

## การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนิสิตปริญญาตรี

ยศวดี จิตติวร<sup>1</sup> ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ<sup>2</sup> เข้ม พุ่มสะอาด<sup>3</sup> และปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คลองเตย กรุงเทพฯ 10110

<sup>2</sup>ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110

<sup>3</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วัฒนา กรุงเทพฯ 10110

\*E-mail: piyarats@g.swu.ac.th

รับบทความ: 11 พฤษภาคม 2560 ยอมรับตีพิมพ์: 18 ตุลาคม 2560

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนารูปแบบปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ให้มีประสิทธิภาพ และศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความพึงพอใจของนิสิตปริญญาตรีที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผลการวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก และวัดค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนิสิตทั้งหมดระหว่างเรียน (E1) และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตทั้งหมดหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการ (E2) โดยกำหนดเกณฑ์เป็น  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 ซึ่งได้ผลเท่ากับ 80.00/80.44 และเครื่องมื่อวัดผล ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 0.56 และ 0.92 ตามลำดับ เมื่อนำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ พบว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < .05$ ) นอกจากนี้ นิสิตมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่อยู่ในระดับมาก

**คำสำคัญ:** บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ความพึงพอใจ

## Development of an Analytical Chemistry Laboratory on Capillary Electrophoresis Technique to Investigate Undergraduates' Learning Efficiency

Yotwadee Thitivorn<sup>1</sup>, Piyada Jittangprasert<sup>2</sup>, Kem Pumsa-ard<sup>3</sup> and Piyarat Dornbundit<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Klong Toei, Bangkok 10110, Thailand

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok 10110, Thailand

<sup>3</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok 10110, Thailand

\*E-mail: piyarats@g.swu.ac.th

Received: 11 May 2016 Accepted: 18 October 2016

### Abstract

The purposes of this research were to develop an effective analytical chemistry laboratory on capillary electrophoresis technique and to study undergraduates' learning efficiency on learning achievement, integrated science process skills and satisfaction. Study group was third-year undergraduates in the Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University. The experts' evaluation result showed that the quality of developed laboratory was at excellent level. The laboratory efficiency ( $E_1/E_2$ ) was 80.00/80.44 that was more than the criteria of 80/80. The reliability of learning achievement, integrated science process skills tests and satisfaction survey in the laboratory on capillary electrophoresis technique were 0.80, 0.56 and 0.92, respectively. The results revealed that student's learning achievement and integrated science process skills after learning with the laboratory on capillary electrophoresis technique were significantly higher than those before learning ( $p < .05$ ). Students' satisfaction on the laboratory was at good level as well.

**Keywords:** Analytical laboratory, Capillary electrophoresis, Learning achievement, Integrated science process skill, Satisfaction

### บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในสังคมปัจจุบัน เนื่องจากวิทยา-

ศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนในหลากหลายด้าน โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยี เครื่องมือ และผลผลิตต่าง ๆ ที่ทุกคนจำเป็นต้องใช้เพื่ออำนวยความสะดวก

สะดวกในการดำเนินชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดให้มีเหตุผล มีรู้จักคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานข้อมูลที่มีอยู่และมีหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้ (Ministry of Education, 2008) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา เพื่อพัฒนากำลังคนให้สามารถใช้ภูมิปัญญาเพื่อศึกษาวิจัย ค้นคว้าความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ตลอดจนการรู้จักประยุกต์สิ่งต่าง ๆ เพื่อความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศได้ (Dechakhap, 2002) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีและได้ผลควรเป็นการเรียนการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนการสอนประเภทใดประเภทหนึ่ง จนเกิดการรับรู้ การคิด และการกระทำซึ่งนำไปสู่การสรุปหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง (Laohapai-boon, 1999) การเรียนรู้ที่ผู้เรียนค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้ที่ยึดหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) ซึ่งเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองและทางสังคม ที่ผู้เรียนต้องจัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่รับเข้ามา และสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง มีการปฏิสัมพันธ์กับสื่อ อุปกรณ์ หรือข้อมูลต่าง ๆ และสามารถศึกษา สืบค้น วิเคราะห์ ทดลองกับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้น พร้อมกับมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่าง

ผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่น ๆ เพื่อช่วยให้การเรียนรู้หลากหลายยิ่งขึ้น (Khammani, 2012) ดังนั้นการสอนวิทยาศาสตร์เป็นการสอนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการเรียนการสอนประเภทหนึ่งที่ทำให้ประสบการณ์ตรงแก่ผู้เรียน เป็นวิธีการสอนที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง (Laohapai-boon, 1999) เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการอันเป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนได้มีโอกาสปฏิบัติการจริงร่วมกัน มีโอกาสได้สัมผัสและใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการจึงเป็นวิธีการสอนที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การสรุปครอบคลุม ส่งเสริมให้ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีทักษะในด้านต่าง ๆ มากขึ้น ตลอดจนช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Srisa-ard, 1998)

