

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

THE DEVELOPMENT OF SMALL-SCALE SCIENCE LABORATORY DIRECTIONS ON ACID-BASE FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS

Received: June 18, 2019

Revised: August 7, 2019

Accepted: August 13, 2019

พิจมณัฐ สีนประเสริฐรัตน์^{1*} เชษฐ ศิริสวัสดิ์² และภัทรกร ชัยประเสริฐ³

Phitchamon Sinptrsertrut^{1*} Chade Sirisawat² and Pattaraporn Chaiprasert³

^{1,2,3}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

^{1,2,3}Faculty of Education, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: M.Pitchamon@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน และพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 70/70 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนและหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การทดสอบค่าที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples) และการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One Samples) ผลวิจัย พบว่า ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 5 ชุดการทดลอง โดยนำไปใช้เป็นชุดการทดลองประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นจำนวน 6 บทปฏิบัติการซึ่งมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 73.18/74.81 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ กรด-เบส

Abstract

The objectives of this research were to develop small-scale chemistry experimental kits and small-scale science laboratory directions on acid-base for eleventh grade students has an efficiency with the criterion standard of 70/70, to compare learning achievement and scientific concepts of eleventh grade students before and after learning by using small-scale science laboratory directions on acid-base and after learning with criterion standard of 70%. The participants of this research were 27 eleventh grade students from medium-size secondary schools in Chonburi The research instruments consisted of the small-scale science laboratory directions on acid-base for eleventh grade students, the learning achievement test and the scientific concepts test on acid-base. The data were analyzed by means ($\bar{X}$), standard deviation (SD), t-test for dependent samples and t-test for one samples. The results indicated that the developing small-scale chemistry experimental kits on acid-base for eleventh grade students were comprised of 5 experimental kits used for 6 chapters in small-scale science laboratory directions which had an efficiency of 73.18/74.81 which was higher than the criterion standard of 70/70. the post-test mean scores of learning achievement of students after learning by using the small-scale science laboratory directions on acid-base were higher than pre-test and the post-test mean scores were higher than the criterion standard of 70% at .05 level and the scientific concepts of students after learning by using the small-scale science laboratory directions on acid-base were higher than before learning and the post-test mean scores were higher than the criterion standard of 70% at .05 level.

Keywords: Small-Scale Science Laboratory Directions, Small-Scale Chemistry Experimental Kits, Learning Achievement, Scientific Concepts, Acid-Base

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของการศึกษาและการเรียนรู้ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้เรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นพร้อมทั้งนำความรู้ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณธรรม (Ministry of Education, 2008, p. 23) ปัจจุบันการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีจุดประสงค์เพื่อเรียนรู้กลไกการทำงานของ วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นหลัก มีการลดทอนความรู้ที่ไม่จำเป็นต่อการเรียนรู้ มีการใช้กระบวนการสืบเสาะ (Inquiry) เป็นรากฐานของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Phomphisutthimas, 2013, p. 57) ผ่านกระบวนการสังเกต การสร้างสมมติฐาน การสำรวจ ตรวจสอบ การทำการทดลอง ตลอดจนการนำเสนอข้อสรุปที่ได้ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้ และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้สามารถเชื่อมโยงความรู้ ประสบการณ์เดิมเข้ากับสิ่งที่ได้ เรียนรู้ใหม่ และก่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่ถูกต้อง (Banthanachack, 2011, p. 103) โดยโดยสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้ใน วิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาคือการทำการทดลองหรืองานปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพราะจุดมุ่งหมายของการสอน วิทยาศาสตร์ในระดับนี้ นอกจากมุ่งสอนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตแล้ว ยังมุ่งฝึกทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ มุ่งสร้างนิสัยในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ และมุ่งสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Laohaphaiboon, 1999, pp. 267-271) จะเห็นได้ว่า การทดลองหรือการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ ในสาขาวิชาเคมี เนื่องมาจากวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้วิชาเคมีต้องอาศัยแบบจำลอง สัญลักษณ์ต่างๆ และการทดลองเข้ามาช่วยในการเรียนรู้ (Faikhamta, 2008)

