

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้
เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
DEVELOPMENT OF ORGANIC CHEMISTRY LABORATORY LESSON WITH
TRANSITION INQUIRY-BASED LEARNING IN BASIC ANALYSIS OF
ORGANIC COMPOUNDS FOR UNDERGRADUATE STUDENTS

Received: December 3, 2020

Revised: January 18, 2021

Accepted: January 25, 2021

อุดมเดชา พลเยี่ยม¹ กุลธิดา นกุลธรรม^{2*} และทัตตริณ วรณเกตศิริ³
Udomdeja Polyium¹ Kulthida Nugultham^{2*} and Tussatrin Wannagatesiri³

^{1,2,3}มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน^{1,2,3}Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding Author, E-mail: kulthida.n@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ 2) ศึกษาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ และ 3) ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 จำนวน 16 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ใช้เวลาในการทำวิจัยรวม 8 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น เกณฑ์ประเมินทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัย พบว่า 1) บทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิภาพ 80.10/80.42 2) นักศึกษามีทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 2.40$, $SD = 0.16$) และ 3) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.79$, $SD = 0.41$)

คำสำคัญ: บทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ การเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The purpose of this research were: 1) to find the effectiveness of organic chemistry laboratory lesson with transition Inquiry-based learning, 2) to study the scientific Inquiry skills of the students, and 3) to evaluate the satisfaction of the students. The sample consisted of 16 first-year undergraduate students and obtained a purposive sampling. The implementation was eight hours. The research tools were the organic chemistry laboratory lesson with transition inquiry-based learning, a rubric for assessing scientific inquiry skills, a scientific inquiry

skills test, and a questionnaire for students' opinions on the organic chemistry laboratory lesson with transition inquiry-based learning. The data were analyzed using descriptive statistics. The results of the study were as follows: 1) the effectiveness of organic chemistry laboratory lesson was 80.14/80.25, 2) students have a high level of scientific Inquiry skills ($\bar{X}$ = 2.40, SD = 0.16), and 3) students have the highest level of satisfaction with organic chemistry laboratory lesson ($\bar{X}$ = 4.79, SD = 0.41).

Keywords: Organic Chemistry Laboratory Lesson, Transition Inquiry-Based Learning, Scientific Inquiry Skills

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีเป้าหมายพัฒนาคนที่มีคุณภาพ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและเป็นผู้ที่ใฝ่เรียนรู้ตลอดชีวิต กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ระดับปริญญาตรีด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ กำหนดคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ไว้คือเป็นผู้ที่มีความรู้ และมีทักษะพื้นฐานในการประกอบอาชีพ สามารถพัฒนาความรู้ใหม่ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการสังเกต ยอมรับความจริงตามหลักฐานที่ปรากฏ และให้คำอธิบายหลักฐานนั้นอย่างมีเหตุผล (Office of the Higher Education Commission, 2012, p. 6) ซึ่งเป็นคุณลักษณะของทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry Skills) (National Research Council, 2000) ทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักศึกษาควรได้รับการพัฒนา ได้แก่ ทักษะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการออกแบบและการสำรวจตรวจสอบ ทักษะการวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล ทักษะการสร้างคำอธิบาย และทักษะการสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ (Winkelmann et al., 2015, p. 247) หากในสภาพการจัดการศึกษาในระดับอุดมศึกษากลับพบว่า การจัดกิจกรรมภาคปฏิบัติยังไม่สามารถพัฒนานักศึกษาให้เกิดทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ตามความคาดหวัง ดังเช่น กิจกรรมการทดลองในรายวิชาเคมีอินทรีย์ พบว่า นักศึกษาขาดทักษะการออกแบบการทดลอง การแปลความหมายและการอธิบายข้อมูลจากการทดลอง การให้เหตุผลและการลงข้อสรุป (Lorenzo et al., 2012, pp. 74-79) ทั้งนี้ เนื่องจากกิจกรรมภาคปฏิบัติยังมีลักษณะเป็นการทดลองแบบดั้งเดิม (Traditional Laboratory) หรือที่เรียกว่า บทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหาร (Cookbook Experiments) (Wu, 2013, pp. 460-461) ซึ่งบทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหารมีเป้าหมายให้นักศึกษาเรียนรู้หลักการมากกว่าการส่งเสริมให้เรียนรู้วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบและยืนยันทฤษฎีที่ผู้สอนนำเสนอในภาคบรรยาย (Laredo, 2013, p. 1151) ให้ผู้เรียนได้เห็นผลการทดลองที่ผู้สอนคาดการณ์ไว้ตั้งแต่ตอนต้น กิจกรรมการทดลองจึงให้ผู้เรียนทำการทดลองตามขั้นตอนที่ผู้สอนเขียนไว้อย่างละเอียดในบทปฏิบัติการ (Weaver et al., 2016, pp. 847-849) นั่นคือ การทดลองด้วยบทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหาร ไม่ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ขณะทำการทดลอง ทำให้ผู้เรียนไม่ได้เรียนรู้การออกแบบการทดลอง และพบปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการทดลองน้อยมาก ดังนั้น การทดลองด้วยบทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหารจึงเป็นการทดลองที่ไม่ได้สร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้รับการฝึกทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างเต็มศักยภาพ ส่งผลให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่แท้จริงขาดหายไป

ทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Hale-Hanes, 2015, pp. 1320-1324) โดยการเปลี่ยนบทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหารไปเป็นบทปฏิบัติการแบบสืบเสาะหาความรู้และดำเนินกิจกรรมการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการให้ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการขั้นตอนต่างๆ ให้มากที่สุด ตามหลักการพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ ตามระดับที่ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการจากระดับน้อยไปมาก ดังนี้ การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) การสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง (Structured Inquiry) การสืบเสาะหาความรู้แบบแนะแนวทาง (Guided Inquiry) และการสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) (Xu & Talanquer, 2013a, p. 31) งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการแบบตำราทำอาหารไปเป็นบท

ปฏิบัติการแบบสืบเสาะหาความรู้ และการเปลี่ยนบทบาทปฏิบัติการแบบสืบเสาะหาความรู้ให้มีระดับการสืบเสาะหาความรู้ที่สูงขึ้น ดังเช่น Zion and Mendelovici (2012) พัฒนาการทดลองแบบสืบเสาะหาความรู้แบบนำทางขึ้นไปเป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด Xu and Talanquer (2013b) เปลี่ยนการสืบเสาะหาความรู้แบบแนะแนวทางลงไปสู่ระดับเป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง Collison et al. (2018) เปลี่ยนบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ด้านเทคนิคปฏิบัติการจากบทบาทปฏิบัติการแบบดั้งเดิมไปเป็นบทบาทการสืบเสาะหาความรู้แบบแนะแนวทาง จากข้อมูลดังกล่าวมา การพัฒนาบทบาทปฏิบัติการแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีประเด็นที่ควรพัฒนา คือ การให้ผู้เรียนทำกิจกรรมการทดลองด้วยบทบาทการที่มีลำดับการสืบเสาะหาความรู้จากระดับต่ำขึ้นไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในระดับสูง และเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสืบเสาะหาความรู้เป็นไปตามลำดับขั้น โดยเฉพาะการที่ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานและธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์ การเตรียมความพร้อมต่อขั้นตอนการเรียนรู้ ดังนั้น จึงต้องมีการออกแบบบทบาทปฏิบัติการที่มีการเลื่อนระดับของการสืบเสาะหาความรู้ โดยที่เริ่มต้นจากระดับการสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง เลื่อนไปเป็นระดับการสืบเสาะหาความรู้แบบแนะนำแนวทาง และเลื่อนไปสู่ระดับการสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจการพัฒนาบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาบทบาทปฏิบัติการดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
2. เพื่อศึกษาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1.1 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 2 หมู่เรียน รวมทั้งหมด 35 คน
 - 1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐานในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1 หมู่เรียน รวม 16 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง
2. ตัวแปรที่ศึกษา
 - 2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ด้วยบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
 - 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทบาทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาของรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐาน รหัสวิชา ST2042101 ตามหลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 1 หน่วยเรียน เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 บทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยบทปฏิบัติการชุดนี้ ประกอบด้วย การทดลองจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ การทดลองที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ เป็นการสืบเสาะหาความรู้ในระดับกำหนดแนวทาง การทดลองที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสมบัติการละลาย เป็นการสืบเสาะหาความรู้ในระดับกำหนดแนวทาง การทดลองที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากปฏิกิริยาเคมี เป็นการสืบเสาะหาความรู้ในระดับแนะแนวทาง และการทดลองที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง เป็นการสืบเสาะหาความรู้ในระดับเปิด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความตรงตามเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00

