

**การจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ
ด้วยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตเมตรีสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร**

**Learning Experience Topic in Dissolve Nitrate Analysis by
Spectrophotometric Method for Vocational Agricultural Students**

ภาณุชัย ประมวล* และณัฐกร อินทรวิชะ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

*Email : phanuchai.p@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาประมงและพืชศาสตร์ จำนวน 23 คน ของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่แบบประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต่อการจัดประสบการณ์เรียนรู้ แบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังการจัดประสบการณ์เรียนรู้ ผลการประเมินการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต่อการจัดประสบการณ์เรียนรู้ พบว่าประสบการณ์การเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก ค่าคะแนนเฉลี่ยทุกองค์ประกอบเท่ากับ 2.81 จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 การวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่าพฤติกรรมของผู้เรียนให้ความสนใจระดับมาก ค่าคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมเท่ากับ 8.43 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังการจัดประสบการณ์เรียนรู้ พบว่า นักเรียนร้อยละ 31 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 80

คำสำคัญ : ประสบการณ์เรียนรู้ ไนเตรท สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร

Abstract

The objective of this research was to study the achievement of vocational agriculture students's learning experience in analyzing the dissolved nitrate by spectrometer photometer. The samples were 23 fisheries and plant science students of College of Agriculture and Technology, Nakhon Si Thammarat Thailand. The study tools were learning outcome test on learning experience, student behavior test, and learning achievement test. The learning outcome evaluation by professionals showed that the learning experience in analyzing dissolved nitrate by spectrometer photometer was appropriate for agricultural vocational students at the high level (2.81 from 3, S.D = 0.40). The behavior evaluation showed that the students paid attention to learning with the high level (8.43 from 10) and the learning achievement evaluation showed that 31 percent of the subjects were able to answer 80% of the questions correctly.

Keywords : learning experience; nitrate; Spectrophotometric; vocational agricultural students

บทนำ

วิทยาศาสตร์เป็นความรู้พื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนหรือนักศึกษา ซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีผลต่อการพัฒนาประเทศ แต่จากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [1] สรุปผลการวิจัย PISA 2015 (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของกลุ่มประเทศสมาชิกและประเทศร่วมโครงการขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจ หรือ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) มีค่าคะแนนมาตรฐานที่ 493 คะแนน ซึ่งคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย คือ 421 คะแนน แต่น้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐาน โดยเฉพาะกลุ่มของนักเรียนกลุ่มวิทยาลัยอาชีวศึกษาของรัฐได้คะแนนเฉลี่ยที่ 382 คะแนน กลุ่มนักเรียนอาชีวเกษตรเป็นส่วนหนึ่งของนักเรียนอาชีวศึกษาของรัฐ มีการเรียนการสอนในสาขาวิชาพืช สัตว์ และประมง เป็นสาขาวิชาที่มีความจำเป็นที่ต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่าสาขาอื่นๆ แต่การจัดการเรียนการสอนของอาชีวศึกษามีข้อจำกัด เนื่องจากการเรียนการสอนที่เน้นทางด้านการฝึกทักษะอาชีพ มากกว่าการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้มีหน่วยกิตการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์น้อยกว่าสายสามัญ ซึ่งเป็นข้อจำกัดของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการหาวิธีการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษาปวส. โดยเลือกวิธีการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ได้รับการยืนยันว่าสามารถเพิ่มผลการเรียนรู้ได้ เช่น การศึกษาของ Rakthai [2] การออกแบบประสบการณ์เรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ถึงเรื่อง Phytoremediation ที่เป็น การเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษา ซึ่งพบว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีผลสัมฤทธิ์การเรียนจากแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.92 ซึ่งวิธีการศึกษาที่สอดคล้องกับ Arpapong [3] การออกแบบประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพิลิกส์ธรรมชาติให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้องค์ความรู้เรื่อง urban heat island

ซึ่งพบว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีผลสัมฤทธิ์การเรียนจากแบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.92 ซึ่งวิธีการศึกษาที่สอดคล้องกับการศึกษาของ ศักดิ์ศรี และภรณ์ภว [4] เป็นการจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการเล่นกีฬาเนบอลสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญออกแบบเนื้อหาให้สอดคล้องกับภาคปฏิบัติ โดยนักเรียนร้อยละ 80 สามารถเรียนรู้กฎกติกาวิธีการเล่นกีฬาเนบอลจากสถานการณ์ที่ผู้เชี่ยวชาญออกแบบได้ ทั้งนี้ นักเรียนไม่เคยรู้จักกฎกติกาวิธีการเล่นกีฬาเนบอลมาก่อน

จากการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่กล่าวมาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ให้กับนักศึกษา ปวส. โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ด้านการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำ ด้วยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ของ Cataldo [5] โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา และเลือกวิธีการจัดประสบการณ์เรียนรู้ของ Tyler [6] ว่าประสบการณ์เรียนรู้ หมายถึง การแสดงออกอย่างกระตือรือร้นของผู้เรียน ต่อสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่คุณสอนได้กำหนดไว้ และวิธีการเขียนเอกสารประกอบการสอนและแผนการสอนของสมสุดา ผู้พัฒน์ และโสภณ ธนมาย [7] ซึ่งการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำ มีความจำเป็นสำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร สาขาสัตว วิทยาศาสตร์ และประมง เนื่องจากไนเตรทเป็นองค์ประกอบที่มีอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำ หรือพืชได้ ทำให้ผลผลิตออกมาได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ รวมทั้งไนเตรทยังอาจส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลมากขึ้น ซึ่งในกระบวนการเรียนการสอนการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำของทางหลักสูตรอาชีวศึกษาเกษตรนั้น ยังใช้วิธีการทดสอบอย่างง่ายไม่สามารถบอกผลค่าการวิเคราะห์ที่ละเอียด ทำให้อยากต่อการแก้ไขหรือดำเนินการถึงสิ่งนี้อาจเป็นผลทางลบ และประกอบกับนักศึกษาเกษตรไม่ได้เคยมีโอกาสใช้เครื่องมือขั้นสูงที่สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในน้ำ ด้วยเครื่องมือขั้นสูง

(เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์) ที่สามารถทำการวัดความเข้มของแสงช่วงความยาวคลื่นแคบๆ ได้อย่างต่อเนื่องตามต้องการ และใช้ตัวไวแสงที่มีประสิทธิภาพสูง [8] สามารถบอกผลค่าการวิเคราะห์ที่ละเอียดได้ดีกว่าวิธีการทดสอบอย่างง่าย จึงยิ่งขาดความชำนาญในการปฏิบัติในการวิเคราะห์หาค่าปริมาณไนเตรทในน้ำ

การวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อออกแบบประสบการณ์เรียนรู้การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร วัดผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบ ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้เป็นการเสริมทักษะการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำโดยเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง ที่สอดคล้องกับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 [9] ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียน ระดับ ชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงทั้งหมดจำนวน 71 คน ของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครศรีธรรมราช

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาประมงและพืชศาสตร์ ทั้งหมดจำนวน 23 คน (เพศชาย 21 คน เพศหญิง 2 คน) ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยกำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้คัดเลือกนักเรียนที่มีพื้นฐานวิทยาศาสตร์ มีความสนใจในการทำปฏิบัติการ และไม่มีความรู้และทักษะการใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มาก่อน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของ Cataldo [5] วิธีการจัดประสบการณ์เรียนรู้ของ Tyler [6] วิธีการเขียนเอกสารประกอบการสอนและแผนการสอนของ สมสุดา ผู้พัฒน์ และโสภณ ธนมัย [7]

และวิธีการสอนรูปแบบต่างๆ จากเอกสาร งานวิจัยต่างๆ ที่มีผู้ศึกษาวิจัยไว้ก่อนหน้านี้

2.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ได้แก่ ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรจำนวน 3 คน ที่มีต่อการจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร และคะแนนผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังการจัดประสบการณ์เรียนรู้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและแบบประเมินผลการศึกษาประกอบไปด้วย

3.1 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Biochrom model รุ่น Libra S12 เครื่องแก้วสำหรับทดลองทางวิทยาศาสตร์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ

3.2 แบบประเมินผลการศึกษา

(1) แบบประเมินผลการจัดประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต่อการจัดประสบการณ์เรียนรู้และแบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน โดยลงคะแนนในแบบประเมิน

(2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังการจัดประสบการณ์เรียนรู้ โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 23 คน ทำแบบทดสอบหลังการจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร โดยใช้รูปแบบคำถามตอบถูก ผิด ตัวอย่างเช่น

ข้อที่ 1 ไนเตรทเป็นสารอินทรีย์รูปหนึ่ง
ที่ถือเป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืช ถูกหรือผิด