เมื่อพิจารณาสมรรถภาพด้านการศึกษาของไทยในช่วงปีการศึกษา 2559-2561 ที่ผ่านมา จากผลการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ซึ่งเป็นการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ของนักเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั่วประเทศตั้งแต่ปีการศึกษา 2559-2561 วิชาวิทยาศาสตร์ สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร มีคะแนนเฉลี่ย 34.46, 26.32 และ 29.47 คะแนน ตามลำดับ (National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2018) ซึ่งมีผลคะแนนอยู่ในระดับต่ำและไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนทั้งหมด จากผลคะแนนดังกล่าวเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่าประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร ประกอบกับการศึกษา สังเกตชั้นเรียนวิชาเคมี โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีข้อจำกัดในเรื่องห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องแก้ว และสารเคมีซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้แล้วผู้สอนต้องใช้เวลาในการเตรียมการทดลอง และมีความกังวลในเรื่องของความเสี่ยงต่ออันตรายที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน เนื่องจากธรรมชาติของสารเคมีอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ตลอดเวลา ทำให้ผู้สอนส่วนใหญ่เลือกเน้นการสอนแบบบรรยายโดยมีครูเป็นศูนย์กลางของการสอน ผู้เรียนต้องนั่งฟังบรรยายแล้วจดจำความรู้และทำความเข้าใจในประเด็นเนื้อหาที่ผู้สอนกำลังบรรยาย จึงทำให้นักเรียนขาดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมและมีความเชื่อมโยงกับสภาพจริง นักเรียนส่วนใหญ่เรียนเคมีด้วยความไม่เข้าใจ เห็นเนื้อหาในวิชาเคมีเป็นเรื่องยากและไม่สนุก ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติต่อวิชาเคมีมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นนวัตกรรมด้านการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการปฏิบัติการทดลอง บันทึก วิเคราะห์ และสรุปผล ช่วยในการพัฒนานิสัยของผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่เรียนรู้จากจากการทำการทดลอง การลงมือปฏิบัติ และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ดังนั้น การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Muchaman (2015) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสงสีที่มองเห็นกับแสงสีที่ถูกดูดกลืนของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$ $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ และ $[Cu(en)_3]^{2+}$ ให้มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลอง ผลการวิจัย พบว่า บทปฏิบัติการทดลองมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 88.21/86.79 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการทดลองอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในการนำบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในวิชาเคมี เป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก เนื่องจากโรงเรียนมีข้อจำกัดในเรื่องห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์เครื่องแก้ว และสารเคมีซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง และผู้สอนมีความกังวลในเรื่องของความเสี่ยงต่ออันตรายที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ซึ่งเป็นวิธีการทดลองเคมีรูปแบบใหม่ที่มีความปลอดภัย สะดวก และรวดเร็ว ลดโอกาสการเกิดอันตรายเนื่องจากสารเคมี คือ การใช้สารเคมีปริมาณน้อย และใช้อุปกรณ์การทดลองที่มีขนาดเล็กลง ใช้เวลาในการทำการทดลองน้อย สะดวกต่อการจัดเตรียมอุปกรณ์และทำความสะอาดอุปกรณ์หลังการทดลอง ช่วยลดภาระการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดลอง อีกทั้งอุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทางจุลชีววิทยา ชีวโมเลกุล เทคนิคการแพทย์ และนาโนเทคโนโลยี ซึ่งมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองเคมีทั่วไป นอกจากนี้ แล้วยังสามารถนำวัสดุอื่นๆ ที่เป็นของใช้ในชีวิตประจำวันมาดัดแปลงใช้ในปฏิบัติการได้ด้วย (Chemical Society of Thailand, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัย Tamuang et al. (2017) ที่ได้พัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนต้นทุนต่ำเพื่อสนับสนุนความเข้าใจในเคมี เรื่อง สมดุลเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษา พบว่า ชุดการทดลองมีความประหยัดกว่าการทดลองแบบปกติในหลายด้าน ได้แก่ ด้านต้นทุนของอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถใช้งานได้ ด้านเวลาที่ใช้ในการทดลองลดลง ช่วยให้มีเวลาสำหรับการอภิปรายการทดลองเพิ่มขึ้น และด้านปริมาณของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีและลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการทดลอง

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรม ประกอบกับภายในบทเรียนมีการทดลองเพื่ออธิบายทฤษฎีค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน โดยใช้ชุดการทดลองเคมี

แบบย่อส่วนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 70/70
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส
5. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70
6. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส
7. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานของการวิจัย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 70/70
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษา ออกแบบชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน โดยศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อออกแบบชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนให้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้
2. การนำชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และพัฒนาให้มีคุณภาพโดยผู้วิจัยได้แบ่งวิธีดำเนินการทดลองเป็น 2 วิธี ได้แก่ การทดลองเคมีแบบมาตรฐาน คือ การทดลองโดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีตามหนังสือเรียนเคมี เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กำหนด และการทดลองเคมีแบบย่อส่วน

