ผลของการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ของนิสิตวิชาชีพครู

สายรุ้ง ซาวสุภา

สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

รับบทความ: 15 สิงหาคม 2561 แก้ไขบทความ: 29 กันยายน 2561 ยอมรับตีพิมพ์: 19 ตุลาคม 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว 2) เปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 3 และ 4 วิชาเอกเคมี สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ เครื่องมือแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.25–0.63 แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26–0.56 และ แบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) นิสิตที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว จำนวนร้อยละ 66.67 ของนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ 82.86 อยู่ในระดับดี โดยพบว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละขององค์ประกอบทั้งสาม คือ วิเคราะห์หน่วยย่อย วิเคราะห์ความสัมพันธ์และวิเคราะห์หลักการ มีค่าเท่ากับร้อยละ 86.42 78.92 และ 84.42 ตามลำดับและสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นิสิตที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว มีคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม 75.34 คะแนนซึ่งจัดอยู่ในระดับดี สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 65 คะแนน ตามเกณฑ์ของ Jane (2012) และสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ความสามารถในการวิเคราะห์ ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

Effects of a Flipped Classroom Model of Instruction in Green Chemistry Concepts on Analyzing Ability and Environmental Awareness of Pre–service Teacher

Sairoong Saowsupa

Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

Received: 15 August 2018 Revised: 29 September 2018 Accepted: 19 October 2018

Abstract

This research, a quasi-experimental design, aimed to 1) study the analyzing ability and the environmental awareness of pre–service teachers after learning flipped classroom model of instruction in green chemistry concepts; 2) compare pre–service teacher's analyzing ability and environmental awareness before and after learning flipped classroom model of instruction in green chemistry concepts. The sample group was thirty of 3rd– and 4th–year graduate students in chemistry as pre–service teachers, science education, Faculty of Education in a National University, Bangkok, Thailand. The research instruments were green chemistry lesson plans, the analyzing ability test with reliability at 0.75 and discrimination levels between 0.25–0.63, the environmental awareness test with reliability at 0.80 and discrimination levels between 0.26–0.56, and the environmental awareness interview. The collected data were analyzed by means, means of percentage, standard deviation, and the hypothesis was tested by using *t*–test. The research findings were that: 1) 66.67 percent of students who learned through a flipped classroom model of instruction had a mean percentage score at 82.86 which higher than criterion scores at 75. This was considered as a good level. The mean percentage scores of analysis of element, analysis of relationship, and analysis of organizational principles were 86.42, 78.92, and 84.42, respectively. These were higher than before the flipped classroom model of instruction at .05 level of significance. 2) After the experiment, the students had an average mean score of the environmental awareness at 75.34 which higher than the criterion scores of Jane (2012) at 65. This was considered as a good level. This average mean score of student's environmental awareness after learning through the flipped classroom model of

instruction was higher than before the instruction in the significance level of .05.

Keywords: Flipped classroom model of instruction, Analyzing ability, Environmental awareness

บทนำ

ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคผลผลิตนิยม ซึ่งเป็นยุคแข่งขันกันคิดนวัตกรรมที่ตอบสนองในชีวิตประจำวันและชีวิต การทำงานทุกกลุ่มอาชีพ ผู้ที่สามารถคิดและสร้างนวัตกรรมดังกล่าวได้ถือเป็นเจ้าความคิดและผู้นำการสร้างผลผลิตสู่เวทีการค้าและการแข่งขันเศรษฐกิจโลก ดังนั้นผู้ที่สามารถดำเนินชีวิตในสังคมได้ต้องเป็นผู้ที่สามารถปรับตัวให้ทัดเทียมและเท่าทันกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในทุกรอบด้าน (Office of Higher Education Administration, Office of the Basic Education Commission, 2018) การคิดเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้บุคคลแสวงหาความรู้ จัดกระทำกับข้อมูล เพื่อก้าวเข้าสู่สังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังที่ Burns et al. (2006) กล่าวว่า “การสอนให้นักเรียนเป็นนักคิดที่มีประสิทธิภาพเป็นเป้าหมายเร่งด่วนของการจัดการศึกษา เนื่องจากการคิดเป็นเครื่องมือสำคัญที่นักเรียนจะนำไปใช้ในการดำเนินการกับข้อมูลในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา รวมถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้” ทั่วโลกจึงตระหนักถึงความสำคัญในการเตรียมผู้เรียนให้มีศักยภาพพร้อมที่จะดำเนินชีวิตในสังคมโลกที่อนาคตไม่อาจคาดเดาได้ เนื่องจากเห็นว่าความรู้หรือการเรียนรู้ที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอสำหรับการใช้ประโยชน์ต่อไปได้ การคิดเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันที่เป็นสังคมแห่งเทคโนโลยี เปลี่ยนแปลงทางความรู้และนวัตกรรมอย่างรวดเร็ว คนที่สามารถรู้เท่าทันและมีทักษะการคิดที่ดี คิดเป็นจะสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีคุณภาพ การคิดระดับสูง เช่น คิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ (analyzing ability) เป็นทักษะการคิดหนึ่งที่สำคัญสำหรับนักเรียนทุกคน เป็นทักษะพื้นฐานหนึ่งในห้าขั้นการคิดที่อยู่ใน Revised Bloom’s taxonomy (Anderson and Krathwohl, 2001) ผู้เรียนจำเป็นต้องฝึกและพัฒนาให้เป็นนิสัย เพื่อขยายขอบความรู้ ประสบการณ์ และความคิดของตน เองให้กว้างขวาง ลึกซึ้ง (Elder and Paul, 2007) สอดคล้องกับ Sternberg (1997) ที่แสดงให้เห็นว่า“บุคคลที่เฉลียวฉลาดนั้นต้องประกอบด้วยความฉลาดในการวิเคราะห์ (analytical intelligence)” เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสติปัญญา ดังนั้นการส่งเสริมให้บุคคลมีความสามารถในการวิเคราะห์จึงเป็นการส่งเสริมความสามารถด้านสติปัญญาด้วย นอกจากนี้การวิเคราะห์ยังเป็นพื้นฐานของการคิดสร้างสรรค์กล่าวคือ บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ควรมีความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งบรรจุอยู่ในนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการของประเทศไทยที่มุ่งพัฒนาเยาวชนของชาติ เพื่อเตรียมพร้อมสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย มีทักษะการวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและสามารถอยู่รวมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (Ministry of Education, 2017)

การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และความสามารถในการคิดสังเคราะห์

เนื่องจากความสามารถในการคิดทั้ง 2 ประเภท จะช่วยส่งเสริมให้การคิดซึ่งมีลักษณะเป็นกระบวนการที่มีลำดับขั้นตอน เช่น กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กระบวนการคิดแก้ปัญหา มีประสิทธิภาพ และบรรลุจุดมุ่งหมายของการคิดในเรื่องนั้น ๆ ได้ดังที่ Khammani (1997) ให้ความสำคัญของการวิเคราะห์ว่า การวิเคราะห์เป็นพื้นฐานการคิดในมิติอื่น ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา และการคิดสังเคราะห์ การวิเคราะห์จึงมีประโยชน์ต่อทุกคนในการนำไปใช้เพื่อดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมและก่อให้เกิด ความสงบสุขขึ้นในสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาเมื่อประสบปัญหา

เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มนุษย์ใช้สร้างเครื่องมือหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต เป็นวิทยาการใหม่ที่ช่วยให้วิถีชีวิตของมนุษย์เป็นไปอย่างสะดวกสบายมากขึ้น แต่วิทยาการเหล่านี้สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อย เช่น รถยนต์เป็นยานพาหนะที่อำนวยความสะดวกในการเดินทาง เมื่อต้องการใช้รถยนต์จำนวนมาก ย่อมมีการผลิตในปริมาณมาก เทคโนโลยีการผลิตรถยนต์ตลอดจนการใช้รถยนต์และเชื้อเพลิงเป็นหนึ่งตัวอย่างที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากมายตามมา ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดเกี่ยวกับการบริโภคที่ยั่งยืน (sustainable consumption) และเกิดแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development) ขึ้นในหลายภาคส่วน รวมถึงส่วนการบริหารนโยบายการผลิตและการศึกษา ซึ่งในยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ของประเทศไทยมีใจความว่า “การใช้ความรู้เพื่อสร้างนวัตกรรม พัฒนาศักยภาพคนเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม” นั่นคือมีจุดเน้นเกี่ยวกับการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการสร้างนวัตกรรมใด ๆ ต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมด้วยเสมอ (Office of Higher Education Administration, Office of the Basic Education Commission, 2018) การตระหนักถึงความต้องการในการลดหรือหยุดการทำลายสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นรวมถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือสร้างนวัตกรรมเหล่านั้น ทำให้เกิดแนวคิดเคมีสีเขียว (green chemistry) ซึ่งเริ่มขึ้นใน ปีค.ศ. 1991 เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการลด หลีกเลี่ยงหรือกำจัดการก่อให้เกิดอันตรายกับสิ่งแวดล้อมในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการสังเคราะห์สาร รวมทั้งการใช้ผลิตภัณฑ์ทางเคมีต่างๆ ดังนั้นหัวใจสำคัญของเคมีสีเขียวจึงเป็นการวางแผนการปฏิบัติในกระบวนการหรือขั้นตอนทางเคมีเพื่อให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยแนวคิดเคมีสีเขียวมองถึงบ่อเกิดและจุดเริ่มต้นของปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การหาสารอื่นที่ไม่เป็นอันตรายมาทดแทนหรือเปลี่ยนกระบวนการสังเคราะห์เลือกตัวทำละลายที่ไม่ทำให้เกิดมลภาวะ