ข้อที่ 10 แหล่งที่มาของไนเตรท
ในบ่อเพาะเลี้ยง เกิดขึ้นได้จากอาหารปลาที่เหลือ ซึ่ปลา
และซากสัตว์ที่ตายในบ่อ ถูกหรือผิด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

4.1 การวิเคราะห์ผลการออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรตามวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำของ Cataldo และวิธีการเขียนเอกสาร

ประกอบการสอนและแผนการสอนของ สมศดา ผู้พัฒนา และโสภณ ธนมาย โดยใช้แบบประเมินผลการ จัดประสบการณ์เรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญการสอน วิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน เป็นผู้ประเมิน วิเคราะห์ ผลการประเมินโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน

4.2 วิเคราะห์ผลการแบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนที่ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน เป็นผู้ประเมิน วิเคราะห์ผลการประเมินโดยใช้ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์ เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดย วิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียน อาชีวศึกษาเกษตร โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ โดยกำหนดว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนต้องตอบ คำถามเกี่ยวกับความสำคัญของ การวิเคราะห์ ไนเตรทในน้ำ และหลักการวิเคราะห์ของเครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้ถูกต้อง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และต้องสามารถวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ ได้ถูกต้องโดยค่า R^2 ไม่น้อยกว่า 0.95

ผลการวิจัย

1. การออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทาง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร

1.1 ความหมายและองค์ประกอบของ ประสบการณ์เรียนรู้ (Learning Experience) ประสบการณ์เรียนรู้หมายถึงการแสดงผลออกอย่าง กระตือรือร้นของผู้เรียนต่อสถานการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตาม วัตถุประสงค์ที่ผู้สอน กำหนดไว้ [6] การจัด ประสบการณ์เรียนรู้ เป็นการจัดการศึกษารูปแบบหนึ่ง ที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม [7] ดังนั้นในการ ถ่ายทอดความรู้ใดๆ ที่มีเป้าหมายอยู่ที่การเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมจึงจำเป็นต้องมีจัดประสบการณ์เรียนรู้ ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ การออกแบบ ประสบการณ์เรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปสู่การ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป้าหมายได้ต้องประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบคือ

1.1.1 เนื้อหา ประกอบไปด้วย 2 ประเภทคือ เนื้อหาภาคความรู้ (Knowing element) ซึ่งเป็น เนื้อหาที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ และอาจชักนำให้ เปลี่ยนเจตคติ และเนื้อหาภาคปฏิบัติ (Doing element) ซึ่งหมายถึงเนื้อหาที่ระบุถึงวิธีดำเนินการ หรือระบุขั้นตอนการทำงาน

1.1.2 จุดประสงค์การศึกษา ประกอบไปด้วย 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย (Cognitive) เน้นการพัฒนา สติปัญญาของผู้เรียนจากผู้ที่ไม่รู้ให้รู้ จากผู้ที่รู้น้อย ให้รู้มากขึ้น จากผู้ที่คลุมเครือให้รู้กระจ่างชัดเจนขึ้น ทักษะพิสัย (Psychomotor) เน้น การพัฒนา ความสามารถในการปฏิบัติงานด้วยประสาทสัมผัส และ เจตพิสัย (Affective) เน้นการพัฒนาความคิด จิตใจ และอารมณ์ จนเป็นผู้ที่มีความคิดถูกต้อง จิตใจที่ตั้งาม

1.1.3 สถานการณ์การเรียนรู้ ต้องมีความสัมพันธ์ กับจุดประสงค์ สถานการณ์การเรียนรู้แบ่งออกเป็น ด้านผู้สอนและด้านผู้เรียน สถานการณ์การเรียนรู้เป็น เหตุการณ์ที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออก หรือกระทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ กำหนดขึ้น

1.1.4 สื่อ ต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน และไม่ เป็นอันตรายและส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้

1.1.5 การประเมินผล ต้องกำหนดวิธีการ ประเมินผลให้ตรงกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ เช่นพิจารณา จากการยกตัวอย่าง ถามตอบ หรือการความตั้งใจการ ทำงาน หรือผลงาน