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับรายวิชาปฏิบัติการของกลุ่มวิชาด้านเคมีวิเคราะห์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในประเทศไทย พบว่า เทคนิคการวิเคราะห์หนึ่งที่บรรจุเป็นบทปฏิบัติการของการจัดการเรียนการสอนในทุกหลักสูตร คือ เทคนิคการแยกสาร เนื่องจากเป็นเทคนิคทางเคมีวิเคราะห์ที่มีความสำคัญ สามารถนำมาใช้ในการแยกสารผสมที่มีองค์ประกอบซับซ้อนให้เป็นสารที่บริสุทธิ์ได้ ไม่ว่าจะเป็นการแยกสารด้วยเทคนิคการสกัด

(extraction) เทคนิคโครมาโทกราฟี (chromatography) และเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส (capillary electrophoresis; CE) งานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยสนใจพัฒนาทบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค CE เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพการแยกสูง ทำได้รวดเร็ว ใช้สารเคมีและสารตัวอย่างปริมาณน้อย (ระดับไมโครลิตร) และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น ด้านอาหาร ยา เครื่องสำอาง สมุนไพร สิ่งแวดล้อม แม้ว่าเทคนิคดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูง แต่เมื่อนำมาใช้เป็นบทปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนนั้นจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความจำเพาะและมีราคาแพง เนื่องจากหลักการแยกสารในเทคนิค CE นั้นอาศัยความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของสารแต่ละชนิดภายใต้สนามไฟฟ้า (Suntornsuk, 2008) ทำให้ต้องใช้เครื่องมือที่ออกแบบเป็นพิเศษ มีส่วนประกอบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงกำลังสูง ระบบควบคุมความร้อน และระบบป้องกันการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง ส่งผลให้เกิดปัญหาในเรื่องของจำนวนผู้เรียนต่อจำนวนเครื่องมือไม่สอดคล้องกัน ผู้เรียนบางคนจึงไม่มีส่วนร่วมในการทดลอง และขาดทักษะที่ควรจะได้จากการลงมือทำ นอกจากนี้สถานศึกษาบางแห่งอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของงบประมาณการซื้อครุภัณฑ์ขนาดใหญ่ ทำให้การเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับเทคนิค CE นี้มีเฉพาะในรายวิชาบรรยายเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนการสอนนิสิตวิทยาศาสตร์ เนื่องจากผู้เรียนขาดประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติจริง จึงทำให้ผู้เรียน

ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากทฤษฎีเข้ากับความ เป็นจริงได้ จากการศึกษาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทบทปฏิบัติการสำหรับการเรียนการสอนในหัวข้อเกี่ยวกับเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส พบว่า มีรายงานงานวิจัย 2 เรื่องเท่านั้น คือ Chia et al. (2011) ได้สร้างระบบของไหลจุลภาคหรือไมโครชิปที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์ สำหรับการสาธิตการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) ในการทดลองของวิชาเคมีทั่วไป และ Teerasong and McClain (2011) ได้สร้างอุปกรณ์ระบบของไหลจุลภาคที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์สำหรับการแยกสีย้อมสีแดงกับสีน้ำเงินด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ซึ่งเป็นที่เหมาะสมในการแนะนำให้นิสิตปริญญาตรีได้รู้จักกับระบบของไหลจุลภาค และยังเปิดโอกาสให้นิสิตได้ลงมือสร้างอุปกรณ์ด้วยตนเองอีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาทบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพเรื่องเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้ชุดอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการบนชิป (lab on chip) อย่างง่ายที่นิสิตสามารถสร้างขึ้นเองได้ด้วยกระบวนการที่ไม่ยุ่งยาก และใช้อุปกรณ์ในการสร้างที่สามารถหาได้ทั่วไปภายในห้องปฏิบัติการเคมีสำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เกี่ยวกับการแยกสีผสมอาหารด้วยเทคนิค CE และศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้อของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ โดยคาดว่าบท

ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถจำลองกระบวนการทดลองเชิงประจักษ์แก่ผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการบนชิพขนาดเล็กด้วยตนเอง รวมทั้งบทปฏิบัติการนี้จะทำให้นิสิตมีความรู้ความเข้าใจในหลักการแยกสารพื้นฐานของเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสมากขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน ส่งผลให้นิสิตมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง แคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส อยู่ในระดับมาก

### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในรูปแบบหนึ่งกลุ่มสอบก่อนและสอบหลังการทดลอง (one-group pretest-posttest design) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent samples *t*-test) โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

**กลุ่มที่ศึกษา** คือ นิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 รหัสวิชา คม 390 จำนวน 22 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็กที่ทำจากพอลิไดเมทิลไซลอกเซน (PDMS) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะด้านข้างของอุปกรณ์อิเล็กโทรโฟรีซิสขนาดเล็กที่ทำจาก PDMS

2. บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ประกอบด้วยบทปฏิบัติการที่ 1 การศึกษาการเคลื่อนที่ของสารด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส และบทปฏิบัติการที่ 2 การแยกสารผสมตัวอย่างสารละลายผสมระหว่างสารละลายปงโซ 4 อาร์ กับสารละลายเมทิลีนบลูด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าต่าง ซึ่งภายในบทปฏิบัติการประกอบด้วยข้อบปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ วัตถุประสงค์ หลักการ เครื่องมือและอุปกรณ์ สารเคมีและสารตัวอย่าง วิธีการทดลอง และแบบบันทึกผลการทดลอง เมื่อนำบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินคุณภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์พบว่าได้ผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีผลประเมินเฉลี่ยเท่ากับ  $4.71 \pm 1.92$  และการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส เป็นแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ จากร่างข้อสอบจำนวน 30 ข้อ เพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ เมื่อนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน

3 ท่านประเมินความเหมาะสมของภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าแบบทดสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 เมื่อนำไปทดลองใช้กับนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกพบว่าข้อสอบที่เลือกจำนวน 15 ข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40–0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป สำหรับค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR–20 ของคูเดอร์–ริชาร์ดสัน มีค่าเท่ากับ 0.80

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 15 ข้อจากร่างข้อสอบจำนวน 20 ข้อ โดยแบ่งเป็นทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะละ 5 ข้อ เมื่อนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินความเหมาะสมของภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าแบบทดสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 เมื่อนำไปทดลองใช้กับนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกพบว่า ข้อสอบที่เลือกจำนวน 15 ข้อมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40–0.76 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป สำหรับค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค มีค่าเท่ากับ 0.56

5. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิลีกโทรโพรีซิส เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ที่มีระดับความพึงพอใจ คือ มากที่สุด

(5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) น้อยที่สุด (1) จำนวน 15 ข้อจากร่างแบบสอบถามจำนวน 20 ข้อ เมื่อนำไปหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินความเหมาะสมของภาษาและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่าแบบสอบถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค พบว่าแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิลีกโทรโพรีซิส มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92

#### การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1. สุ่มนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 2 รหัสวิชา คม 390 จำนวน 22 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจงเพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. ทดสอบก่อนเรียนกับนิสิตโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิลีกโทรโพรีซิส และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. ดำเนินการสอนนิสิตด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิลีกโทรโพรีซิส จำนวน 6 ชั่วโมง ภายหลังจากจบให้นิสิตส่งแบบบันทึกผลการทดลองปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ภายใน 1 สัปดาห์ หลังทำบทปฏิบัติการเสร็จ

4. ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิลีกโทรโพรีซิส

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส

5. วิเคราะห์คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยใช้สถิติ dependent samples *t*-test

6. วิเคราะห์ความพึงพอใจหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของนิสิตกลุ่มตัวอย่างจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### ผลการวิจัย

การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส และนำไปทดลองใช้กับนิสิตปริญญาตรีหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งไม่ใช่ นิสิตกลุ่มตัวอย่างและเป็น นิสิตที่ไม่เคยเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ พบว่า นิสิตทำแบบทดสอบระหว่างเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.00 และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.44 จะเห็นได้ว่า บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่พัฒนา

ขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ 80.00/80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 (Fongsri, 2011)

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ของนิสิตปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 22 คน (ตาราง 1) พบว่า นิสิตมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนเท่ากับ  $4.91 \pm 1.55$  เมื่อนิสิตเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า นิสิตมีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนเท่ากับ  $12.47 \pm 1.33$  เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนด้วยสถิติที่ ได้ค่า *t* เท่ากับ  $-11.72$  และค่า *p* มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ )

**ตาราง 1** เปรียบเทียบผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง ( $n = 22$ )

การทดสอบ	Mean	SD	<i>t</i>	<i>p</i>
ก่อนเรียน	4.91	1.55	-11.72*	0.000
หลังเรียน	12.47	1.23		

