

ผลการใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา ในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี*

Effects of Using 5E Learning Cycle with Metacognition Experience in Genetics Laboratory for Undergraduate Students

นัตพงษ์ อนงค์เวช (Nattapong A-nongwech)**

ชนินันท์ พุกษ์ประมุล (Chaninan Pruekpramool)***

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาที่มีต่อความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มรัตนโกสินทร์แห่งหนึ่ง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา แบบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญา สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน

ผลการวิจัยสรุปผลได้ดังนี้

นักศึกษาที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังส่งเสริมให้นักศึกษามีการคิดเชิงอภิปัญญาเพิ่มขึ้นทุกด้าน ซึ่งด้านที่ผู้เรียนสามารถสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้มากที่สุดคือ ด้านความรู้เกี่ยวกับกลวิธีและการแก้ไขปัญหา

คำสำคัญ : วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน, ประสบการณ์ทางอภิปัญญา, ปฏิบัติการพันธุศาสตร์

* เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

A paper submitted in partial fulfillment of the requirements for the master of education degree in science education

** นิสิตหลักสูตรหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, E-mail: nattapong.anongwech@g.swu.ac.th

M.Ed. Student in Science Education, Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: chaninan@g.swu.ac.th

Assistant Professor Dr., Science Education Center, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

Abstract

The purpose of this research was to study the effects of using 5E learning cycle with metacognition experience toward scientific concept understanding and metacognition of undergraduate students in genetics laboratory subject. The samples used in this study were 32 undergraduate students of a rajabhat university in Rattanakosin group in the first semester of 2017 academic year using purposive selection. The research instruments consisted of 5E learning cycle with metacognition experience lesson plans, scientific concept test and metacognition test. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation and t-test for dependent samples.

The results were summarized as follows:

The posttest mean scores of students' scientific concept understanding and metacognition after using the 5E learning cycle with metacognition experience were statistically significantly higher than the pretest mean score at .05 level. In addition, the learning steps could encourage students to develop higher level of metacognition in all aspects. The aspect which reflected the highest score was knowledge of strategies and problem solving.

Keywords: 5E learning cycle, Metacognition experience, Genetics laboratory.

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญ ทำให้มนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว ยิ่งขึ้น โดยการนำวิทยาศาสตร์ไปพัฒนาสิ่งต่าง ๆ สร้างเป็นนวัตกรรมหรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่ตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้องค์ความรู้ที่มีอยู่มาใช้ในการพัฒนา โดยการสร้างองค์ความรู้หรือนวัตกรรมดังกล่าวมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทำงานผ่านกลไกของสมองในการคิดค้นแก้ไขปัญหาที่พบ ประกอบกับการทำงานที่มีลำดับขั้นตอน มนุษย์จึงต้องมีการพัฒนาวิธีคิด โดยใช้ทักษะต่าง ๆ ในการแสวงหาความรู้ จึงจำเป็นต้องปลูกฝังกระบวนการคิดให้กับเยาวชนตั้งแต่ในวัยเรียน ซึ่งการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้กำหนดให้การเรียนรู้ในชั้นเรียนเป็นส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิด ซึ่งจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน และส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำเอาทักษะต่าง ๆ มาใช้ในการพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ได้ โดยมาตรา 24 เสนอให้ผู้สอนจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะต้องมีการจัดเตรียมเนื้อหาและกิจกรรมให้สามารถปรับกระบวนการเรียนรู้ให้เข้ากับความแตกต่างของผู้เรียนทุกกลุ่มได้ รวมถึงต้องจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด สามารถเชื่อมโยงกับเนื้อหาผนวกกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาที่พบได้ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2542: 3) ซึ่งเป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้สื่อการเรียนรู้รอบข้างได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542: 7-8)

การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและการทำงานผ่านสมอง ซึ่งหากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิด โดยสอดแทรกเข้าไปในรายวิชาปฏิบัติการ จะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดที่ดียิ่งขึ้น สามารถเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนมากกว่าการเรียนรู้รูปแบบเดิม ทำให้ผู้เรียนได้รู้จักการคิดและการทำงานที่เป็นระบบ สอดคล้องกับเบทเทิล และโรลนิก (Bettle and Rollnick, 2003: 43-69) ที่ทำการศึกษเกี่ยวกับจัดการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดเชิงอภิปรายในรายวิชาปฏิบัติการ โดยสอดแทรกการคิดเชิงอภิปรายเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนแบบปกติให้แก่ผู้เรียน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดที่เป็นระบบที่ดีขึ้น

เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน ผู้สอนมักจัดการเรียนรู้โดยเน้นเนื้อหาแบบท่องจำมากกว่า การให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ อย่างไรก็ตามแม้จะเรียนรู้ในรายวิชาปฏิบัติการแต่ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้อย่างคงใช้รูปแบบการท่องจำผ่านการปฏิบัติตามคู่มือเช่นกัน ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในคู่มือโดยตรง โดยไม่ส่งเสริมให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้และกระบวนการคิด (รัชนิ อมาตยกุล, 2556: เว็บไซต์; นวลจิตต์ เขาวงกตพิงค์, 2560: 484-505) ซึ่งไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของรายวิชาที่มุ่งเน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักการใช้เครื่องมือและสามารถเลียนแบบบทาบทนักวิทยาศาสตร์ได้ จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาหรือหาวิธีการอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากบทเรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งเมื่อพบเจอปัญหาที่ยากและอยู่นอกเหนือบทเรียน จะส่งผลต่อการเชื่อมโยงการคิดในการแก้ปัญหาได้ยากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับวรรณทิพา รอดแรงคำ (2544: 29) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้สอนส่วนใหญ่ยังขาดการพัฒนาด้านเทคนิคการสอนโดยยังจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบเดิม เน้นเนื้อหาจากคู่มือครู ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะ และไม่ทำให้เกิดกระบวนการคิดเชื่อมโยงความรู้ ความรู้ที่เกิดขึ้นจึงปรากฏแค่ในคู่มือ ผู้เรียนไม่เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ และไม่ได้รับการฝึกให้เกิดกระบวนการคิดในการแก้ไขปัญหา จึงเป็นปัญหาสำคัญของผู้เรียนเมื่อต้องเผชิญหน้ากับการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และเป็นอุปสรรคต่อการเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในการทดลอง

พันธุศาสตร์เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่มีงานวิจัยยอมรับว่าเป็นเนื้อหาสำคัญอย่างมาก ที่เกี่ยวกับการดำเนินชีวิตของผู้คนด้านต่าง ๆ เช่น ด้านเศรษฐกิจ ด้านการคมนาคม ด้านเกษตรกรรม เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาในปัจจุบันจึงต้องให้ความสำคัญกับเนื้อหาพันธุศาสตร์ ซึ่งรายละเอียดของเนื้อหาต้องอาศัยการปฏิบัติการผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเข้าใจ แต่เนื่องด้วยในรายวิชาปฏิบัติการ พันธุศาสตร์ของสถานศึกษาที่ทำการวิจัยมีรูปแบบของกิจกรรมในการเรียนรู้แบบปฏิบัติการผ่านคู่มือปฏิบัติการที่มีรายละเอียดในการปฏิบัติการอย่างชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาในรายวิชา พบว่า กิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ค่อนข้างน้อยและไม่เพียงพอต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งหากจัดการเรียนรู้ที่มีลำดับขั้นตอน จะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ได้ดีขึ้น โดยสอดคล้องกับมอลล์ และแอลเลน (Moll and Allen, 1987 อ้างถึงในพินิจ ขำวงษ์ และคณะ, 2555: 84-95) ที่ได้เสนอว่า เนื้อหารายวิชาพันธุศาสตร์เป็นหัวข้อที่ยากทั้งต่อการจัดกระบวนการสอนของครู และการเรียนรู้ของนักเรียน จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการส่งเสริมการคิด พบว่า การคิดเชิงอภิปราย (Metacognition)

เป็นกระบวนการที่ทำให้บุคคลได้รู้ถึงความคิดของตนเอง โดยการคิดเชิงอภิปัญญาประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ด้านความรู้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ ความรู้เกี่ยวกับบุคคล (Person knowledge) ความรู้เกี่ยวกับงาน (Task knowledge) และความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการทำงานหรือการแก้ไขปัญหา (Strategy knowledge) และด้านประสบการณ์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ การวางแผน (Planning) การกำกับติดตาม (Monitoring) และการประเมิน (Evaluation) โดยสามารถส่งผลให้บุคคลควบคุมตนเองในการทำกิจกรรมและการทำงานได้ ส่งผลให้การทำงานดำเนินไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ (Flavell, 1979: 906-911) และจากการศึกษาของโฟการ์ตี และโอเปกา (Fogarty and Opeka, 2003) ที่กล่าวไว้ว่า การคิดเชิงอภิปัญญาเป็นกระบวนการที่จำเป็นในยุคอนาคต เพราะเป็นกลวิธีที่ช่วยให้ผู้เรียนได้รู้ถึงวิธีการเรียนรู้และวิธีการคิดของตน อีกทั้งการคิดเชิงอภินิปัญญายังสามารถพัฒนาด้านสติปัญญาให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียนยังคงต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอน ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนนั้นเป็นส่วนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสืบเสาะหาความรู้ โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่เรียกว่า วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Learning cycle) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน (Bybee, et al., 1989: 1-2; สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 219-220) คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญาและกระบวนการคิด ทำให้เกิดแรงจูงใจมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ ซึ่งจะช่วยให้จดจำความรู้ได้ระยะเวลานานและสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาถ่ายทอดได้ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544: 73; ดุษฎี ยอดอ่อน, 2555: 7-8; ผ่องพรรณ อวนศรี, 2555: 6-7)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ที่มีต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดผ่านประสบการณ์ทางอภิปัญญา รู้ถึงความคิดและการตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา มีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา มีการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มรัตนโกสินทร์แห่งหนึ่ง ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 350 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มรัตนโกสินทร์แห่งหนึ่ง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยใช้ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์เป็นรายวิชาบังคับ 1 กลุ่มเรียน จำนวน 32 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงอภิปัญญา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด 4 เรื่อง ได้แก่

1. พันธุศาสตร์ตามหลักเมนเดล
2. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
3. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
4. พันธุศาสตร์ประชากรและสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 แบ่งออกเป็น การทดสอบก่อนเรียน (Pretest) 2 ชั่วโมง ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง และทำการทดลองหลังเรียน (Posttest) 2 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นระบบผ่านการคิดที่เป็นลำดับขั้นตอน โดยแทรกขั้นตอนของประสบการณ์ทางอภิปัญญา ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นกำกับติดตาม (Monitoring) และขั้นประเมิน (Evaluating) เข้าไปในวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) และขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถตั้งคำถามจากเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือภาพที่กำหนดให้ จนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น ต้องการที่จะค้นหาคำตอบ ซึ่งผู้เรียนจะได้รับการกระตุ้นด้วยคำถามจากผู้สอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำหนดขอบเขตในการตั้งประเด็นที่ต้องการค้นหาคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ และติดตามกระบวนการคิดของผู้เรียนให้เกิดความชัดเจน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดในสิ่งที่กำลังเรียนรู้ได้อย่างถูกต้องและอยู่ในทิศทางของเป้าหมายในการเรียนรู้