4.2 เกณฑ์ประเมินทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบรูบริก (Rubrics Score) ประกอบด้วยประเด็นที่ทำการประเมิน (Criteria) 5 ประเด็น ซึ่งแต่ละประเด็นกำหนดระดับความสามารถ (Performance Levels) จำนวน 4 ระดับ คือ 0 - 3 ประเด็นที่ทำการประเมิน ได้แก่ 1) การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) การออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ 3) การวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล 4) การสร้างคำอธิบาย และ 5) การสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นในการวัด มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00

4.3 แบบวัดทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ซึ่งครอบคลุมทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) การออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ 3) การวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล 4) การสร้างคำอธิบาย และ 5) การสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความตรงตามเนื้อหาและความตรงเชิงโครงสร้าง มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00

4.4 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) และน้อยที่สุด (1) จำนวน 6 ข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความความชัดเจนของคำถามและความถูกต้องของภาษาที่ใช้ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.67 - 1.00 นำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 6 ข้อไปทดลองใช้ (Try Out) และหาความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.951

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ นักศึกษาแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีสมาชิกจำนวน 4 คน และทำการทดลองด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐานแบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง ดังนี้

5.1 สัปดาห์ที่ 1 การทดลองเรื่องการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ เป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง (Structured Inquiry) โดยอาจารย์ผู้สอนตั้งคำถามและให้ความรู้และทฤษฎีพื้นฐาน อาจารย์ให้นักศึกษาทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ นักศึกษาช่วยกันทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอและสรุปผลการทดลอง

5.2 สัปดาห์ที่ 2 การทดลองเรื่องการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสมบัติการละลาย เป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบกำหนดแนวทาง (Structured Inquiry) โดยอาจารย์ผู้สอนตั้งคำถามและให้ความรู้และทฤษฎีพื้นฐาน อาจารย์ให้นักศึกษาทำ

การทดลองตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้ นักศึกษาช่วยกันทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอและสรุปผลการทดลอง

5.3 สัปดาห์ที่ 3 การทดลองเรื่องการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากปฏิกิริยาเคมี เป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบแนะแนวทาง (Guided Inquiry) โดยอาจารย์ผู้สอนตั้งคำถามและให้ความรู้และทฤษฎีพื้นฐาน อาจารย์และนักศึกษาร่วมกันออกแบบการทดลอง นักศึกษาช่วยกันทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอและสรุปผลการทดลอง

5.4 สัปดาห์ที่ 4 การทดลองเรื่องการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง เป็นการสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) โดยอาจารย์ผู้สอนกำหนดปัญหาและให้ความรู้และทฤษฎีพื้นฐาน นักศึกษาช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาที่ได้รับ และร่วมกันตั้งคำถามและออกแบบการทดลอง นักศึกษาช่วยกันทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอและสรุปผลการทดลอง

5.5 ทำการประเมินทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จากแบบรายงานผลการทดลอง เพื่อรวบรวมคะแนนไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)

5.6 ให้นักศึกษาทำแบบวัดทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หลังจากทำกิจกรรมการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 เพื่อรวบรวมคะแนนทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)