\*แตกต่างกันที่  $p = 0.05$

จากการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนิสิตกลุ่มตัว

อย่างจำนวน 22 คน ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น (ตาราง 2) จะเห็นได้ว่า นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน เท่ากับ  $10.61 \pm 3.79$  เมื่อนิสิตเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า นิสิตมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนเท่ากับ  $25.36 \pm 3.32$  เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนด้วยสถิติที ได้ค่า  $t$  เท่ากับ  $-17.01$  และค่าพีมีค่าต่ำกว่า  $0.05$  แสดงว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ )

**ตาราง 2** เปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง ( $n = 22$ )

การทดสอบ	Mean	SD	$t$	$p$
ก่อนเรียน	10.61	3.79	$-17.01^*$	0.000
หลังเรียน	25.36	3.32		

\*แตกต่างกันที่  $p = 0.05$

จากผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ของนิสิตกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยและส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ  $4.15$  และ  $0.74$  แสดงว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส อยู่ในระดับมาก

## สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยใช้ชุดอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการบนชิพอย่างง่ายที่นิสิตสามารถสร้างขึ้นเองภายในห้องปฏิบัติการทั่วไป สำหรับนำมาใช้ในการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีในวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เกี่ยวกับการแยกสารด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ดังกล่าวนี้มีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  เท่ากับ  $80.00/80.44$  ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า  $80/80$  ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องจากคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ตามขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของ Phasuk (2000) และ Wongnapa (2005) กล่าวคือ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแยกสารด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และลงมือทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลข้อมูลที่ได้มาพัฒนาการทดลองให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2554 จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้สร้างบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่มีองค์ประกอบคือ ชื่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ วัตถุประสงค์ หลักการ เครื่องมือและอุปกรณ์ สารเคมีและสารตัวอย่าง วิธีการทดลอง และแบบบันทึกผลการทดลอง ซึ่งผู้เรียนได้ลงมือทดลองตามคู่มือปฏิบัติการทดลอง ที่มีหลักการ วิธีการทดลอง วิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ให้ โดยมีผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา อีกทั้งบทปฏิบัติการ



เคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจพิจารณาและแก้ไขทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ โดยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก จากนั้นคณะผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการดังกล่าวไปทดลองสอนกับนิสิตกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่ในนิสิตกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ครั้ง เพื่อดูความชัดเจนในการใช้ภาษา เนื้อหา และขั้นตอนในการทดลอง ตลอดจนความเหมาะสมขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะนำไปทดลองสอนในครั้งที่ 3 กับนิสิตกลุ่มย่อยจำนวน 30 คน โดยให้นิสิตทดลองเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ซึ่งได้ผลการวิจัยเป็นไปตามเกณฑ์  $E_1/E_2$  ไม่น้อยกว่า 80/80 และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนิสิตปริญญาตรีได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khukhanting (2010) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งผ่านการตรวจพิจารณาและแก้ไขทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นผู้วิจัยได้นำบทปฏิบัติการดังกล่าวไปทดลองสอนกับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีความสามารถเก่ง ปานกลาง และอ่อน จำนวน 3 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข และครั้งสุดท้ายนำไปทดลองสอนกับนักเรียน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการพบว่ามีความค่าเท่ากับ 80.26/80.71 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

จากการศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้าน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีหลักการที่สอดคล้องกับการเรียนเนื้อหาในภาคบรรยายของผู้เรียน และเชื่อมโยงความรู้เข้ากับชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลองด้วยตนเอง และสามารถแก้ไขปัญหาด้วยวิธีคิดแบบวิทยาศาสตร์ได้ ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการปฏิบัติการทดลอง สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับความรู้เดิมของผู้เรียนได้ ส่งผลให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Laohapaiboon (1999) คือ การเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐานสรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน และสอดคล้องกับแนวความคิดของ Khammani (2012) คือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง มีการปฏิสัมพันธ์กับสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ หรือข้อมูลต่าง ๆ และสามารถจัดกระทำ ศึกษา สืบค้น วิเคราะห์ทดลองกับสิ่งนั้น ๆ จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจพร้อมกับมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่น ๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนหลากหลายยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ชั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ พบว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการนี้มีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soamnoi (2005) ที่พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพฯ จำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ( $p < 0.01$ ) เนื่องจากนักเรียนได้เริ่มจากการกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล ลงมือปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลและสรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายการทดลองด้วยตนเองทั้งหมด ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับทั้งความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

จากผลประเมินความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส พบว่า นิสิตมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ดังกล่าวอยู่ในระดับมาก เป็นผลสืบเนื่องมาจากบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีเนื้อหาที่น่าสนใจและแปลกใหม่ เหมาะสมกับนิสิตระดับปริญญาตรี และเป็นบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการบนชีฟอย่างง่ายด้วยตนเอง ได้รู้จักวิธีใช้เครื่อง-

มือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ร่วมงานภายในกลุ่ม เกิดการแลกเปลี่ยนทางความคิดกับผู้อื่น ผู้เรียนรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีการแยกสารด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนจึงเกิดความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Somaket (2001) ที่ว่า การตอบสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงานจนเกิดความพึงพอใจ จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการตอบสนอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fakayode et al. (2012) ได้วิจัยเรื่องการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทางเรื่อง การหาปริมาณเหล็กในอาหารบางชนิด โดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีแบบเปลวไฟ เพื่อต้องการกระตุ้นบทบาทของนิสิตในการทดลอง ปรับปรุงการคิดเชิงวิพากษ์ และความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ทดลองกับนิสิตปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา ปฏิบัติการเครื่องมือวิเคราะห์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2010 จำนวน 11 คน พบว่า มีนิสิตจำนวน 9 คน รู้สึกตื่นตัวกับการทดลอง มีความสนุกในการทดลองที่ได้ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม และเห็นว่าเป็นวิธี การที่น่าสนใจกว่าการอ่านคู่มือการทดลอง

บทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เกี่ยวกับเทคนิคการแยกสารสำหรับนิสิตปริญญาตรีได้จริง ทำให้นิสิตมีประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสูงขึ้น

และมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ อยู่ในระดับมาก อย่างไรก็ตามควรศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ เช่น ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และควรมีการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์สำหรับประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเนื้อหาอื่น ๆ เช่น การตรวจวิเคราะห์สารในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2557

#### เอกสารอ้างอิง

- Chia, M. C., Sweeney, C. M., and Odom, T. W. (2011). Chemistry in microfluidic channels. **Journal of Chemical Education** 88(4): 461–464.
- Dechakhup, P. (2002). **Teaching Behavior in Science**. Bangkok: Technical Vocational Development Institute. (in Thai)
- Fakayode, S. O., King, A. G., Yakubu, M., Mohammed, K., and Pollard, D. A. (2012). Determination of Fe content of some food items by flame atomic absorption spectroscopy (FAAS): A guided-inquiry learning experience in instrumental analysis laboratory. **Journal of Chemical Education** 89(1): 109–113.
- Fongsri, P. (2011). **Educational Evaluation: Moving from Concept to Practice**. 6th ed. Bangkok: Ton Kaew. (in Thai)
- Khammani, T. (2012). **Science of Teaching: Knowledge for Effective Learning Management**. 15th ed. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)
- Khukhantini, S. (2010). **A Study on Efficiency of an Aerobic Treatment System for the Developing of Laboratory Directions “Waste Water Treatment” for Mathayomsuksa IV Students Patarapitayagan School**. Master’s Thesis in Education. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Laohapaiboon, P. (1999). **Teaching Science**. 3rd ed. Bangkok: Thai Watana Panich. (in Thai)
- Ministry of Education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)**. Retrieved from [http://www.curriculum51.net/viewpage.php?t\\_id=95](http://www.curriculum51.net/viewpage.php?t_id=95), January 1, 2014. (in Thai)
- Phasuk, S. (2000). **A Development of Laboratories for Natural Product Chemistry on Extraction and Separation of Chemical Components from Domestic Herbs for Rajabhat Institute’s Science Curriculum**. Doctoral Dissertation in Education. Bangkok: Srinakharinwirot University (in Thai)

- Soamnoi, T. (2005). **The Development of Laboratory Directions for Mathayomsuksa Students Entitled “Microorganisms for Decoloration of Textile Dyes”**. Master’s Thesis in Education. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Somaket, S. (2001). **A Comparison of Prathomsuksa 5 Students’ English Learning Achievement and Satisfaction between the Project Approach and the Teacher’s Book**. Master’s Thesis in Education. Mahasarakham: Mahasarakham University. (in Thai)
- Srinakharinwirot University, Faculty of Science. (2012). **Analytical Chemistry Laboratory 2**. Bangkok: Author. (in Thai)
- Srisa-ard, B. (1998). **Development of curriculum and instruction**. 2nd ed. Bangkok: Chomromdek Publishing House. (in Thai)
- Suntornsuk, L. (2008). **Capillary Electrophoresis**. Bangkok: Faculty of Pharmacy, Mahidol University. (in Thai)
- Teerasong, S., and McClain, R. L. (2011). A student-made microfluidic device for electrophoretic separation of food dyes. **Journal of Chemical Education** 88(4): 465–467.
- Wongnapa, P. (2005). **A Development of Science Laboratory Directions on Extraction and Isolation of Xanthones from Mangosteen Fruits for Twelfth Grade Students in Chanthaburi Province**. Master’s Thesis in Education. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)