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากขั้นสร้างความสนใจ เมื่อผู้เรียนสามารถตั้งประเด็นคำถามที่ต้องการค้นหาแล้ว ขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะต้องเชื่อมโยงประเด็นที่สงสัยเข้ากับกิจกรรม/ปฏิบัติการ ผู้เรียนร่วมกันระดมสมองในการวางแผนและออกแบบลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรม/ปฏิบัติการตามประเด็นที่กำลังศึกษา โดยร่วมกันอภิปราย กำหนดทิศทางในการค้นหาคำตอบที่ถูกต้อง ลงมือปฏิบัติตามแผนที่ตั้งไว้ในการทำคำตอบและรวบรวมข้อมูล มีกระบวนการกำกับติดตาม ตรวจสอบการทำงานและการปฏิบัติกิจกรรมในการหาคำตอบ อีกทั้งต้องวิเคราะห์ คาดการณ์สภาพปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น ร่วมกันหาแนวทางแก้ไข โดยระดมสมองและสะท้อนแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนด้วยการถามคำถามในการกำหนดทิศทางเพื่อตรวจสอบกระบวนการทำงานของผู้เรียนให้สามารถสะท้อนการคิดของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินกระบวนการทำงานของตนเอง เพื่อหาข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้รับความรู้จากการปฏิบัติการและหาคำตอบจากขั้นสำรวจและค้นหา ซึ่งผู้เรียนจะได้ข้อมูลหรือความรู้ที่พบจากการปฏิบัติการ มาวิเคราะห์และอธิบายผลที่เกิดขึ้น ผนวกกับความรู้ที่ตนมีอยู่มาสรุปเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่หรือองค์ความรู้ที่ถูกต้องผ่านกิจกรรมแกลอรี วอล์ค (Gallery walk) หรือกิจกรรมการนำเสนออื่น ๆ เพื่ออภิปรายหน้าชั้นเรียน และร่วมกันสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ถูกต้อง ผู้สอนจะต้องกระตุ้นโดยใช้คำถามสอบถามให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิด เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ในทิศทางที่ถูกต้อง

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องแสดงความเข้าใจในองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากขั้นที่ผ่านมา โดยจะต้องนำเอาองค์ความรู้ที่ได้รับมาใช้อธิบายสถานการณ์ เหตุการณ์หรือภาพที่ได้รับ โดยจะต้องร่วมกันระดมสมองวางแผนในการนำองค์ความรู้มาอธิบายสถานการณ์ที่ได้รับให้ครอบคลุมและเกิดความเข้าใจ ตลอดจนสามารถอธิบายและถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวได้ ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่ปรับเปลี่ยนแนวคิดที่มีอยู่ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดแนวคิดที่ถูกต้อง รวมถึงการขยายองค์ความรู้เดิมที่มีอยู่ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ผู้สอนทำหน้าที่ในการสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับการตรวจสอบกระบวนการคิดของผู้เรียนผ่านการสะท้อนคิดในสิ่งที่ตนรู้ออกมา ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายใน

ประเด็นที่น่าเสนอ พร้อมทั้งประเมินความครบถ้วนของการนำองค์ความรู้ดังกล่าวมาใช้ และหาวิธีในการแก้ไข ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

1.5 ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) เมื่อผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ที่มากยิ่งขึ้นกว่าเดิมผ่าน กระบวนการคิดที่เป็นระบบในการทำกิจกรรมแล้ว ผู้เรียนจะได้ประเมินความเข้าใจของตนเองตั้งแต่เริ่มต้นเรียนรู้ การทำปฏิบัติการ และการสรุปองค์ความรู้ ร่วมกันวิเคราะห์และวิจารณ์ว่าสอดคล้องกับแนวคิดที่ถูกต้องเพียงใด และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยผู้เรียนจะต้องนำเสนอความคิดและองค์ความรู้ที่ได้รับจากกระบวนการเรียนรู้ผ่านการอภิปรายร่วมกัน การทำแบบทดสอบและการบันทึกหลังการเรียนรู้

2. ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำตอบและคำอธิบายของผู้เรียนที่แสดงถึงแนวคิด ความเข้าใจในการสรุปลักษณะสำคัญของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ โดยจัดกลุ่ม แนวคิดของนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของเฮย์ดาร์ (Haidar, 1997) ได้แก่ แนวคิดถูกต้อง แนวคิด ถูกต้องบางส่วน แนวคิดคลาดเคลื่อน แนวคิดไม่ถูกต้อง และไม่มีแนวคิด

3. การคิดเชิงอภิปัญญา หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลในการรับรู้ พิจารณาไตร่ตรอง และประเมินกระบวนการรู้คิดของตนเอง รวมถึงเลือกกลวิธีที่เหมาะสมในการทำงานทำงานให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ใน การแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม โดยมีรายละเอียดขององค์ประกอบของการคิดเชิงอภินิญา ดังนี้