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยใช้ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.2.1 ความสำคัญของปริมาณไนเตรทในน้ำ การปนเปื้อนของไนเตรทในน้ำถือเป็นมลภาวะ ทางน้ำชนิดหนึ่ง การปนเปื้อนของไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำ ธรรมชาติมีการตรวจพบได้จากแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้พื้นที่ ทำการเกษตร ซึ่งเกิดจากการที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ในปริมาณมาก เมื่อน้ำจากพื้นที่ทำการเกษตรไหลลงสู่ แหล่งน้ำธรรมชาติย่อมทำให้ไนเตรทที่อยู่บนพื้นที่ทำ การเกษตรละลายปนเปื้อนลงมาสู่แหล่งน้ำด้วย ซึ่งถ้า หากมีปริมาณการปนเปื้อนที่มาก ย่อมส่งผลให้พืชน้ำ เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วจนเกิดปรากฏการณ์

Eutrophication คือ การที่พืชน้ำขึ้นปกคลุมบริเวณผิวน้ำ ทำให้มีการใช้ปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ และบดบังการส่องผ่านได้ของแสงอาทิตย์ ส่งผลให้แหล่งน้ำเน่าเสีย [10,11,12] ในขณะที่ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดนั้น การเกิดการปนเปื้อนของไนเตรทในน้ำเกิดขึ้นได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เกิดจากอาหารปลาที่เหลือ และขี้ปลาที่ตกค้างอยู่ในบ่อเลี้ยงปลา เมื่อเกิดการสะสม ถึงระดับหนึ่งจะมีผลต่อการขนส่งออกซิเจนและเป็นพิษต่อตัวของปลา อีกทั้งที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ จะเป็นสาเหตุทำให้ปลาอ่อนแอและทำให้ปลาติดโรคได้ง่ายขึ้น [13]

1.2.2 หลักวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทของเครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์

การวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำปกติจะใช้วิธีแคดเมียมรีดักชันในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ [14] ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบเทียบสี Colorimetric method โดยทำให้สารตัวอย่างเกิดสี แล้วจึงตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากวิธีนี้มีการใช้สารแคดเมียม ที่เป็นโลหะหนัก อาจมีผลต่อการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมหากไม่มีการจัดการที่ดี ดังนั้นเพื่อให้การเรียนการสอนทฤษฎีวิธีการวัดแบบเทียบสี Colorimetric method และการตรวจวัดปริมาณไนเตรทที่ปนเปื้อนในน้ำยังดำเนินต่อไปได้ จึงนำแนวคิดของ Cataldo [5] มาใช้ในการตรวจวัดปริมาณไนเตรทในน้ำ อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อจำกัดที่การแสดงสีของสารตัวอย่างอาจจะเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์หาก มีปริมาณ Cl^- ปนเปื้อนอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบปริมาณของ Cl^- ก่อนทำการทดลองหรือควรใช้วิธีการวิเคราะห์ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับไนเตรทเท่านั้น หลักการในการวัดปริมาณไนเตรทในน้ำแบบเทียบสี Colorimetric method เป็นการเปรียบเทียบความเข้มของสี โดยการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (Standard solution) ที่ทราบค่าความเข้มข้น โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์ มาใช้แทนการเปรียบเทียบด้วยสายตา ซึ่งทำให้มีความจำเพาะ และความไวในการตรวจวัดสูง อย่างไรก็ตามการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ความถูกต้องของความยาวคลื่นเป็นสิ่งจำเป็น เพราะมีผลต่อการดูดกลืนของแสงของสารตัวอย่าง

1.3 ประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

จากการวิเคราะห์เนื้อหาการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในข้อ (1.2) พบว่าประกอบไปด้วยเนื้อหา 2 ประเภทคือ (1) เนื้อหาภาคความรู้ (Knowing element) มีทั้งข้อเท็จจริงจดจำอันได้แก่ความสำคัญของไนเตรทในน้ำที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ข้อเท็จจริงนำไปใช้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไนเตรทเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงของการเกิดสาหร่ายและพิษน้ำ และข้อเท็จจริงเจตคติที่ทำให้ให้นักเรียนเห็นคุณค่าประโยชน์และเห็นความสำคัญของปริมาณไนเตรทในน้ำที่ส่งทั้งผลดีทางการเกษตรและส่งผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และ (2) เนื้อหาภาคปฏิบัติ (Doing element) ที่ประกอบไปด้วยวิธีการและขั้นตอนในการเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ และการอ่านผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์เนื้อหาแล้วสามารถกำหนดจุดประสงค์การศึกษาได้ครบทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1.3.1 ด้าน เจต พิ สัย (Affective domain) จุดประสงค์การศึกษาที่เน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการพัฒนาความคิด จิตใจและอารมณ์ จนเป็นผู้ที่มีความคิดถูกต้อง จิตใจที่ดีงาม สถานการณ์เรียนรู้มุ่งเน้นให้นักเรียนเห็นคุณค่า (Valuing) เห็นความสำคัญของปริมาณไนเตรทในน้ำที่ส่งทั้งผลดีทางการเกษตร และส่งผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งปริมาณไนเตรทในน้ำสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงของการเกิดสาหร่ายและพิษน้ำ สื่อที่ใช้คือแผนภาพแสดง ประโยชน์และโทษของไนเตรทที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ประเมินผลโดยดูจากผลการตอบคำถามเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ผลกระทบจากปริมาณไนเตรท และวิธีการป้องกันแก้ไขปัญหานิเตรทที่มากเกินไปต่อสิ่งแวดล้อม