แนวคิดเคมีสีเขียวสอดแทรกอยู่ได้ในเคมีพื้นฐานแขนงต่างๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระบวนการทางเคมีในแขนงต่างๆ เช่น ปิโตรเคมี พอลิเมอร์ นาโนเทคโนโลยี โดยมีจุดประสงค์เดียวกัน คือการทำให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุด แต่เพิ่มประสิทธิผลและศักยภาพของกระบวนการผลิตและสังเคราะห์ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ แนวคิดเคมีสีเขียวเป็นแนวทางสำหรับการคิด การวางแผนออกแบบ พัฒนาและการนำไปสู่การปฏิบัติ เพื่อทำให้มีการลดหรือเลิกการใช้และผลิตสารในกระบวนการผลิตทางเคมีที่เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Praditweangkum, 2011;

Wardencki et al., 2005) โดยหัวใจหลักของเคมีสีเขียวมีดังนี้

(1) การออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ให้ได้ผลิตผลมากที่สุด

(2) การเลือกใช้กระบวนการที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

(3) การออกแบบและเลือกใช้กระบวนการที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

(4) สิ่งที่ดีที่สุดของการจัดการของเสียคือการไม่สร้างของเสีย

เคมีสีเขียวจึงเป็นแนวโน้มหรือทิศทางใหม่ในการจัดการเรียนการสอน (Wardencki et al., 2005) และนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา (Karpudewan et al. 2012a, b) ในงานประชุมประจำปีครั้งที่ 3 ของ American Chemical Society Green Chemistry Summer School (GCSS) มอนทรีออล แคนาดา พบว่า นักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตได้ให้ข้อความเห็นในการประชุมครั้งนี้ว่า การศึกษาต้องเน้นย้ำและให้ความสำคัญกับเคมีสีเขียวตั้งแต่ในระดับประถมศึกษาต่อเนื่องจนถึงระดับอุดมศึกษา (Kitchens et al., 2006) จากงานวิจัยพบว่าหลักสูตรเคมีสีเขียวสามารถส่งเสริมการคิดขั้นสูงของผู้เรียน โดยพัฒนาและส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร โดยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เคมีสีเขียว ครูต้องกระตุ้นด้วยการใช้สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนคุ้นเคยและให้นักเรียนได้เรียนรู้การระบุปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมหรือแก้ปัญหาอันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้เรียนเองอีกด้วย จึงจะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Roth and Désautels, 2004) Wardencki et al. (2005) เสนอแนะให้สร้างความเข้าใจแนวคิดหรือหลักการพื้นฐานในระดับมัธยมศึกษาโดยให้ผู้เรียนรู้จักการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีรูปแบบใหม่ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินหรือวิเคราะห์การทำให้เกิดของเสียแต่ละขั้นตอน ที่จะส่งผลให้เกิดนักเคมีรุ่นใหม่ที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อม ผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดแนวทางการเรียนรู้ผ่านการออกแบบหลักสูตรให้เกิดการเรียนรู้สู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

การเรียนการสอนหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงให้ทันต่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในยุคสมัยนี้ ได้แก่ ห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) โดยห้องเรียนกลับด้านใช้วีดีทัศน์หรือวิธีที่เหมาะสมอื่น ๆ ในการให้ข้อมูลหรือเนื้อหาความรู้กับผู้เรียน ทำให้ครูจัดเวลาในห้องเรียนในการทำกิจกรรมอื่น ๆ เพิ่มเติมหรือประยุกต์ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันแนวทางการจัดการเรียนการสอนนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยในระดับอุดมศึกษาเป็นการจัดเรียนการสอนแบบผสมผสาน ผู้เรียนได้รับการสอนแบบเผชิญหน้า (face to face) และทำกิจกรรมให้สมบูรณ์นอกห้องเรียนโดยมีการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นหรือเป็นเครื่องมือช่วยในการทำกิจกรรมให้สมบูรณ์ ซึ่งการเรียนการสอนแบบผสมผสานเป็นที่นิยมในระดับอุดมศึกษาและนำมาสู่การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Lage et al., 2000) โดยมีหลักสำคัญ คือ การใช้สื่อในการบรรยายซึ่งถูกบันทึกไว้ ผู้เรียนสามารถชมและศึกษานอกห้องเรียนพร้อมกับทำงานของตนเองได้ เช่น การบ้าน ส่วน

ในห้องเรียน ครูสามารถให้ความช่วยเหลือผู้เรียนโดยตรวจสอบข้อผิดพลาดหรือสิ่งที่คลาดเคลื่อนในการคิดของผู้เรียน อภิปรายเนื้อหาความรู้ในระดับลึกขึ้น สามารถประยุกต์หรือขยายความรู้ต่อไป (Pluta et al., 2013) ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีพลังเกิดทักษะที่เรียกว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Panyachirawut, 2013) การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการสื่อสารและส่งเสริมการทำงานเป็นทีม (Herreid and Schiller, 2013) O'Flaherty and Phillips (2015) พบว่า นักศึกษาและอาจารย์พึงพอใจต่อการจัด การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเพิ่มขึ้น และยังทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตและส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ด้วย นอกจากนี้ยังสนับสนุนการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์และการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนทั้งในและนอกห้องเรียนได้ด้วย Eilks et al. (2010) นำรูปแบบการสอนแบบกลับด้านมาใช้ในวิชาเคมี พบว่า ช่วยให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะด้านการเรียนเคมี โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้รายวิชาเคมีอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเชิงรุกในกระบวนการเรียนรู้ ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดขึ้นสูง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะในการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านที่มีต่อการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว

2. เปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (pre–experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ one group pretest–posttest design

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 3 และ 4 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐแห่งหนึ่งในกรุงเทพฯ จำนวน 30 คน โดยเลือกกลุ่มกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง ได้แก่ นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 3 และ 4 วิชาเอกเคมีและวิทยาศาสตร์คู่เคมี เนื่องจากนิสิตเริ่มเรียนรายวิชาที่คณะครุศาสตร์มากขึ้น และให้ความร่วมมือในการวิจัยนี้เป็นอย่างดี ประกอบกับแนวคิดเคมีสีเขียวเป็นแนวคิดที่นิสิตวิชาชีพครูสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเมื่อเข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโรงเรียนได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) หมายถึง รูปแบบหนึ่งของการสอนโดยที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาจากวีดิทัศน์ที่มอบหมายและทำแบบฝึกหัดในระหว่างหรือเสร็จสิ้นการศึกษาวีดิทัศน์โดยการเรียนด้วยตนเองนอกชั้นเรียน ส่วนการเรียนในชั้นเรียนปกติเป็นการเรียนแบบสืบสอบและร่วม

กันออกแบบวิธีการหรือการทดลองโดยใช้แนวคิดเคมีสีเขียว ซึ่งมีผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือชี้แนะโดยการจัดการเรียนการสอนนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบเป็นวัฏจักรหมุนเวียนอย่างเป็นระบบ (Schoolwires, 2013) ดังนี้

(1) การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (experiential engagement) คือ การชี้แนะวิธีการเรียนรู้โดยอาศัยวิธีการที่หลากหลายทั้งการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง สื่อปฏิสัมพันธ์ และการทดลอง

(2) การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (concept exploration) คือ การศึกษาหรือสืบค้นจากสื่อประเภทวีดิทัศน์บันทึกการบรรยายและเว็บไซต์ต่าง ๆ

(3) การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย (meaning making) คือ สร้างทักษะและองค์ความรู้จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยสามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการหรือการทดลองบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว

(4) การสาธิตและประยุกต์ใช้ (demonstration &application) คือ การสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเชิงสร้างสรรค์ด้วยการจัดทำการทดลองหรือวิธีการที่สร้างสรรค์บนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียวและนำเสนอผลงาน

เครื่องมือเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท ได้แก่

(1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์เป็นแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์โดยมีองค์ประกอบที่ต้องการวัด 3 องค์ประกอบ คือ วิเคราะห์หน่วยย่อย วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ มีลักษณะเป็นแบบวัดปรนัย โดยการกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.25–0.63 แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า ใช้ประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีความตระหนักรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดเคมีสีเขียวจำนวน 12 แนวคิด มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26–0.56 และแบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi–structured interview) โดยกำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ คือ ความรู้ทางสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ความสนใจในข่าวสารสิ่งแวดล้อม และการมีเจตคติต่อกิจกรรมเคมีสีเขียวหรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

(2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้เคมีสีเขียว ตามองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ กำหนดวิธีการเพิ่มพูนประสบการณ์ การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมายและการสาธิตและประยุกต์ใช้จำนวน 4 แผน ในหัวข้อ 1) ความหมาย ความสำคัญ แนวคิด เคมีสีเขียวและตัวอย่างสถานการณ์หรือกรณีศึกษาในการนำแนวคิดเคมีสีเขียวไปใช้ 2) เทคนิค วิธีการ การทดลองหรือรูปแบบอย่างง่ายในการนำแนวคิดเคมีสีเขียวไปใช้ 3) การออกแบบและพัฒนาเทคนิค วิธีการ การทดลองหรือรูปแบบอย่างง่ายและสร้างสรรค์ในการนำแนวคิดเคมีสีเขียวไปใช้และการนำเสนอผลงานในชั้นเรียน แก้ไขและปรับปรุงผลงาน และ 4) การนำเสนอผลงานที่สร้างสรรค์แก่นักเรียน ครูและผู้สนใจทั่วไป ใช้เวลา 4 สัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) ระยะก่อนการดำเนินการทดลอง ในระยะนี้ผู้วิจัยศึกษาและพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ พร้อมกับแจ้งนิสิตเกี่ยวกับรายละเอียดของการใช้การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว

(2) ระยะดำเนินการทดลอง

(2.1) ทดสอบความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์และแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

(2.2) จัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียวโดยในกระบวนการจัดการเรียนการสอนจะประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

- การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (experiential engagement) คือ การชี้แนะวิธีการเรียนรู้โดยอาศัยวิธีการที่หลากหลาย ทั้งการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง สื่อปฏิสัมพันธ์ และการทดลอง นั่นคือ ในกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นผู้สอนจะแนะนำวิธีการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน จากนั้นผู้สอนแสดงตัวอย่างภาพหรือวีดิทัศน์เกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมหรือผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน เช่น ปัญหาขยะในทะเลซึ่งพบปลาทะเลหรือสัตว์ทะเลตายเป็นจำนวนมากเนื่องจากการกินพลาสติกหรือขยะบางอย่างในทะเลที่เกิดจากการทิ้งขยะของคน จากนั้นผู้สอนนำภาพหรือวีดิทัศน์ตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับผลกระทบจากการผลิต การใช้ และการสังเคราะห์สารเคมีเพื่อนำมาใช้ในชีวิตของมนุษย์ ให้นิสิตแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามถึงสาเหตุของปัญหาเหล่านั้น รวมทั้งแนวทางการป้องกันหรือแก้ไข จากนั้นผู้สอนและนิสิตอภิปรายร่วมกันถึงสาเหตุและแนวทางการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าว

- การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (concept exploration) คือ การศึกษาหรือสืบค้นจากสื่อประเภทวีดิทัศน์บันทึกการบรรยายและเว็บไซต์ต่าง ๆ โดยมีครูเป็นผู้คอยชี้แนะ ในองค์ประกอบนี้ของการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ผู้สอนจะมอบหมายให้นิสิตศึกษาวีดิทัศน์การบรรยาย เรื่อง เคมีสีเขียว ซึ่งสอดแทรกแนวคิดเคมีสีเขียวไปด้วย ประกอบกับในวีดิทัศน์แสดงตัวอย่างการทดลองหรือวิธีการนำแนวคิดเคมีสีเขียวไปใช้ หลังจากศึกษาวีดิทัศน์แล้ว มีแบบฝึกหัดท้ายการบรรยายให้นิสิตได้ทำและตรวจคำตอบของตนเอง ในการนี้นิสิตสามารถสอบถามผู้สอนในส่วนที่ยังไม่เข้าใจในเนื้อหาที่ศึกษาจากวีดิทัศน์ได้โดยการส่งข้อความคำถามโดยผ่านช่องทางการติดต่อสื่อสารต่าง ๆ อาทิ google classroom หรือไลน์กลุ่ม

- การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย (meaning making) คือ สร้างทักษะองค์ความรู้ จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการแก้ปัญหาหรือออกแบบการทดลองบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว ในกิจกรรมการสอนนั้นผู้สอนแสดงหรือสาธิตการทดลองหรือวิธีการต่าง ๆ ในการนำแนวคิดเคมีสีเขียวไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน (small–scale chemistry) ในการลดหรือเลิกการใช้สารเคมีอันตรายหรือสารเคมีปริมาณมากในการทดลอง จากนั้นนิสิตออกแบบการทดลองหรือวิธีการของตนเองในการป้องกันหรือแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม

โดยใช้แนวคิดเคมีสีเขียว ในการนี้นิสิตสามารถสืบค้นโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ มาช่วยในการคิดออกแบบการทดลองหรือวิธีการของตนเองได้

- การสาธิตและประยุกต์ใช้ (demonstration & application) คือ การสร้างองค์ความรู้เชิงสร้างสรรค์ด้วยตนเอง โดยทำการทดลองหรือวิธีการที่สร้างสรรค์บนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียวและนำเสนอผลงานนั้น โดยนิสิตนำเสนอผลงานการออกแบบการทดลองหรือวิธีการที่จะนำไปสู่การป้องกันหรือแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมบนพื้นฐานของแนวคิดเคมีสีเขียว โดยนิสิตได้รับผลป้อนกลับจากเพื่อนนิสิตและอาจารย์เพื่อแก้ไข ปรับปรุงผลงานของตนเอง และเปิดโอกาสให้นิสิตได้นำผลงานของตนเองในการนำเสนอให้แก่ผู้สนใจได้ชมและศึกษาต่อไป

(3) ระยะดำเนินการหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ดังนี้

(3.1) ทดสอบความสามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตโดยใช้แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์และแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

(3.2) สัมภาษณ์นิสิตโดยใช้แบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป มีดังนี้

(1) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนิสิตที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้แนวคิดเคมีสีเขียว ด้วยสถิติทดสอบทีแบบมีทิศทาง สำหรับกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*–test for dependent samples) และวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนกับคะแนนมาตรฐานและใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

(2) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าคะแนนเฉลี่ยความตะหนักต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างก่อนและหลังเรียนของนิสิตด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้แนวคิดเคมีสีเขียวด้วยสถิติทดสอบทีแบบมีทิศทาง สำหรับกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน และวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ประเมินระดับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมโดยประเมินเป็น 5 ระดับตามเกณฑ์ของ Jane (2012) คือ ร้อยละ 80–100 (ระดับสูงมาก) ร้อยละ 65–75 (ระดับสูง) ร้อยละ 50–64 (ระดับปานกลาง) ร้อยละ 35–49 (ระดับต่ำ) และร้อยละ 0–34 (ระดับต่ำมาก)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