3.1 ด้านความรู้ คือ ความรู้ที่มีอยู่ในตัวบุคคล เกิดจากกระบวนการทำงานผ่านสมอง ส่งเสริมให้ บุคคลนำความรู้ดังกล่าวนี้ไปใช้ในการพัฒนางาน ซึ่งแบ่งออกเป็น ความรู้เกี่ยวกับบุคคล ความรู้เกี่ยวกับงาน และ ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการทำงานหรือการแก้ไขปัญหา

3.2 ด้านประสบการณ์ คือ การใช้กลวิธีในการควบคุมตนเองให้สามารถทำงานได้อย่างบรรลุ วัตถุประสงค์ ซึ่งแบ่งออกเป็น การวางแผน การกำกับติดตาม และการประเมิน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทาง อภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ จำนวน 4 แผน ประกอบไปด้วย 4 เรื่อง คือ พันธุศาสตร์ตามหลัก ของเมนเดล การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และพันธุศาสตร์ประชากรและสมดุล ฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ด้านวัดและประเมินผลการศึกษา 1 ท่าน และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน รวม 4 ท่าน โดยพิจารณา ด้านความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ อยู่ระหว่าง .50 - 1.00 ความสอดคล้อง ของแผนการจัดการเรียนรู้กับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ อยู่ระหว่าง .50 - 1.00 ความถูกต้องของ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 1.00 และความเหมาะสมของแผนการจัดการ เรียนรู้ต่อการนำไปใช้ อยู่ระหว่าง 4.50 - 5.00

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีทั้งหมด 2 ฉบับ ได้แก่

2.1 แบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น (Two-tier diagnostic test) โดยมีสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์กำหนดให้วิเคราะห์ และมีตัวเลือกในส่วนที่ 1 เลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ถูกต้องและไม่ถูกต้อง) และเลือกเหตุผลประกอบสนับสนุนข้อเท็จจริง จำนวน 5 ตัวเลือก โดยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ด้านวัดและประเมินผลการศึกษา 1 ท่าน และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน รวม 4 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง .60 - 1.00 ความถูกต้องของเนื้อหาที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง .50 - 1.00 ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมีค่าดัชนี ความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง .50 - 1.00 ค่าความยาก อยู่ระหว่าง .25 - .80 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .20 - .70 และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (Kuder-richardson 20 หรือ KR-20) ของแบบทดสอบ เท่ากับ .74

2.2 แบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญา ใช้สำหรับประเมินกระบวนการคิดของบุคคลซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการกำหนดทิศทางในการทำงานหรือการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ด้านความรู้ ประกอบไปด้วย 3 ด้านย่อย คือ ความรู้เกี่ยวกับบุคคล ความรู้เกี่ยวกับงาน และความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการทำงานหรือการแก้ไขปัญหา และด้านประสบการณ์ ซึ่งมี 3 ด้านย่อย คือ การวางแผน การกำกับติดตาม และการประเมิน โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญาขึ้นเป็นแบบเขียนตอบ (Open-ended questions) ซึ่งประกอบไปด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 4 สถานการณ์ ๆ ละ 14 ข้อ โดยแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญา มีความถูกต้องของเนื้อหาซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ความสอดคล้องของลำดับชั้นของประสบการณ์ทางอภิปัญญาและข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง .75 - 1.00 ความเหมาะสมในการนำไปใช้และระดับชั้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของแอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบทดสอบ เท่ากับ .97

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยโดยใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) แบบ One-group pretest-posttest design (ลิ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 249) โดยมีขั้นตอนของการวิจัย ดังนี้

1. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ คือ แบบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญา

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา จำนวน 4 แผนๆ ละ 3 ชั่วโมง รวมใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

3. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากการเรียนรู้ด้วยแบบทดสอบฉบับเดิม 2 ฉบับ คือ แบบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญา

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 147-148) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา

ผลการเปรียบเทียบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	\bar{x}	S.D.	df	t	p
ก่อนเรียน	32	60	2	21	13.66	5.88	31	-3.59*	.001
หลังเรียน	32	60	10	32	19.31	6.01			

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 พบว่า ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา โดยภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในแต่ละหัวข้อ พบว่า คะแนนความเข้าใจแนวคิดของผู้เรียนในแต่ละเนื้อหาส่วนใหญ่มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละเนื้อหา

แนวคิด	เนื้อหา	การเปรียบเทียบ	n	คะแนนเต็ม	Min	Max	\bar{x}	S.D.	df	t	p
พันธุศาสตร์ของเมนเดล	ลักษณะทางพันธุกรรม	ก่อนเรียน	32	15	.00	9.00	4.03	2.26	31	-2.25*	.031
		หลังเรียน	32	15	.00	12.00	5.56	3.29			
	ยีน	ก่อนเรียน	32	12	.00	7.00	3.03	2.10	31	-.27	.785
		หลังเรียน	32	12	.00	6.00	3.19	1.94			
	อัลลีล	ก่อนเรียน	32	6	.00	6.00	2.84	1.80	31	1.12	.271
		หลังเรียน	32	6	.00	6.00	2.50	1.48			
โครโมโซม	ก่อนเรียน	32	9	.00	3.00	.66	1.20	31	-3.72*	.001	
	หลังเรียน	32	9	.00	6.00	2.28	2.33				
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	การแบ่งเซลล์	ก่อนเรียน	32	6	.00	4.00	.50	.950	31	-5.00*	.000
	แบบไมโทซิส	หลังเรียน	32	6	.00	4.00	1.94	1.58			
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	การแบ่งเซลล์	ก่อนเรียน	32	6	.00	.00	.81	1.12	31	-2.58*	.015
	แบบไมโอซิส	หลังเรียน	32	6	.00	5.00	1.66	1.70			
พันธุศาสตร์ประชากรและสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก	พันธุศาสตร์ประชากร	ก่อนเรียน	32	6	.00	5.00	1.78	1.62	31	-1.11	.277
		หลังเรียน	32	6	.00	6.00	2.19	1.60			