คือ การทดลองโดยใช้ชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยในแต่ละวิธีจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และบันทึกผลการทดลองทุกครั้งเสมอ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของวิธีการทดลอง จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 วิธี โดยแยกเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เช่น สี การตกตะกอน การวัดความสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เช่น การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย การวัดค่า pH ของสารละลาย เป็นต้น ในการคำนวณหาค่าร้อยละความผิดพลาด (% error) ของวิธีวิเคราะห์โดยค่าร้อยละผิดพลาดที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 5% (Tamuang et al., 2017, p. 424)

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส จำนวน 6 บทปฏิบัติการ ได้แก่ 1) เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส 2) เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดและเบส 3) เรื่อง ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส 4) เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส 5) เรื่อง อินดิเคเตอร์กับการไทเทรตกรด-เบส และ 6) เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์ โดยในแต่ละบทปฏิบัติการผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล ซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการมีผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 และมีผลการประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design (Saiyot & Saiyot, 1995, p. 240)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ซึ่งทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน มีจำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนรวม 57 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มมาจำนวน 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนทั้งหมด ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 27 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและนิเทศน์ทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เรื่อง กรด-เบส รายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลาในการทดลอง 18 ชั่วโมง

5. การสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก วัดทักษะทางปัญญา 6 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.33-0.70 และค่าอำนาจจำแนก (B) ระหว่าง 0.25-0.35 และวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรไบโนเมียล (Binomial Formula) ของโลเวท (Saiyot & Saiyot, 2000, p. 238) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.89

5.2 แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่เกี่ยวกับการให้มโนทัศน์รองเพื่อประกอบการตอบคำถามในตอนที่ 1 มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ 4 ระดับ คือ 3 2 1 และ 0 คะแนน จำนวน 20 ข้อ แบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.80-1.00 มีค่าความยาก (P_e) อยู่ระหว่าง 0.26-0.48 และค่าอำนาจจำแนก (D) ระหว่าง 0.27-0.49 และวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ Livingston (1972, p. 10) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.97

6. วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

6.1 ปฐมนิเทศ แนะนำการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส และบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

6.2 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส เวลา 1 ชั่วโมง และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส เวลา 1 ชั่วโมง

6.3 ดำเนินการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส โดยใช้เวลาสอนทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

6.4 เมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน

6.5 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 1 ชั่วโมง และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นฉบับเดียวกับที่ทดสอบก่อนเรียน

6.6 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพ (E1/E2) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 70/70 โดย 70 ตัวแรก (E1) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไปและ 70 ตัวหลัง (E2) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป โดยใช้สูตรคำนวณหาประสิทธิภาพ (E1/E2) ของ Brahmawong (2013, p. 10)

7.2 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples)

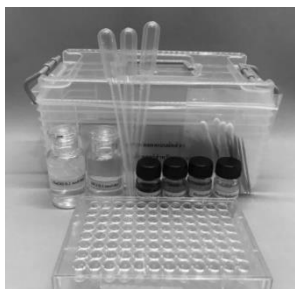
7.3 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนที่เกิดจากการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One Samples)

7.4 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่เกิดจากการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples)

7.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่เกิดจากการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One Samples)

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ซึ่งเป็นผลจากการดำเนินการทดลองในตอนต้นที่ 1 การพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน สามารถออกแบบชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนได้ทั้งสิ้น 5 ชุดการทดลองดังภาพ



ภาพ 1 ชุดการทดลองที่ 1 เรื่อง อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส



ภาพ 2 ชุดการทดลองที่ 2 เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดและเบส



ภาพ 3 ชุดการทดลองที่ 3 เรื่อง ปฏิกริยาไฮโดรลิซิส



ภาพ 4 ชุดการทดลองที่ 4 เรื่อง การไทเทรตและอินดิเคเตอร์กับการไทเทรตกรด-เบส



ภาพ 5 ชุดการไทเทรตแบบย้อยส่วน



ภาพ 6 ชุดการทดลอง เรื่อง สารละลายบัฟเฟอร์

ผลการนำชุดการทดลองเคมีแบบย้อยส่วนจำนวน 5 ชุดการทดลองไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และพัฒนาให้มีคุณภาพก่อนนำไปใช้เป็นชุดการทดลองประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วนโดยใช้สารเคมี ความเข้มข้นของสารเคมี และทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองเคมีแบบมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า การทดลองเคมีแบบย้อยส่วนมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถใช้งานได้เพื่อทดแทนอุปกรณ์มาตรฐานที่มีราคาสูง เช่น การใช้ถาดหลุมแทนหลอดทดลอง การใช้กระบอกฉีดยาหรือหลอดหยดพลาสติกแทนกระบอกตวง การพัฒนาชุดเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าของสารละลายแบบย้อยส่วนแทนชุดเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าของสารละลายแบบมาตรฐาน การพัฒนาชุดการไทเทรตแบบย้อยส่วนแทนชุดการไทเทรตแบบมาตรฐาน เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการทดลองเคมีแบบมาตรฐานและการทดลองเคมีแบบย้อยส่วน สำหรับการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ผลในเชิงคุณภาพ พบว่า ผลการทดลองเคมีแบบย้อยส่วนไม่แตกต่างจากผลการทดลองเคมีแบบมาตรฐาน และการทดลองที่ทำการวิเคราะห์ผลในเชิงปริมาณพบว่าผลการทดลองเคมีแบบย้อยส่วนมีค่าร้อยละความผิดพลาด (% error) เท่ากับ 4 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 5 จึงถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และในการหาปริมาตรที่เหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการทดลองเคมีแบบย้อยส่วน ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดปริมาตรของสารละลายจากการทดลองเคมีแบบมาตรฐานลงได้อย่างน้อย 2 เท่า และเมื่อนำสารละลายที่มีปริมาตรลดลงนี้ไปทำการทดลองแล้ว พบว่า ให้ผลการทดลองชัดเจนและมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการทดลองเคมีแบบมาตรฐาน

2. ผลการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วน ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วน จำนวน 6 บทปฏิบัติการ โดยในแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย ข้อเสนอแนะในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วน ใบความรู้ การทดลอง ใบงานการทดลอง แบบฝึกหัด และแบบทดสอบหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วนมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 และในแต่ละบทปฏิบัติการมีคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

3. ผลการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย้อยส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส

บทปฏิบัติการที่	คะแนนระหว่างการใช้บทปฏิบัติการ (E_1)			คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (E_2)			E_1/E_2
	เต็ม	เฉลี่ย	ร้อยละ	เต็ม	เฉลี่ย	ร้อยละ	
1	25	19.11	76.44				
2	25	18.04	72.15				
3	25	17.93	71.70				
4	25	18.11	72.44	30	22.44	74.81	73.19/74.81
5	25	18.41	73.63				
6	25	18.19	72.74				
เฉลี่ย	25	18.30	73.19				

จากตาราง 1 พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) โดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 73.19/74.81 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

4. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	27	12.11	1.52	26	28.239*	.000
หลังเรียน	27	22.44	1.867			

* $p < .05$

จากตาราง 2 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 28.239$, $p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

5. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส กับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ					
	n	เกณฑ์	$\bar{X}$	SD	df	p
หลังเรียน	27	21	22.44	1.867	26	4.019*

* $p < .05$

จากตาราง 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบสสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ($\bar{X} = 22.4$, $SD = 1.867$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

6. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ					
	n	$\bar{X}$	SD	df	t	p
ก่อนเรียน	27	17.89	4.972	26	25.174*	.000
หลังเรียน	27	44.33	3.026			

*p<.05

จากตาราง 4 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ($t = 25.174$, $p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

7. ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบสกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 แสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (42 คะแนน จาก คะแนนเต็ม 70 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	สถิติ						
	n	เกณฑ์	$\bar{X}$	SD	df	t	p
หลังเรียน	27	21	44.33	3.026	26	4.007*	.000