1.3.2 ด้าน พุ ท ธ พิ สัย (Cognitive domain) จุดประสงค์ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาสติปัญญาจากผู้ที่ไม่รู้ให้รู้ จากผู้ที่รู้น้อยให้รู้มากขึ้น และจากผู้ที่มีรู้อย่างคลุมเครือให้รู้กระจ่างมากขึ้น สถานการณ์เรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนเข้าใจ (Comprehension) ถึงสาเหตุที่ทำให้ไนเตรทในน้ำที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สื่อที่ใช้

คือแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของไนเตรทในระบบนิเวศ ประเมินผลโดยดูจากผลการตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุผลที่ทำให้ปริมาณไนเตรทที่มากพอเป็นผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.3.3 ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) จุดประสงค์ที่เน้นให้นักเรียนสามารถใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์วิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำได้ตามวิธีการและขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบมาจากวิธีการของ Cataldo [5] สถานการณ์การเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทน้ำโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ได้อย่างถูกต้องตามวิธีการ

และขั้นตอนการปฏิบัติ (Guided response) สื่อที่ใช้คือเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เครื่องแก้วสำหรับทดลองทางวิทยาศาสตร์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ ประเมินผลโดยดูจากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำที่มีค่าความถูกต้อง R2 ไม่น้อยกว่า 0.95 ทั้งนี้ได้แสดงรายละเอียดของประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ผู้วิจัยออกแบบใน Table 1

Table 1 Learning Experience Topic in Dissolve Nitrate analysis by Spectrophotometric method for Vocational Agricultural Students

Content	Objective	Learning situation		Medias	Evaluation
		Instructor	Learners		
The important of nitrate on agriculture, aquaculture and environment.	(Affective domain) Valuing the important and benefit of nitrate on agriculture, aquaculture and environment.	1. Explained meaning and important on agriculture, aquaculture and environment.	Listened	1. Power point 2. Advantage and disadvantage diagrams of nitrate on environment. 3. Learning evaluation exam.	Every students answered the question about advantage, disadvantage, effect of nitrate and reducing excess nitrate in environment correctly not less than 80%.
		2. Showed the advantage and disadvantage diagrams of nitrate on environment.	Watched the diagrams.		
		3. Asked students to answer about advantage, disadvantage, effect of nitrate and solution to reduce excess nitrate in environment.	Answered		

Table 1 (continued) Learning Experience Topic in Dissolve Nitrate analysis by Spectrophotometric method for Vocational Agricultural Students

Content	Objective	Learning situation		Medias	Evaluation
		Instructor	Learners		
The causes of nitrate effected on aquaculture including eutrophication effect and algae boom by high nitrogen in natural water resource; decreasing of dissolve oxygen demand and increasing of nitrogen and nitric acid effected on water chemical properties that casing stress in aquatic species.	Understanding the causes of nitrate effected on aquaculture.	1. Explained the causes of nitrate effected on aquaculture.	Listened.	1.Power point 2.Diagram the beneficial and disadvantages of nitrates to the environment 3.Learning Evaluation	Every student answered the question not less than 80%.
		2. Show the importance of nitrate in the ecosystem.	Look the diagram.		
		3. Asked learner to do the questionnaire about excess nitrate on environment.	Answered		
Nitrate analysis method and procedure by spectrophotometer.	Using spectrophotometer for nitrate analysis.	1. Described nitrate analyzing steps by spectrophotometer.	Listened	1. Spectrophotometers 2. Glassware 3. Nitrate analyzing reagent. 4. Synthesis waste water. 5. Computer.	Every groups created standard curve of nitrate analyzing correctly ($R^2 \geq 0.95$)
		2.Demonstration nitrogen analysis by spectrophotometer.	Looked the diagrams.		
		3.Asked the learner to practice under suggestion.	Practiced.		

2. ผลการประเมินการออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียน อาชีวศึกษาเกษตร ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญการสอน วิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน โดยใช้แบบประเมินผลการจัดประสบการณ์เรียนรู้ และแบบวัดพฤติกรรมผลการเรียนรู้ ผลการประเมินมีดังนี้

2.1. ผลการประเมินโดยใช้แบบประเมินผลการจัดประสบการณ์เรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญการสอน วิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน

Table 2 Learning experience evaluation result by the scientific teaching expert

Topic	Score
1 Content	3.00
2. Objectives	3.00
3. Learning situation (Instructor)	2.67
4. Leaning situation (Learners)	2.33
5. Medias	3.00
6. Evaluation	3.00
7. Period	2.67
Mean	2.81
Standard Deviation (S.D.)	0.40

โดย ค่าคะแนน มีความหมายถึงระดับความเหมาะสมของเนื้อหาต่อผู้เรียน ดังนี้

3 คะแนน อยู่ในระดับ เหมาะสม
 2 คะแนน อยู่ในระดับ ปานกลาง
 1 คะแนน อยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

2.2. ผลการประเมินโดยใช้แบบวัดพฤติกรรม การเรียนรู้ พบว่า ในภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรม การเรียนรู้ในระดับดี (คะแนนเฉลี่ยรวมของทุก พฤติกรรม 8.43 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ซึ่งมีการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 5 ด้าน ในแต่ละด้านมี คะแนนเต็ม 2.00 คะแนน)

Table 3 The result of learning behavior evaluation.

Learning Action	Average (Full 2.00)
1. Interesting behavior	1.83
2. Discussion behavior	1.30
3. Problem based solving behavior.	1.78
4. Teaching Assistant behavior	1.52
5. Responsibility behavior	2.00

3. ผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทาง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทาง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามประสบการณ์ เรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นดังแสดงใน Table 1 ผลการศึกษพบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถตอบคำถาม เกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ผลกระทบจากปริมาณไนเตรท และวิธีการป้องกันแก้ไขปัญหาไนเตรทที่มากเกินไปต่อ สิ่งแวดล้อม และวิธีการป้องกันแก้ไขปัญหาไนเตรท ที่มากเกินไปต่อสิ่งแวดล้อม และเหตุผลที่ทำให้ปริมาณ ไนเตรทที่มากเกินไปมีผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้ถูกต้องจากข้อคำถาม 10 ข้อ

Table 4 The percentage of answers in each question.

NO.	Percent	
	Correct	Incorrect
1	4	96
2	78	22
3	87	13
4	57	43
5	26	74
6	78	22
7	78	22
8	87	13
9	83	17
10	91	9

จากการแจกแจงจำนวนร้อยละของข้อคำถามที่ กลุ่มตัวอย่างตอบได้ถูกมากที่สุด คือ ข้อ 10 ได้ร้อยละ 91, ตอบถูกได้น้อยที่สุด คือ ข้อ 1 ได้ร้อยละ 4

Table 5 The learning experience outcome in nitrate analysis by spectrophotometer for agricultural vocational students

Number of replies	Percent
8	31
7	44
6	13
5	4
4	4
3	4

ส่วนใหญ่ร้อยละ 44 สามารถตอบคำถามได้ ถูกต้อง 7 ข้อ ของการตอบคำถามเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ผลกระทบจากปริมาณไนเตรท และวิธีการป้องกันแก้ไข ปัญหาไนเตรทที่มากเกินไปต่อสิ่งแวดล้อม และวิธีการ ป้องกันแก้ไขปัญหาไนเตรทที่มากเกินไปต่อสิ่งแวดล้อม และเหตุผลที่ทำให้ปริมาณไนเตรทที่มากเกินไปมี ผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่ ตั้งไว้ (คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80) มีเพียงร้อยละ 31 ของกลุ่มตัวอย่างที่สามารถทำได้ถูกต้อง 8 ข้อ หรือคิด เป็นร้อยละ 80 ของการตอบคำถามเกี่ยวกับข้อดี