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา ในแต่ละเนื้อหาทยอยตามกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ พบว่า เนื้อหาทยอย เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื้อหาทยอยเรื่อง ยีน และพันธุศาสตร์ประชากร มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเนื้อหาทยอย เรื่อง อัลลีล มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนและหลังเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 147-148) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา

ผลการเปรียบเทียบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	\bar{x}	S.D.	df	t	p
ก่อนเรียน	32	168	0	33	9.78	8.78	31	-4.05*	.000
หลังเรียน	32	168	0	50	22.25	15.71			

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 พบว่า การคิดเชิงอภิปัญญาของผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา โดยภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์การคิดเชิงอภิปัญญาในแต่ละด้าน พบว่า ระดับการคิดเชิงอภิปัญญาของผู้เรียนในแต่ละด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดการคิดเชิงอภิปัญญาก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละด้าน

องค์ประกอบของการคิดเชิงอภิปัญญา	องค์ประกอบย่อย	การเปรียบเทียบ	n	คะแนนเต็ม	Min	Max	\bar{x}	S.D.	df	t	p
ด้านความรู้	ความรู้เกี่ยวกับบุคคล	ก่อนเรียน	32	36	0	13	3.31	3.32	31	-1.87	.071
		หลังเรียน	32	36	0	13	5.03	3.76			
	ความรู้เกี่ยวกับงาน	ก่อนเรียน	32	48	0	10	1.84	2.78	31	-3.48*	.001
		หลังเรียน	32	48	0	13	5.16	4.51			
	ความรู้เกี่ยวกับกลวิธี	ก่อนเรียน	32	48	0	0	2.25	1.98	31	-4.90*	.000
		หลังเรียน	32	48	6	19	6.78	5.20			
ด้านประสบการณ์	การวางแผน	ก่อนเรียน	32	12	0	5	1.66	1.13	31	-1.95	.060
		หลังเรียน	32	12	0	7	2.44	1.66			
	การกำกับติดตาม	ก่อนเรียน	32	12	0	4	.53	1.05	31	-3.36*	.002
		หลังเรียน	32	12	0	4	1.53	1.46			
	การประเมิน	ก่อนเรียน	32	12	0	2	.19	.47	31	-1.56	.129
		หลังเรียน	32	12	0	6	.69	1.71			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของการคิดเชิงอภิปัญญาของผู้เรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา ทุกด้านโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งพบว่า ด้านความรู้เกี่ยวกับงาน ด้านความรู้เกี่ยวกับกลวิธีและการแก้ไขปัญหา และด้านการกำกับติดตาม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05 ด้านความรู้เกี่ยวกับบุคคล ด้านการวางแผน และด้านการประเมิน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการอภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน คือ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการคิดเชิงอภิปัญญา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ พบว่า คะแนนความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการพัฒนากระบวนการคิดผ่านการเรียนรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน ผู้เรียนได้เรียนรู้ในเนื้อหาผ่านการปฏิบัติกรทำให้เกิดความเข้าใจองค์ความรู้วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น สามารถสะท้อนองค์ความรู้ที่ตนเองเข้าใจผ่านการนำเสนอหน้าชั้นเรียนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ โดยวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวยังส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการนำองค์ความรู้ที่ได้รับ มาใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ ผ่องพรรณ อวนศรี (2555: 153-155) ที่ได้ทำการพัฒนานักกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นที่เน้นการคิดเชิงอภิปัญญา โดยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีลำดับขั้นในการเรียนรู้ส่งเสริม

ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด โดยผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้องค์ประกอบทางอภิปัญญา และยังสามารถนำเสนอองค์ความรู้ที่ได้รับในการแก้ไขปัญหาได้ ข้างต้นจึงทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการคิดได้มากยิ่งขึ้น สามารถคิดผ่านกระบวนการที่หลากหลาย จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ซึ่งพบว่าผู้เรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ดีนั้นยังส่งเสริมต่อการคิดเชิงอภิปัญญาหรือการคิดที่เป็นระบบ นอกจากนี้ในขั้นของการสำรวจและค้นหาและการขยายความรู้ผู้วิจัยได้แทรกลำดับขั้นของประสบการณ์ทางอภิปัญญา คือ การวางแผน การกำกับติดตาม และการประเมินเข้าไปในการจัดการเรียนรู้ โดยสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดที่เป็นระบบมากยิ่งขึ้น อีกทั้งกระบวนการดังกล่าวยังส่งเสริมให้ผู้เรียนทบทวนและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่เดิมมาใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปัญหาที่พบได้มากยิ่งขึ้น แต่เนื่องด้วยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการวิจัยในครั้งนี้จำเป็นต้องเรียนรู้เนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ และกลุ่มตัวอย่างมีพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย เพราะผู้เรียนส่วนใหญ่จบการศึกษาในสายวิชาชีพ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หรือ ปวส. ประกอบกับเนื้อหาในรายวิชามีรายละเอียดค่อนข้างมาก ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจมากกว่าปกติ จึงเป็นส่วนทำให้การเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏออกมายังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร

ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ผลรายแนวคิด พบว่า คะแนนหลังเรียนในแนวคิดพันธุศาสตร์ของเมนเดล เนื้อหาย่อยเรื่อง อัลลีล ผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างอัลลีลและยีนได้ อีกทั้งผู้เรียนยังไม่เข้าใจลักษณะและหน้าที่ รวมถึงลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยอัลลีลที่แสดงออกให้สังเกตเห็นด้วยสายตา ซึ่งสอดคล้องกับนันทยา อัครอารีย์ (2557: ออนไลน์) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของยีนและอัลลีล โดยมีความสับสนเกี่ยวกับการใช้คำทั้งสองซึ่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนโดยเข้าใจและกล่าวว่า “ยีนดอกสีม่วง และยีนดอกสีขาว” จากความเข้าใจข้างต้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากสีของดอกไม้ไม่ได้เกิดจากยีนที่อยู่คนละตำแหน่งบนโครโมโซม แต่ยีนดังกล่าวถูกควบคุมด้วยยีน 1 ยีน ที่มีหลายอัลลีล จึงทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดข้างต้น

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการคิดเชิงอภิปัญญา ก่อนและหลังเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญา พบว่า คะแนนการคิดเชิงอภิปัญญาของผู้เรียนในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการพัฒนากลไกการคิดให้เป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การติดตามกระบวนการคิด และสามารถประเมินกระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิดของจอห์น ฟลาวเวลล์ (Flavell, 1979: 906-911; ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ และคณะ, 2559: 281-283) ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวผู้วิจัยได้ใช้ขั้นของประสบการณ์ทางอภิปัญญาแทรกเข้าไปในขั้นของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน โดยการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่สองผู้เรียนได้วางแผนการปฏิบัติการด้วยตนเอง ทำการอภิปรายลำดับขั้นในการทำปฏิบัติการและปรับปรุงขั้นตอนการปฏิบัติการเพื่อให้อาจปฏิบัติได้จริง ซึ่งผู้เรียนได้ติดตามกระบวนการปฏิบัติการที่วางแผนไว้นำไปสู่ผลการทดลองที่ถูกต้อง ตลอดจนทำ

การประเมินกระบวนการปฏิบัติการที่วางแผนไว้ว่ามีจุดบกพร่องหรืออุปสรรคส่วนใด เพื่อสามารถแก้ไขได้และให้เกิดผลลัพธ์ที่ถูกต้อง โดยถือเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการคิดและการทำงานผ่านสมมออย่าง เป็นกระบวนการ อีกทั้งเมื่อผู้เรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้และได้รับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการทำปฏิบัติการแล้วผู้เรียนจะต้องใช้ลำดับขั้นตอนของประสบการณ์ทางอภิปัญญาอีกครั้งในชั้นขยายความรู้ โดยต้องสามารถนำเอาองค์ความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ จึงสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนส่งเสริมให้การแก้ไขปัญหาและการคิดเชิงอภิปัญญาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยพบว่าผู้เรียนที่มีพื้นฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สูงจะส่งเสริมให้มีระดับการคิดเชิงอภิปัญญาที่สูงขึ้นด้วย แต่เนื่องด้วยการส่งเสริมการคิดเป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนาไปได้อย่างช้า ๆ และสืบเนื่องจากพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่มีอยู่ในระดับน้อย การพัฒนาการคิดดังกล่าวจึงปรากฏออกมาไม่ชัดเจนมากนัก สอดคล้องกับ นวพล นนทภา (2555) และ สลาวิน (Slavin. 1987: 293-336) ที่กล่าวว่า การพัฒนาด้านกระบวนการคิดจะพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป ผู้เรียนจึงต้องใช้เวลาในการฝึกฝน และต้องเข้าใจถึงลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนของการคิดเชิงอภิปัญญา ประกอบกับต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องที่กำลังเรียนรู้อยู่จึงจะสามารถทำให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินงานไปได้อย่างรวดเร็ว และสะท้อนการคิดเชิงอภิปัญญาออกมาได้เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลคะแนนการคิดเชิงอภิปัญญาในแต่ละด้าน พบว่า คะแนนเฉลี่ยส่วนใหญ่ในแต่ละด้านเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ลำดับขั้นตอนของประสบการณ์ทางอภิปัญญาในการแก้ไขปัญหา ประกอบกับการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่มีลำดับขั้นตอนในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นส่วนในการช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดของผู้เรียนเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์ผลในแต่ละด้าน พบว่าด้านที่ผู้เรียนสามารถสะท้อนการคิดเชิงอภิปัญญาออกมาสูงที่สุด คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับกลวิธีและการแก้ไขปัญหา ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการปฏิบัติงานและการแก้ไขปัญหาผ่านการปฏิบัติการ พร้อมทั้งในขั้นตอนการเรียนรู้ผู้เรียนได้ถูกกระตุ้นด้วยคำถามให้สะท้อนคิดในเรื่องของวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่พบ จึงทำให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนองค์ประกอบด้านกลวิธีและการแก้ไขปัญหาได้ชัดเจนที่สุด ส่วนด้านผู้เรียนสะท้อนออกมาน้อยที่สุด คือ ด้านการประเมิน ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้ต้องมีการเรียนรู้ด้านเนื้อหาไปพร้อมกับขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากพื้นฐานด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ทำให้การเรียนรู้ดำเนินไปได้อย่างช้า ๆ ประกอบกับขั้นตอนดังกล่าวเป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนจึงได้รับการฝึกฝนอย่างไม่เต็มที่ ทำให้การสะท้อนคิดในด้านของการประเมินผลจึงปรากฏออกมาไม่ชัดเจน จึงเป็นผลให้คะแนนในด้านนี้น้อยที่สุด

