนสามารถสื่อสารข้อมูลผ่านผังกราฟิกได้ถูกต้องเหมาะสมกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 การจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาใช้เวลาจำกัด และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก ต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก ดังนั้น ครูควรกำหนดเวลาให้ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนรักษาเวลาตามที่กำหนดให้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปตามแผนที่กำหนดไว้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก ในตัวแปรอื่นๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใดจากการจัดการเรียนรู้

2.2 ควรศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้
 ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกเพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ชีววิทยาในบทเรียนที่มีธรรมชาติของเนื้อหาใกล้เคียงกับดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

2.3 ควรศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น โดยเน้นการใช้
 ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิก และการเรียนรู้แบบกลุ่ม เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้
 พบว่า นักเรียนจะเกิดความกระตือรือร้น การอภิปราย การโต้แย้งหาข้อเท็จจริงเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่างๆ
 ในการทำกิจกรรมกลุ่มซึ่งอาจจะส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน

References

- Amornchewin, B. (2011). *Thinking school*. Bangkok: Parbpim. (in Thai)
- Condidorio, K. (2010). *The usefulness of graphic organizers in enhancing science learning*
 (Master thesis). New York: St. John Fisher College.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5 model. *The Science Teacher*, 70(6), 56 – 59.
- Dechachub, P. (2005). *Behavioral science teaching*. Bangkok: Institute of Academic development.
 [in Thai]
- Dechachub, P., Yindeesuk, P., Kiettitanabumroong, V., Nirachorn, S., Withayaniwararat, T.,
 Supauthumporn, N., ..., & Tunggaiaititthan, A. (2009). *Science teaching for
 understanding with backward design*. Bangkok: Institute of Academic development.
 [in Thai]
- Fongjan, W. (2015). *Effects of inquiry learning cycle (7E) with graphic organizers technique on
 “endocrine system” for eleventh grade students* (Master thesis). Chonburi: Burapha
 University. [in Thai]
- Kanchana, N. (2010). *Preliminary technical and teaching skills Part 2* (2nd ed.). Bangkok:
 Charansanitwong Printing. [in Thai]
- Klainil, S., Deachsri, P., & Pramojanee, A., (2008). *Science competencies for tomorrows world:
 PISA 2006/PISA Thailand by the institute for the promotion of teaching science and
 technology and organization for economic co-operation and development*. Bangkok:
 The institute for the Promotion of Teaching Science. [in Thai]

- Khammani, T. (2012). *Science teaching: Knowledge for the learning process effective* (15th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- National Institute of Educational Testing Service. (2015). *Assessment of student achievement in basic education, Quality Education Since 2015*. Bangkok: Ministry of Education. [in Thai]
- Niamthiang, S., Singlop, S., Panprueksa, K., Sirisawat, C., & Mekiyanon, M. (2016). Effect of 7E inquiry learning cycle activities and mnemonics on endocrine system for Mattayomsuksa 5 students. *Journal of Education Naresuan University*, (18)2, 161- 170. [in Thai]
- Nuangchalem, P. (2015). *Learning Science in the 21st Century*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- PISA Thailand the institute for the Promotion of Teaching Science. (2014). *PISA 2012 assessment results mathematics reading and science*. Bangkok: The institute for the Promotion of Teaching Science. [in Thai]
- Pomsang, S., Pinsuwan, D., & Chaowakeeratipong, N. (2014). The effects of 5E inquiry learning management together with graphic organizer on science learning achievement and critical thinking ability of Mathayomsuksa VI students at Mahavajiravudh School in Songkhla Province. *STOU Education journal*, 7(1), 160-173. [in Thai]
- Samongdee, T. (2013). *The effect of biology learning in genetic inheritance by using the 7E-learning cycle on learning achievement, analytical thinking and scientific attitudes of Mathayomsuksa four students* (Master thesis). Chonburi: Burapha University. [in Thai]
- Sinlarat, P., Chouawakeeratipong, N., Jindanurak, T., Sutthirat, C., & Fakkao, S. (2014). *Analysis thinking: How to teach*. Bangkok: Chulalongkorn University press. [in Thai]
- Weangwalai, S. (2013). *Learning Management*. Bangkok: Odeon Store. [in Thai]