5.7 ให้นักศึกษาทำแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้เรื่องการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลังจากทำกิจกรรมการทดลองในสัปดาห์สุดท้าย

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยการหาค่าร้อยละของ E1/E2

6.2 วิเคราะห์ทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

6.3 วิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิจัย

1. ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น

บทปฏิบัติการ	ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ		
	คะแนน	$\bar{X}$	ร้อยละ
การทดลองที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์	169	10.56	70.42
การทดลองที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสมบัติการละลาย	189	11.83	78.75
การทดลองที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากปฏิกิริยาเคมี	198	12.38	82.50
การทดลองที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง	213	13.31	88.75
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)	769	12.02	80.10
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)	193	12.06	80.42

จากตาราง 1 บทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) ซึ่งได้คะแนนรวมระหว่างเรียนร้อยละ 80.10 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) ซึ่งได้คะแนนหลังเรียนร้อยละ 80.42 นั่นคือ บทปฏิบัติการชุดนี้มีประสิทธิภาพ 80.10/80.42 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่กำหนดไว้

2. ผลการศึกษาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการศึกษาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น

บทปฏิบัติการ	ทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์		
	$\bar{X}$	SD	ระดับ
การทดลองที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์	2.11	0.27	สูง
การทดลองที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสมบัติการละลาย	2.37	0.26	สูง
การทดลองที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากปฏิกิริยาเคมี	2.48	0.19	สูง
การทดลองที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง	2.66	0.22	สูงมาก
รวมเฉลี่ย	2.40	0.16	สูง

จากตาราง 2 นักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 2.40$, $SD = 0.16$) และคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นตามลำดับการทดลอง โดยการทดลองที่ 1 เรื่อง การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ การทดลองที่ 2 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากสมบัติการละลาย และการทดลองที่ 3 เรื่อง การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันจากปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ส่วนการทดลองที่ 4 เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ตัวอย่าง มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูงมาก ดังนั้น จึงสรุปได้ว่านักศึกษาที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น มีทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง

3. ผลการศึกษาค้นคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการประเมินความคิดเห็นของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้

รายการ	ความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. บทปฏิบัติการมีเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลที่ชัดเจน	4.81	0.40	มากที่สุด
2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แต่ละครั้งมีความชัดเจน	4.88	0.34	มากที่สุด
3. คำแนะนำขณะฝึกปฏิบัติช่วยให้เข้าใจปัญหาและวิธีการหาคำตอบ	4.88	0.34	มากที่สุด
4. คำถามก่อนการทดลองช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดและนำมาใช้ในสิ่งที่กำลังทดลอง	4.69	0.48	มากที่สุด
5. วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี เพียงพอกับการฝึกปฏิบัติ	4.75	0.45	มากที่สุด
6. มีการตรวจผลงานของผู้เรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างต่อเนื่อง	4.75	0.45	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.79	0.41	มากที่สุด

จากตาราง 3 นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.79$, S.D. = 0.41) และมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดทุกรายการ โดยพิจารณาคะแนนค่าเฉลี่ยสูงสุดสามอันดับแรกนักศึกษามองว่าการสืบเสาะหาความรู้แต่ละครั้งมีความชัดเจน และคำแนะนำขณะฝึกปฏิบัติช่วยให้เข้าใจปัญหาและวิธีการหาคำตอบ และบทปฏิบัติการมีเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลที่ชัดเจน ในส่วนของคะแนนค่าเฉลี่ยต่ำสุดนักศึกษามีความพึงพอใจในคำถามก่อนการทดลองช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดและนำมาใช้ในสิ่งที่กำลังทดลอง