ข้อเสีย ผลกระทบจากปริมาณไนเตรท และวิธีการป้องกันแก้ไขปัญหานไนเตรทที่มากเกินไปต่อสิ่งแวดล้อม รองลงมาคือร้อยละ 13 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง 6 ข้อ และตอบคำถามได้ถูกต้อง 5, 4, 3 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 4 ของแต่ละลำดับคะแนน และกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มสามารถสร้าง standard curve ของการวิเคราะห์ค่าไนเตรทน้ำเสียสังเคราะห์ได้ถูกต้อง โดยมีค่า R^2 ไม่น้อยกว่า 0.95 ได้ทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งผลการประเมินการออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตร โดยผู้เชี่ยวชาญการจัดกิจกรรมพัฒนาการเรียนการสอนพบว่ามีความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 2.81 จากคะแนนเต็ม 3 แสดงให้เห็นว่าประสบการณ์เรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบโดยเน้นการจัดสถานการณ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาภาคปฏิบัติ (Doing element) นั้นมีความเหมาะสมเนื่องจากเป็นการเพิ่มทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ญ์ฐนุชา [15] ที่กล่าวไว้ว่าการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัตินั้นสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจทางการเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ ศศิธร [16] ที่ได้จัดทำแผนการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติในการสร้างผังกราฟฟิก ซึ่งพบว่านักเรียนมีทักษะการทดลองเพิ่มขึ้นร้อยละ 82.83 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากด้วย ยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ อิตารัตน์ [17] ที่ได้สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเป็นฐานสำหรับผู้เรียนอาชีวศึกษาเกษตร และศึกษาทักษะวิจัยของผู้เรียนอาชีวศึกษาเกษตรที่เรียนโดยใช้การวิจัยเป็นฐาน ซึ่งพบว่ารูปแบบมีความเหมาะสมในระดับมาก ผู้เรียนมีทักษะวิจัยผ่านเกณฑ์ได้คะแนน ร้อยละ 80 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 84 ของผู้เรียนทั้งหมด และยังมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ วรวิธ [18] ที่ได้ใช้รูปแบบของเอกสารประกอบ การสอนวิชากายวิภาค และสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง กรณีศึกษานักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ประเภทวิชาเกษตรกรรม ซึ่งพบว่าเอกสารประกอบการสอนวิชา

กายวิภาคและสรีรวิทยาของสัตว์เลี้ยง มีประสิทธิภาพอยู่ที่ 87.70/84.13 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 76.33 (S.D. = 2.0) คิดเป็นร้อยละ 50.87 ส่วนผลสัมฤทธิ์ของคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 126.27 (S.D. = 2.99) คิดเป็นร้อยละ 84.18 คะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน โดยทั้งหมดเป็นการจัดการเรียนสอนที่มีรูปแบบให้นักเรียนหรือนักศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น

สำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80) เป็นผลมาจากความรู้อ่อนทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงตามหลักสูตร [9] มาตั้งแต่ต้น เป็นปัจจัยจำกัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ บัวพันธ์ [19] พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ บรรยากาศในชั้นเรียน ความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม ซึ่งอาจต้องใช้ระยะเวลาในการให้ความรู้แก่นักเรียนในกลุ่มนี้เพิ่มมากขึ้น จึงจะส่งผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ โดยในอนาคตอาจต้องมีการพัฒนาหลักสูตรของอาชีวศึกษาเกษตรให้มีหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มากขึ้น

สรุปและเสนอแนะ

การออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบคือ (1) เนื้อหาภาคปฏิบัติ (Doing element) (2) วัตถุประสงค์ทางด้านทักษะพิสัย (Psychomotor) (3) สถานการณ์เรียนรู้ (Learning situation) ที่เน้นกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำ

โดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท (4) สื่อ (Media) ที่ใช้ คือ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เครื่องแก้วสำหรับทดลองทางวิทยาศาสตร์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำ และ (5) การประเมินผล (Evaluation) โดยดูจากผลการตอบคำถามเกี่ยวกับความสำคัญของการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำ ผลการประเมินการออกแบบประสบการณ์เรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้การสอนพบว่า ประสบการณ์การเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก ค่าคะแนนเฉลี่ยทุกองค์ประกอบเท่ากับ 2.81 จากคะแนนเต็ม 3 คะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19 ในขณะที่การประเมินผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้พบว่าผลสัมฤทธิ์ของการจัดประสบการณ์เรียนรู้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80) จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรในการศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมทางด้านเนื้อหาและวิธีการเรียนสอน สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรแต่อาจต้องเพิ่มระยะเวลาการเรียนรู้เพิ่มเติม อันเป็นผลมาจากความรู้เดิม และการเรียนการสอนตามหลักสูตรที่เน้นทางภาคปฏิบัติทางด้านอื่น ๆ แต่ไม่ได้เน้นการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่เป็นเครื่องมือขั้นสูง