(1) การศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์ของนิสิตที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ผลการทดสอบความสามารถในการวิเคราะห์เป็นคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์จากการทดสอบนิสิตหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียวด้วยแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 36 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนตามสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพ

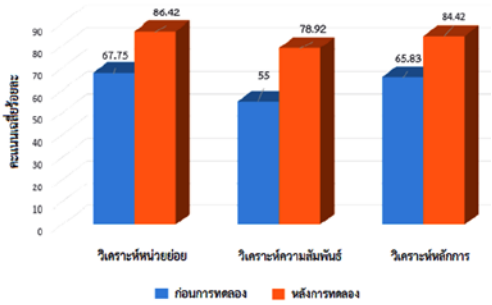
การศึกษา (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2557 ซึ่งกำหนดระดับความสามารถเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการวิเคราะห์ของนิสิตแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ระดับความสามารถในการวิเคราะห์ของนิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว (n = 30) เทียบกับเกณฑ์คะแนนของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2557

คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	จำนวน (คน)	จำนวนร้อยละ	ระดับความสามารถ
ตั้งแต่ 90 ขึ้นไป	8	26.67	ดีมาก
75–89	20	66.67	ดี
50–74	2	6.67	พอใช้
ต่ำกว่า 50	–	–	ปรับปรุง

จากตาราง 1 พบว่านิสิตที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว คิดเป็นจำนวน 20 คน (ร้อยละ 66.67) ของนิสิตทั้งหมดมีความสามารถในการวิเคราะห์อยู่ในระดับดี รองลงมาคือ นิสิตที่มีความสามารถในการวิเคราะห์จำนวน 8 คน (ร้อยละ 26.67) มีความสามารถในการวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก และมีนิสิตจำนวน 2 คน (ร้อยละ 6.67) มีความสามารถในการวิเคราะห์อยู่ในระดับพอใช้

(2) การเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติที (ตาราง 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว มีความแตกต่างจากก่อนการทดลอง ($p < .05$) โดยคะแนนค่าเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนเรียนมีค่า 22.63 คะแนนจากคะแนนเต็ม 36 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 62.86) อยู่ในระดับความสามารถพอใช้ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนมีค่า 29.83 คะแนนจากคะแนนเต็ม 36 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 82.86) อยู่ในระดับความสามารถดี อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาองค์ประกอบความสามารถในการวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ พบว่า คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบของนิสิตก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว แตกต่างจากหลังทดลอง ($p < .05$) โดยคะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์มีค่าน้อยที่สุด คือ 9.47 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 78.92) ขณะที่คะแนนเฉลี่ยการวิเคราะห์หน่วยย่อยและการวิเคราะห์หลักการมีค่า 10.37 และ 10.13 จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ 86.42 และ 84.42) ตามลำดับ เมื่อนำผลการวิจัยเขียนแสดงกราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังได้รับการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ได้กราฟดังในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการวิเคราะห์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว

จากกราฟ (ภาพที่ 1) เมื่อเรียงลำดับการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการวิเคราะห์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ได้จากลำดับที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ การวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์หลักการ และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์คะแนนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมประเมินก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว โดยใช้แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 การปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อม ในแต่ละตอนของแบบสอบถาม แบ่งประเด็นการสอบถามเป็น 12 เรื่อง ตามแนวคิดเคมีสีเขียว ได้แก่

(1) การป้องกันการเกิดของเสีย

(2) การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า

(3) กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง

(4) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ

(5) การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย

(6) การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

(7) การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า)

(8) ลดการทำสารอนุพันธ์

(9) ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์

(10) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้

(11) การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา

(12) คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

จากนั้นนำคะแนนความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมมาเทียบกับเกณฑ์ระดับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมที่คะแนนเฉลี่ยสูงกว่า 65 คะแนน ตามเกณฑ์ของ Jane (2012) ผลการวิเคราะห์คะแนนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม (ตาราง 2) พบว่าคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตกลุ่มเป้าหมายทั้งด้านเจตคติและด้านการปฏิบัติตน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.34 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 65 คะแนน เมื่อพิจารณาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมในด้านย่อยทั้ง 12 ด้านตามแนวคิดเคมีสีเขียว พบว่า ประเด็นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม 5 ลำดับที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดห้าอันดับแรกคือ การป้องกันการเกิดของเสีย คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสาร

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่าง

ความตระหนักสิ่งแวดล้อม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		ค่าที
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
1. การป้องกันการเกิดของเสีย	69.89	0.62	86.24	0.96	
- ด้านเจตคติ	36.40	0.46	44.40	0.92	6.01*
- ด้านการปฏิบัติตน	33.49	0.29	41.84	0.51	
2. การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า	64.17	0.55	73.92	1.50	
- ด้านเจตคติ	30.50	0.38	39.12	0.68	12.21*
- ด้านการปฏิบัติตน	33.67	0.42	34.80	1.35	
3. กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง	56.42	0.68	64.49	0.89	10.48*
- ด้านเจตคติ	30.00	0.52	33.65	0.65	
- ด้านการปฏิบัติตน	26.42	0.46	30.84	0.42	
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ	65.60	0.66	80.24	0.76	12.16*
- ด้านเจตคติ	35.43	0.54	41.24	0.26	
- ด้านการปฏิบัติตน	30.17	0.51	39.00	0.43	
5. การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย	58.53	0.74	68.71	1.01	6.11*
- ด้านเจตคติ	29.70	0.62	38.41	1.25	
- ด้านการปฏิบัติตน	28.83	0.41	30.29	0.52	
6. การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	70.12	0.60	76.67	1.47	6.44*
- ด้านเจตคติ	34.49	0.50	44.12	1.59	
- ด้านการปฏิบัติตน	35.63	0.46	32.55	0.78	
7. การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า)	71.01	0.72	81.08	1.00	11.02*
- ด้านเจตคติ	33.93	0.61	42.35	0.60	
- ด้านการปฏิบัติตน	37.08	0.45	38.73	1.52	
8. ลดการทำสารอนุพันธ์	68.53	0.72	76.47	0.35	
- ด้านเจตคติ	32.41	0.51	35.71	0.85	12.41*
- ด้านการปฏิบัติตน	36.12	0.40	30.76	0.23	
9. ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์	65.28	0.90	73.84	1.66	7.35*
- ด้านเจตคติ	37.40	0.60	39.53	1.02	
- ด้านการปฏิบัติตน	27.88	0.63	34.31	1.31	

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ความตระหนักสิ่งแวดล้อม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		ค่าที
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	
10. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้	65.02	0.63	80.18	0.83	11.43*
- ด้านเจตคติ	30.50	0.44	42.24	0.64	
- ด้านการปฏิบัติตน	34.52	0.48	37.94	1.84	
11. การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา	60.80	0.71	66.64	1.05	10.66*
- ด้านเจตคติ	25.80	0.54	31.60	0.88	
- ด้านการปฏิบัติตน	35.00	0.41	35.04	1.17	
12. คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ	74.40	0.69	83.00	0.89	19.03*
- ด้านเจตคติ	35.40	0.66	45.45	0.59	
- ด้านการปฏิบัติตน	39.00	0.38	37.55	0.30	
คะแนนเฉลี่ย	66.06	5.40	75.34	6.93	10.21*

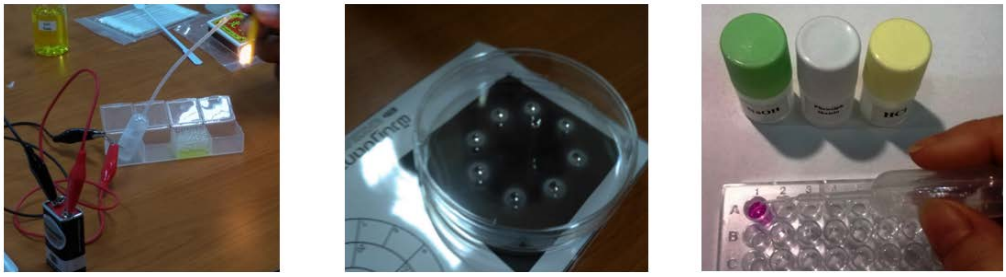
เคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ และการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลาย ได้โดยมีคะแนนเฉลี่ย 86.24 83.00 81.08 80.24 และ 80.18 คะแนนตามลำดับ และประเด็นที่มีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมในคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง มีคะแนนเฉลี่ย 64.49 คะแนน นอกจากนี้พบว่าคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง ($p < .05$) และเมื่อพิจารณาประเด็นย่อยทั้ง 12 ด้าน พบว่าคะแนนเฉลี่ยความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้านหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) โดยก่อนการทดลอง นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมคิดเป็น 66.06 คะแนน และหลังการทดลองพบว่าคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นคิดเป็น 75.34 คะแนน

จากการสัมภาษณ์นิสิตโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ ดังนี้ ความรู้ทางสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม ความสนใจในข่าวสารสิ่งแวดล้อมและ การมีเจตคติต่อกิจกรรมเกี่ยวกับเคมีสีเขียวหรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่านิสิตมีความสนใจและอยากที่จะนำความรู้และข้อปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อม รู้คุณค่าและติดตามข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าประเด็นอื่น ๆ นิสิตร้อยละ 60 กล่าวว่าตนเองสามารถปฏิบัติตนในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นกว่าก่อนที่จะได้เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียว และร้อยละ 20 มีความกังวลในการนำความรู้และทักษะการปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในการฝึกประสบ-