อภิปรายผล

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า มีประสิทธิภาพ 80.10/80.42 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ เนื่องจากการสร้างบทปฏิบัติการดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาตามแนวทางของ Buck et al. (2008, pp. 52-58) และ Xu and Talanquer (2013a, p. 31) โดยนำคุณลักษณะของระดับการสืบเสาะหาความรู้ในห้องปฏิบัติการมาเป็นเกณฑ์พิจารณาระดับการสืบเสาะหาความรู้ของบทปฏิบัติการเดิม และดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการให้มีระดับการสืบเสาะที่สูงขึ้น ซึ่งหลักการพื้นฐานสำหรับการพัฒนาบทปฏิบัติการ ได้แก่ การตอบคำถามให้ได้ว่าหัวข้อใดของบทปฏิบัติการที่ควรเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอะไร เปลี่ยนแปลงอย่างไร และจะตรวจสอบได้อย่างไรว่าบทปฏิบัติการใหม่เปลี่ยนระดับการสืบเสาะแล้ว (Lott, 2011) การตัดลดรายละเอียดของขั้นตอนการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดวางแผน แก้ปัญหา และรับผิดชอบการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในการทดลองเพิ่มมากขึ้น (Zion & Mendelovici, 2012) ดังนั้น การพัฒนาบทปฏิบัติการจากการสืบเสาะหาความรู้ระดับหนึ่งขึ้นไปอีกระดับ เป็นดังนี้ การพัฒนาบทปฏิบัติการแบบยั่งยืนไปเป็นแบบกำหนดแนวทาง ให้เปลี่ยนชื่อการทดลองไปเป็นคำถาม ผู้สอนไม่ต้องกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง ใช้คำถามที่มีความเป็นกลางซึ่งสามารถหาคำตอบได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้การพัฒนาบทปฏิบัติ การแบบกำหนดแนวทางไปเป็นบทปฏิบัติการแบบแนะนำแนวทาง ในบทปฏิบัติการไม่ต้องกำหนดวิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลองและกราฟ ให้ตั้งคำถามและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น ต้องใช้ในการหาคำตอบให้พร้อม โดยผู้สอนคอยแนะนำผู้เรียนในการค้นหาตัวแปรและวิธีที่จะวัดตัวแปรเหล่านั้น ส่วนการพัฒนาบทปฏิบัติการแบบแนะนำแนวทางไปเป็นบทปฏิบัติการแบบเปิด ให้ขับเคลื่อนด้วยการตั้งคำถามและให้ผู้เรียนสร้าง

คำถามของตัวเองและเป็นคำถามที่สามารถทดสอบได้ ผู้สอนจะช่วยขัดเกลาคำถามนั้นให้เป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (Volkman & Abell, 2003; Whitworth et al., 2013) และการพัฒนาทบทปฏิบัติการให้คำนึงถึงธรรมชาติของเนื้อหา โดยทบทปฏิบัติการที่มีลักษณะของเนื้อหาที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธีหรือเป็นเนื้อหาสาระที่ผู้สอนประเมินแล้วว่าทักษะที่ใช้ในการสืบเสาะหาคำตอบนั้น ผู้เรียนไม่ต้องได้รับการแนะนำจากผู้สอนเพิ่มอีกมากนักทบทปฏิบัติการดังกล่าวเหมาะสำหรับการสืบเสาะในระดับสูง (Open Inquiry) ส่วนทบทปฏิบัติการที่มีเนื้อหาเน้นการฝึกทักษะปฏิบัติการและเทคนิคการทดลองพื้นฐาน การสืบเสาะจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อใช้การสืบเสาะในระดับต่ำ และควรพิจารณาจากบริบท ได้แก่ ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ความสามารถในการทำงานในกลุ่ม ความสามารถในการทำงานด้วยตนเอง วัฒนธรรมในห้องเรียน รูปแบบการเรียนรู้ ระดับความรู้ และประสบการณ์ในอดีตของผู้เรียนในการทำกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ ปัจจัยเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเลือกระดับของทบทปฏิบัติการที่เหมาะสม เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยระดับการสืบเสาะที่เหมาะสม ผู้เรียนจะได้รับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและมีความก้าวหน้าในการดำเนินการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ การที่ทบทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพยังมาจากการสร้างทบทปฏิบัติการนี้ ผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณ ด้วยการพิจารณาทั้งความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องของคำอธิบายรายวิชาปฏิบัติการเคมีอินทรีย์พื้นฐานและผลการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chooruk et al. (2014, p. 663) ซึ่งได้วิจัยเรื่องการพัฒนาทบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง การหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงอย่างง่ายสำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี โดยทบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้วจึงนำไปใช้วิจัย พบว่า ทบทปฏิบัติการดังกล่าวมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. ระดับทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยทบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์แบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า อยู่ในระดับสูง

การศึกษาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากทบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์มีการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้จากการสืบเสาะหาความรู้ในระดับกำหนดแนวทางของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 เลื่อนไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในระดับแนะแนวทางของการทดลองที่ 3 และเลื่อนขึ้นไปเป็นการสืบเสาะหาความรู้ในระดับเปิดในการทดลองที่ 4 ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้แต่ละระดับจะส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในลักษณะที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะกลไกความเกี่ยวข้องและส่งเสริมซึ่งกันและกัน โดยการสืบเสาะหาความรู้ระดับกำหนดแนวทางส่งเสริมการฝึกทักษะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ และเทคนิคการทดลอง การสืบเสาะหาความรู้ระดับแนะแนวทางมุ่งส่งเสริมทักษะการออกแบบการทดลอง ส่วนการสืบเสาะหาความรู้ระดับเปิด ส่งเสริมให้ผู้เรียนฝึกทักษะการตั้งคำถามที่สามารถนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบด้วยการออกแบบและดำเนินการทดลองด้วยตัวเอง เพื่อตอบคำถามที่ตั้งไว้ อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Hale-Hanes (2015) ที่พบว่า การสืบเสาะหาความรู้ระดับต่ำมีความสำคัญมากเพราะเป็นการให้ความรู้พื้นฐาน เทคนิคปฏิบัติการ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการการสืบเสาะหาความรู้ในระดับสูงขึ้นไป

3. ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด

การประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์เบื้องต้น นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้ เนื่องมาจากรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ด้วยการเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ มีลำดับของแต่ละการทดลองทั้งทบทปฏิบัติการและกิจกรรมการทดลองมีความชัดเจน เริ่มจากสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองแบบกำหนดแนวทาง ตามด้วยสัปดาห์ที่ 3 เป็นการทดลองแบบแนะแนวทาง และสัปดาห์สุดท้ายเป็นการทดลองแบบเปิดตามลำดับ ซึ่งการวางลำดับการสืบเสาะในลักษณะดังกล่าว เป็นการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ใช้อุปกรณ์และพัฒนาเทคนิคต่างๆ เพิ่มขึ้นตาม ลำดับการทดลอง รวมไปถึงนักศึกษาได้ฝึกทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม

เกิดกระบวนการร่วมกันคิด วิเคราะห์ หาคำตอบ และประการสำคัญ คือ มีโอกาสได้เรียนรู้กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งคำถาม การออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งทำให้นักศึกษาเกิดความท้าทาย มีความสนุกกับการตั้งคำถาม และการค้นหาคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thitivorn et al. (2018, p. 16) ซึ่งวิจัยเรื่องการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิสเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนิสิตปริญญา พบว่า นิสิตที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ซึ่งอยู่ในระดับมากเนื่องจากบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีเนื้อหาที่น่าสนใจและแปลกใหม่ เหมาะสมกับนิสิตระดับปริญญาตรี และสอดคล้องกับ Ural (2016, p. 217) ที่ศึกษาทัศนคติของนักศึกษาต่อบทปฏิบัติการทดลองสืบเสาะหาความรู้ในระดับแนะแนวทางรายวิชาปฏิบัติการเคมี โดยทำการทดลองกับนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ระดับปริญญาตรี พบว่า ผู้เรียนสนุกกับรูปแบบของการทดลองที่ได้ฝึกทักษะการทดลองและการคิดวิเคราะห์ ทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการปฏิบัติการเคมีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งมีความวิตกกังวลในการปฏิบัติการเคมีลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ เรื่อง การวิเคราะห์สารอินทรีย์ เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.2 เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาบทปฏิบัติการแบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้ ในรายวิชาทางวิทยาศาสตร์ ระดับปริญญาตรี