อย่างไรก็ตามการออกแบบประสบการณ์เรียนรู้เรื่องการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีการทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษาเกษตรก็สามารถใช้เป็นตัวแบบในการสร้างสรรค์กิจกรรมพัฒนาผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพได้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาภาคปฏิบัติ (Doing element) ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นเกิดจากการได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเกิดความสุข สนุก ที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และตอบสนองต่อหลักการจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดกระบวนการศึกษาตลอดชีวิตตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย และ หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้ารัตนนุกการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. 2016. “The Results of PISA 2015 Science, Reading and Math”. (in Thai).
- [2] Rakthai, S. 2015. Designing Learning Experience for high school students topic in Phytoremediation Process. Proceedings: International Research Conference on Business, Economics and Social Sciences. IRC-2015. February 27-28. 2015. Istanbul. Turkey.
- [3] Changjan, A. 2015. Designing Learning Experience in Environmental Physics for high school students. Proceedings: International Research Conference on Business, Economics and Social Sciences, IRC-2015. February 27-28. 2015. Istanbul, Turkey.
- [4] Rakthai, S. and Kanoklapassakul, K. 2016. “Evaluation Learning Achievement of Learning Experience Topic in Netball Athletic for High School Students”. *Thai Journal of Science and Technology*. 5 (3). (in Thai)
- [5] Cataldo et al. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissues by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Science and Plant Analysis* 6(1) 71-80.
- [6] Tyler, Ralph W. 1949. *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press.

- [7] Pupatana, S and Thanamai, S. 1991. “Development of Agricultural Education Curriculum”. (in Thai)
- [8] Areejitransorn, C. 2011 “Scientific Instruments” Khon Kaen University. (in Thai)
- [9] Office of the Vocational Education Commission. 2014. “Diploma course in 2557 AD”. (in Thai).
- [10] Dupas R., Delmas M., Dorioz J.M. , Garnier J., Moatar F. and Odoux C.G. 2014. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. Ecological Indicators. 48. 396–407.
- [11] Kim Y.J., Rene E.R. and Park H.S. 2007. Effect of organic and metal ion concentration on the simultaneous biological removal of NH₄⁺ and NO₃⁻ under anaerobic condition. Bioresource Technology. 98 ; 892–896.
- [12] Toporowska M. and Skowronska B.P. 2014. Four-Year Study on Phytoplankton Biodiversity in a Small Hypertrophic Lake Affected by Water Blooms of Toxigenic Cyanobacteria. Pol. J. Environ. Stud. 23(2) 491-499.
- [13] Zweig, D.R., J.D. Morton and M.M. Stewart. 1999. Source Water Quality for Aquaculture: A Guide for Assessment. Environmentally and Socially Sustainable Development. The World Bank. Washington, D. C. 533 p.
- [14] Chavalparit, O. 2002. “Manual analysis of water and wastewater”. The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King’s Patronage. (in Thai)
- [15] Phongam, N. 2009. “Learning by Doing Experiments in Basic Electronicsto Enhance Student’s Achievement and Scientific Skills” M.Sc. Ubon Ratchathani University. (in Thai).
- [16] Tonsawan, S. 2011. “The Deveoment of Learning Achievement on Substance Separation of Grade 8 Students Using Learning by Doing and Graphic Organizers”. M.Sc. Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- [17] Thepparat, T. 2017. “The Research- Based Learning Model for Vocational Agriculture Students”. Journal of Vocational Institute of Agriculture. 1 (1). (in thai)
- [18] Rattanawan, W. 2017. “A Study Efficiency and the Result of High Vocational Certificate in Agriculture Student by Using Teaching Document on Anatomy and Physiology of Domestic Animals”. Journal of Vocational Institute of Agriculture. 1 (1). (in thai)
- [19] Phusahut, B. 2006. “Some Factors Rlated to Scince Achicvement of Prathomsueksa 6 Students under the Office of Kalasin Educational Service Area Zone 3”. M. Ed. Mahasarakham University. (in Thai)