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาสามารถส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญาเพิ่มมากขึ้น โดยผู้เรียนที่มีพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์สูงจะส่งเสริมต่อการคิดเชิงอภิปัญญาเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำการวิจัยไปใช้

1.1 งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงกระบวนการคิดของผู้เรียนที่ต้องใช้ระยะเวลามากในการจัดการเรียนรู้ ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ผู้สอนจะต้องควบคุมชั้นเรียนให้ผู้เรียนสามารถแสดงกระบวนการคิดของตนเองได้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้จะต้องเน้นขั้นตอนของประสบการณ์ทางอภิปัญญาทั้ง 3 ขั้นที่แทรกลงไป ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยจะต้องใช้การถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมของการคิดเชิงอภิปัญญาในการเรียนรู้ให้เกิดมากที่สุด

1.2 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ขั้นตอนต่าง ๆ ได้ แต่ในขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นขยายความรู้ ผู้เรียนยังไม่คุ้นเคยกับลำดับขั้นตอนดังกล่าว จึงจำเป็นต้องเน้นการปฏิบัติการที่ต้องให้ผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมด้านประสบการณ์ทางอภิปัญญาในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น เพื่อให้การเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง และผู้เรียนสามารถเข้าใจได้รวดเร็วขึ้น ควรต้องมีการปรับพื้นฐานด้านเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนของการเรียนรู้เบื้องต้นให้แก่ผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ร่วมกับประสบการณ์ทางอภิปัญญาในรายวิชาปฏิบัติการพันธุศาสตร์ ผู้สอนจะต้องเน้นการจัดการเรียนรู้ในขั้นสำรวจและค้นหาและขั้นขยายความรู้ให้กับผู้เรียนมากขึ้น ทั้งนี้ สองขั้นดังกล่าวมีการแทรกลำดับขั้นของประสบการณ์ทางอภิปัญญา ถ้าหากผู้เรียนสามารถเข้าใจกระบวนการดังกล่าวจะสามารถส่งเสริมให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งจะต้องปรับเพิ่มระยะเวลาในการทำปฏิบัติการและระยะเวลาในการอธิบายและลงข้อสรุปขึ้นอยู่กับความสามารถและการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และเข้าใจบริบทของการปฏิบัติการของนักวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการคิดเชิงอภิปัญญา เพื่อนำมาหาแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนและปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญาที่มีผลส่งเสริมต่อกัน โดยการเสริมการคิดเชิงอภิปัญญาเข้าไปในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์กับผู้เรียนกลุ่มต่าง ๆ อาทิ การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ในผู้เรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงอภิปัญญาที่เพิ่มขึ้นจากการจัดการเรียนรู้

2.3 ควรศึกษาเปรียบเทียบกับกรปฏิบัติการในรายวิชาแขนงอื่นหรือรายวิชาทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นระบบ เพื่อปรับความเหมาะสมทางด้านระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- Yod-on, D. (2012). “Kānphatthanākītkamkānriānrukhanitsā DoīchaiwithīkānsōḡBāpwatchāk kānriānrū Hā Khan thīnēkānkhitchoēng‘aphipanya Rūāng khwāmnačhapen Chanmatthayomsuksāpīthī Hok”. [The Development of Mathematics Learning Activities Using 5Es Inquiry Cycle Instructional Model Emphasizing Metacognitive Thinking about Probability for Matthayomsuksa 6]. Master of Education Thesis (Curriculum and Instruction), Khon Kaen: Graduate School, Khon Kaen University.
- ดุซงญอ อ่อน. (2555). “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่เน้นการคิดเชิงอภิปัญญา เรื่อง ความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6”. ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Latwong, T. and other. (2016). “Phonkānchatkānriānrūtāmrupbāp kānchatkānriānrūwitthayāsāt bāp Hā thīmītō‘aphipanya lāephonsumritthāngkānriānrūwitthayāsāt khoḡgnakriānchan matthayomsuksāpīthī Sām”. [The Effects of 5A Science Learning Model on Metacognition and Scientific Learning Achievement of the Ninth-Grade Students]. Academic Article, Veridian E-Journal, Silpakorn University, Vol 9 No.2: (May-August): 269-286.
- ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ และคณะ. (2559). “ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A ที่มีต่ออภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3”. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์. 9,2 (พฤษภาคม-สิงหาคม): 269-286.
- Nontapa, N. (2012). “Kānphatthanākānkaēkhaipanhā thāngkhanitsā Doīchaikonwithī‘aphipanya khoḡgnaksuksāmahāwitthayālairāčhapatmahāsānkhām”. [The Development of Mathematical Problem Solve. Using Metacognitive Strategies of Mahasarakham Rajabhat University students]. Classroom Action Research, Mahasarakham University.
- นवल นนทภา. (2555). “การพัฒนาการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีอภิปัญญาของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.” วิจัยในชั้นเรียน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Chaowakeratipong, N. (2017). “kānchatkān riān kānsōḡ witthayāsāt phūā phatthanākān khīt”. [The Instruction in Science for Developing Thinking Ability]. Academic Article, Veridian E-Journal, Silpakorn University, Vol 10 No.2: (May-August): 484-505.
- นวลจิตต์ เขวกีร์ติพงศ์. (2560). “การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด”. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์. 10,2 (พฤษภาคม-สิงหาคม): 484-505.