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาว่าบทปฏิบัติการแบบเลื่อนระดับการสืบเสาะหาความรู้มีผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือทักษะการคิดแบบต่างๆ ของผู้เรียนหรือไม่ อย่างไร

References

- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Chooruk, J., Ratanawimanwong, N., & Dornbhandit, P. (2014). Development of an analytical chemistry Laboratory course with use of home-made colorimeter for undergraduate student. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33(6), 657-664. [in Thai]
- Collison, C. G., Kim, T., Cody, J., Anderson, J., Edelbach, B., Marmor, W., Kipsang, R., Ayotte, C., Saviola, D., & Nizio, J. (2018). Transforming the Organic Chemistry Lab Experience: Design, Implementation, and Evaluation of Reformed Experimental Activities—REActivities. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 55-61. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00234>
- Hale-Hanes, C. (2015). Promoting student development of models and scientific inquiry skills in acid-base chemistry: An important skill development in preparation for AP chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1320-1324.

- Laredo, T. (2013). Changing the first-year chemistry laboratory manual to implement a problem-based approach that improves student engagement. *Journal of Chemical Education*, 90(9), 1151–1154
- Lorenzo, M. G., Reverdito, A. M., Blanco, M., & Salerno, A. (2012). Difficulties of undergraduate students in the organic chemistry laboratory. *Problems of Education in the 21st Century*, 42(1), 74-81.
- Lott, K. (2011). Fire up the inquiry. *Science and Children*, 48(7), 29-33.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Office of the Higher Education Commission. (2012). *Announcement of the ministry of education on bachelor's degree qualifications science and mathematics B.E. 2554*. Bangkok: Ministry of Education. [in Thai]
- Thitivor, Y., Jittangprasert, P., Pumsa-ard, K., & Dornbundit, P. (2018). Development of an analytical chemistry laboratory on capillary electrophoresis technique to Investigate undergraduates' learning efficiency. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 9(1), 16-27. [in Thai]
- Ural, E. (2016). The effect of guided-inquiry laboratory experiments on science education students' chemistry laboratory attitudes anxiety and achievement. *Journal of Education and Training Studies*, 4(4), 217-227.
- Volkman, M. J., & Abell, S. K. (2003). Rethinking laboratory tools for converting cookbook labs into inquiry. *The Science Teacher*, 70(6), 38-41.
- Weaver, M. G., Samoshin, A. V., Lewis, R. B., & Gainer, M. J. (2016). Developing students' critical thinking, problem solving, and analysis skills in an inquiry-based synthetic organic laboratory course. *Journal of Chemical Education*, 93(5), 847–851.
- Whitworth, B. A., Maeng, J. L., & Bell R. L. (2013). Teacher's toolkit: differentiating inquiry. *Science Scope*, 37(2), 10-17.
- Winkelmann, K., Baloga, M., Marcinkowski, T., Giannoulis, C., Anquandah, G., & Cohen, P. (2015). Improving students' inquiry skills and self-efficacy through research-inspired modules in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(2), 247-255.
- Wu, J. (2013). Mutation-based learning to improve student autonomy and scientific inquiry skills in a large genetics' laboratory course. *CBE—Life Sciences Education*, 12(3), 460-470.
- Xu, H., & Talanquer, V. (2013a). Effect of the level of inquiry on student interactions in chemistry laboratories. *Journal of Chemical Education*, 90(1), 29-36.
- Xu, H., & Talanquer, V. (2013b). Effect of the level of inquiry of lab experiments on general chemistry student' written reflections. *Journal of Chemical Education*, 90(1), 21-28.
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.