*p < .05

จากตาราง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ($\bar{X} = 44.33$, $SD = 3.026$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน พบว่า สามารถออกแบบชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วนได้ทั้งสิ้น 5 ชุด การทดลอง การวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพให้ผลการทดลองชัดเจนไม่แตกต่างจากการทดลองเคมีแบบมาตรฐาน และการวิเคราะห์ผลเชิง ปริมาณมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน (%error) น้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากใน การออกแบบชุดการทดลองเคมีแบบย่อส่วน ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักในการออกแบบตามแนวคิดของ Chemical Society of Thailand (2015, pp. 16-17) ซึ่งคำนึงถึงความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง ความประหยัดในด้านลดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่ายจาก การกำจัดของเสีย การลดเวลาในการทำปฏิบัติการให้สั้นลง มีการหาปริมาณที่เหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการทดลองเคมีแบบ ย่อส่วน โดยยึดหลักแนวคิดเคมีสีเขียว (Green Chemistry) คือ ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง เลือกใช้สารเคมีที่ไม่เป็นอันตราย ต่อนักเรียนและสิ่งแวดล้อม และลดปริมาณของเสียที่เกิดจากการทดลอง (Supamathanon et al., 2016, pp. 1-14) ประกอบกับ กิจกรรมการทดลองสามารถสังเกตผลได้ชัดเจน ขั้นตอนการทดลองมีรายละเอียดคล้ายกับการทดลองเคมีแบบมาตรฐานแต่แตกต่างกัน ในส่วนของการลดปริมาณสารเคมี ทำให้การทดลองแบบย่อส่วนทำได้ง่ายขึ้น และใช้ระยะเวลาในการทดลองสั้นกว่าการทดลองเคมี แบบมาตรฐาน ช่วยให้นักเรียนทุกคนสามารถทำการทดลองได้จริงไม่ใช่เพียงแค่ฟังบรรยายสรุปจากครูผู้สอนเท่านั้น จากเหตุผล ดังกล่าวจึงทำให้สามารถนำชุดการทดลองที่พัฒนาขึ้นไปเป็นชุดการทดลองประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส ในลำดับถัดไปได้

2. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 73.19/74.81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 70/70 ซึ่งสอดคล้องตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นมีพื้นฐานมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผ่านการหาคุณภาพโดยการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และขั้นตอนการพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีการอ้างอิงจากขั้นตอนการทดลองในหนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) การทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นการทดลองแบบสืบเสาะ มุ่งให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา ออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง ทดสอบสมมติฐาน ตลอดจนสรุปอภิปรายผลด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะเท่านั้น ซึ่ง Hand and Keys (as cited in Tamuang et al., 2017, p. 16) ได้กล่าวถึงการทดลองแบบสืบเสาะว่าเป็นการทดลองที่มุ่งเน้นให้นักเรียนตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองด้วยตนเอง และสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding) โดยการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมเข้ากับหลักฐานที่ได้จากการทดลองวิทยาศาสตร์ (Science Experiment Evidence) และสร้างเป็นองค์ความรู้ขึ้นมา และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยม (Constructivism) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง (Kowtrakul, 2016, p. 210) นอกจากนี้ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นมีวิธีการใช้อุปกรณ์ที่ง่าย มีขั้นตอนการทดลองที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จึงทำให้นักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ทำให้การทดลองที่ได้มีความถูกต้อง มีข้อผิดพลาดน้อย นักเรียนจึงเกิดการเรียนรู้ทั้งองค์ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 73.19/74.81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 70/70

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และ 3 ทั้งนี้ เนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน ได้ผ่านการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 70/70 อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนมีการจัดประสบการณ์ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ศึกษาทดลอง วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปอภิปรายผล และเขียนเอกสารรายงานผลการทดลองตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง และสามารถจำได้นานกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีบรรยาย อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ในขณะใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยมีขั้นตอนตามกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 5 ขั้น คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีบทบาทให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Prachagool and Nuangchaleram (2010) ที่ได้เสนอไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง และข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือการพัฒนาศักยภาพทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่ง Laohaphaiboon (1999, p. 126) ได้เสนอข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยากรู้ตลอดเวลา ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้บทเรียนและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น ส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Pholsan (2014) ที่ได้พัฒนาทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะไอออนิก

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงพุมธานี ซึ่งพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($\bar{X} = 44.33$, $SD = 3.026$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 และ 5 ทั้งนี้ เนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นมีแบบฝึกหัดในแต่ละบทปฏิบัติการที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง มีส่วนร่วมในการทดลอง กล่าวคือนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทั้งด้านการคิด การแก้ปัญหา และการดำเนินการทดลองทุกขั้นตอน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาสาระมากยิ่งขึ้น สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะส่งเสริมนักเรียน อีกทั้งการทดลองที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Faikhamta (2008) ที่เสนอไว้ว่า วิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเป็นนามธรรม ส่งผลให้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนเกิดคลาดเคลื่อน ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี ต้องอาศัยแบบจำลองสัญลักษณ์ต่างๆ และการทดลองเข้ามาช่วยในการเรียนรู้ในเนื้อหาเคมี เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ตรงตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้กิจกรรมการทดลองที่นักเรียนสามารถสังเกตและติดตามการเปลี่ยนแปลงได้จะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้นมาก (Elks & Gulacar, 2016, pp. 1904-1907) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Supasorn (2012) ที่ศึกษาความเข้าใจโมเดลและเมนทอลโมเดลในเรื่อง เซลล์กัลวานิกก่อนและหลังเรียน โดยใช้การทดลองขนาดย่อส่วนร่วมกับแบบจำลองขนาดเล็ก (Model Kit) พบว่า ในการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพในการพัฒนามโนคติและเมนทอลของนักเรียนได้ จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ($\bar{X} = 44.33$, $SD = 3.026$)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ผู้สอนควรเตรียมความพร้อม โดยการศึกษารายละเอียดของคู่มือครูประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนให้เข้าใจอย่างละเอียดถี่ถ้วน จัดเตรียมอุปกรณ์ สารเคมี และควรทำการทดลองก่อนทำการเรียนการสอน รวมทั้งเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในด้านการใช้อุปกรณ์และสารเคมี เพื่อให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน เรื่อง กรด-เบส กับตัวแปรอื่นๆ เช่น เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วน ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

References

- Banthanachack, S. (2011). Conceptual change about substance in daily life for grade 7 students using problem-based learning approach. *Journal of Education Graduate Studies Research Khon Kaen University*, 5(4), 102-109. [in Thai]
- Brahmawong, C., (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakom Education Research Journal*, 5(1), 7-20. [in Thai]
- Chemical Society of Thailand. (2015). *Small-Scale Chemistry Laboratory*. Bangkok: Dow Thailand Group. [in Thai]
- Elks, I., & Gulacar, O. (2016). A colorful demonstration to visualize and inquire into essential elements of chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 93(11), 1904-1907.

- Faikhamta, C. (2008). Inquiry-based teaching and learning. *Journal of Education Naresuan University*, 11(1), 32-45. [in Thai]
- Kowtrakul, S. (2016). *Educational psychology* (11th ed.). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Laohaphaiboon, P. (1999). *Science teaching* (3rd ed.). Bangkok: Thai Watana Panich. [in Thai]
- Livingston, S. A. (1972). A classical test-theory approach to criterion-referenced tests. In *The annual meeting of the American Educational Research Association* (pp. 1-13). Maryland: Center for Social Organization of Schools Johns Hopkins University.
- Muchaman, S. (2015). *The experimental design of the visible light and absorbed light of copper complexes of $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ and $[Cu(en)_3]^{2+}$* (Master thesis). Chonburi: Burapha University. [in Thai]
- Ministry of Education. (2008). *Basic Education Curriculum 2008*. Bangkok: Printing Agricultural Cooperative Federation of Thailand. [in Thai]
- National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2018). *Statistic of O-NET test results for grade 12, academic year 2014-2017*. Retrieved March 29, 2019, from <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3865> [in Thai]
- Pholsan, N. (2014). *The development of laboratory work in ionic bonding to develop science processing skills of mattayomsuksa 4 students at Kanaratbamrungpathumthani School* (Master thesis). Bangkok: Rangsit University. [in Thai]
- Phomphisutthimas, S. (2013). Learning management of science in 21st century. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 4(1), 55-63. [in Thai]
- Prachagool, V., & Nuangchaleram, P. (2010). *Teaching style*. Maha Sarakham: Mahasarakham University. [in Thai]
- Saiyot, L., & Saiyot, A. (1995). *Educational research techniques* (4th ed.). Bangkok: Suviriyasarn. [in Thai]
- Saiyot, L., & Saiyot, A. (2000). *Learning measurement techniques* (2nd ed.). Bangkok: Suviriyasarn. [in Thai]
- Supamathanon, N., Soisungnoen, P., Lisnund, S., Panthama, N., Pechluan, P., Sombatsri, S., ... Ausavasukhi, A. (2016). Green chemistry. *Journal of Science & Technology Ubon Ratchathani University*, 18(3), 1-14. [in Thai]
- Supasorn, S. (2012). Roles of mental models in learning chemistry at molecular level. *Journal of Education Khon Kaen University*, 35(1), 1-7. [in Thai]
- Tamuang, S., Wuttisela, K., & Supasorn, S. (2017). Low-cost small-scale chemistry experiment to enhance 11-grade students' conceptual understanding on chemical equilibrium. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 8(2), 379-397. [in Thai]