- Auckara-aree, A. (2515). “khwāmkhaochaikhlatkhlūānkāokapphanthusāt”. [Misconceptions about Genetics]. Retrieved January 15, 2016, from <https://goo.gl/k6hXW1>.
- นันทยา อัครอารีย์. (2558). **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์**. เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2559. เข้าถึงได้จาก <https://goo.gl/k6hXW1>.
- Srisa-Ard, B. (2002). “Kānwichāibūāngton”. [Introduction to Research Method]. 7th ed. Bangkok: Suweeriyasan.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- Uansri, P. (2012). “Kānphatthanākitkamkānriānrūkhanitsāt Doīchaiwithikān sōṅbāepwatčhak kānriānrū Hā Khan thīnēnkānkhitchoēng‘āhipanya Rūānglēkyokkamlang Chanmatthayomsuksāpīthī Nung”. [The Development of Mathematics Learning Activities Using Inquiry Cycle 5Es Instructional Model Emphasizing Metacognitive Thinking on Exponential for Matthayomsuksa 1]. Master of Education Thesis (Curriculum and Instruction), Khon Kaen: Graduate School, Khon Kaen University.
- ผ่องพรรณ อวนศรี. (2555). “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่เน้นการคิดเชิงอภิปัญญา เรื่องเลขยกกำลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1”. ปรินญาณินทร์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Khumwong, P. and other. (2012). “Phonkhōṅgnūāikānriānrūāngphanthusāt thīchaikrabūānkānriānrutāmnāosangkhomwatthanathamtōṅkhitphanthusātkhōṅgnakriānmatthayomīksāpīthī Hok”. [The Effects of Genetic Learning Units Using the Social-Cultural Learning on Genetics Concepts of Grade 12.]. Journal of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University. Vol 31 No.5: (September-October): 84-95.
- พินิจ ขำวงษ์ และคณะ. (2555). “ผลของหน่วยการเรียนรู้เรื่องพันธุศาสตร์ที่ใช้กระบวนการเรียนรู้ตามแนวสังคมวัฒนธรรมต่อแนวคิดพันธุศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6”. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. 31,5 (กันยายน-ตุลาคม): 84-95.
- Dechakup, P. (2001). “Metākhoṅnichan Naiwitthayākāndānkhwāmkhīt”. [Metacognition in the Science of Thinking]. Bangkok: The Master Group Management.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). **เมตาคอกนิชัน ในวิทยาการด้านความคิด**. กรุงเทพฯ: เดอะ มาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- Fogarty, R and Opeka, K. (2003). “Sōṅhainūrūchakkhit Start Them Thinking”. [Teach me to think Start Them Thinking]. (Pongparit, M. Trans). Bangkok: H. N. Group.
- โฟกาตี และ โอเปกา. (2546). **สอนให้หนูรู้จักคิด Start Them Thinking**. แปลโดย มัลลิกา พงศ์ปรีตร. กรุงเทพฯ: เอช เอ็น กรุ๊ป.

- Amatayakul, R. (2013). “panhā khoṅg khru khunnaphāp khoṅg khru”. [Techers’ Problems and Teachers’ Quality]. Retrieved January 10, 2016, from <http://www.amatyakul school.com/บทความวิจัยนี้.doc>.
- วิจัยนี้ อมาตยกุล. (2556). **ปัญหาของครู คุณภาพของครู**. เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2559. เข้าถึงได้จาก <http://www.amatyakulschool.com/บทความวิจัยนี้.doc>.
- Wongyai, W. (1999). “phalang kān rianrū nai krabuān that mai”. [Learning Power: In a New Paradigm]. Bangkok: Faculty of Education, Srinakharinwirot University.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). **พลังการเรียนรู้: ในกระบวนการทัศน์ใหม่**. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- Saiyot, L. and Saiyot, A. (1995). “theknik kān watphon kān rianrū”. [Learning Measurement Techniques]. 2th ed. Bangkok: Suweeriyasan.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- Roadrangka, V. (2001). “kānsōṅ witthayasāt thī nēn krabuānkān”. [Science Teaching Focusing on the process.]. Bangkok: Institute of Academic Development.
- วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2003). “kānchat sārā kān rianrū klum sārā kān rianrū witthayasāt laksūt kānsuksā naphuṅ thān”. [Science learning: Basic Education Curriculum]. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Ministry of Education.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Office of the National Education Commission. (1999). “phraratchabanyat kānsuksā hāng chat Phō So sōṅphanhārōsīsipsōṅg”. [National Education Act B.E. 2542]. Bangkok: The Express Transportation Organization of Thailand.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

ภาษาต่างประเทศ

- Bette D., & Rollnick. M. (2003). Enabling Metacognition in the Laboratory: A Case Study of Four Second Year University Chemistry Students. **Research in Science Education**. 33: 43-69.
- Bybee, R. W. et al. (1989). The 5E Learning Cycle Model. **Inquiry Approach**. 65(4): 1-2.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognition Monitoring. **American Psychologist**, 34 (10): 906-911.
- Haidar, A.H. (1997). Prospective Chemistry Teacher' Conceptions of the Conservation of Matter and Related Concepts. **Journal of Research in Science Teacher**. 34(2): 181-197.
- Slavin, R.E. (1987). Developmental and Motivational Perspectives on Cooperative Learning: A Reconciliation. **Child Development** 58, 5 (Oct., 1987): 1161-1167.