การณ์วิชาชีพครู

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยนี้พบว่านิสิตที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์ 82.86 อยู่ในระดับดี จำนวนร้อยละ 66.67 และพบว่าก่อนการทดลองนิสิตมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์อยู่ในระดับพอใช้และหลังการทดลองอยู่ในระดับดี และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการวิเคราะห์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Özkan (2017) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านส่งผลเชิงบวกกับทักษะทางปัญญา (cognitive skill) และการคิดระดับสูง ในกิจกรรมการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ประกอบด้วยการกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (experiential engagement) ซึ่งผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อเรียนเนื้อหาโดยอาศัยวิธีการที่หลากหลายโดยเฉพาะการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง การใช้สื่อออนไลน์ และการทดลอง เพื่อกระตุ้นและเร้าความสนใจ ประกอบกับเป็นการเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนสู่การเรียนการสอนในความรู้ใหม่ จากนั้นจะกำหนดให้ผู้เรียนสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด ซึ่งผู้เรียนได้รับการมอบหมายให้ศึกษาวีดิทัศน์ บันทึกการบรรยาย และทำแบบฝึกหัดเมื่อเสร็จสิ้นการชมวีดิทัศน์แล้ว หรือสืบค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากการชมวีดิทัศน์ เมื่อถึงกิจกรรมในห้องเรียน ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนสู่การสาธิตการทดลองที่อาศัยแนวคิดเคมีสีเขียวเป็นพื้นฐาน เช่น การทดลองเคมีย่อส่วน อาทิการผลิตแก๊สไฮโดรเจน การทำปฏิกิริยาของสารที่มักจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การไทเทรตเพื่อหาปริมาณสารที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้ ดังในภาพที่ 2



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างการทดลองเคมีย่อส่วนบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว
(ก) การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีของสารละลายไฮโดรเจนคาร์บอเนต
(ข) การทำปฏิกิริยาของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
(ค) การไทเทรตกรด–เบส

หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบวิธีการหรือการทดลองจากการแสดงการสาธิตตัวอย่างการทดลองบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว เช่น การทดลองเคมีย่อส่วน แล้วผู้-

เรียนจะออกแบบวิธีการหรือการทดลองของตนเอง โดยใช้อาศัยแนวคิดเคมีสีเขียวเป็นพื้นฐาน ซึ่งสิ่งสำคัญในองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านคือ การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย (meaning making) ผู้เรียนจะเป็นผู้บูรณาการองค์ความรู้จากสื่อวีดิทัศน์และกิจกรรมในห้องเรียนที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้สืบค้นและรวบรวม การทำงานกลุ่ม การอภิปรายระหว่างเพื่อนและผู้สอน การนำเสนอความคิดของตนเองหรือนำเสนอการออกแบบการทดลองบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียวโดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยชี้แนะ ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเขียนและนำเสนอความคิดของตนเองประกอบกับการได้รับผลป้อนกลับ (feedback) จากผู้สอนและเพื่อนเพื่อปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาผลงานของตนเองต่อไปอีกด้วย จึงทำให้มีการพัฒนาทักษะทางปัญญามากยิ่งขึ้น (Özkan, 2017) ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการดังนี้

"การที่ได้ทำงานเป็นกลุ่มทุกคนได้ช่วยกันนำเสนอความคิดของตนเองและอภิปรายกัน ซึ่งทำให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดของกลุ่มในการแก้ปัญหาหรือการออกแบบการทดลองตามแนวคิดเคมีสีเขียว" (นิสิต 001)

"ได้มุมมองใหม่ ๆ จากการอภิปรายของเพื่อนๆ ในห้องเรียน" (นิสิต 002)

สอดคล้องกับ Ultanir (2012) ที่พบว่าการอภิปราย โครงงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง ซึ่งความถี่ในการได้รับประสบการณ์ตรงของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นได้ในกิจกรรมการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่านการใช้กิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ได้ลักษณะผู้เรียนเชิงรุก (active learner) นั่นคือผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการกระตุ้นการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า สอดคล้องกับ Bloom et at. (1971) ที่อธิบายว่า ความสามารถในการวิเคราะห์เป็นทักษะขั้นสูงที่ซับซ้อนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายมีครูเป็นผู้ชี้แนะช่วยเหลือจะช่วยส่งเสริมทักษะนี้ได้ ส่วนการสาธิตและประยุกต์ใช้ (demonstration and application) เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเองในเชิงสร้างสรรค์ โดยในกิจกรรมการเรียนการสอนต้องกำหนดให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้แนวคิดเคมีสีเขียวในการออกแบบการทดลองหรือวิธีการต่าง ๆ ที่แตกต่างจากที่ได้เรียนรู้มา สอดคล้องกับ Strayer (2008) ที่พบว่า เมื่อจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน ผู้เรียนชอบและแสดงระดับการคิดด้านนวัตกรรมที่สูงขึ้น เช่น สามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และมีลักษณะเฉพาะตัว และผู้เรียนมีความร่วมมือ นั่นคือ คุ้นเคยกับการทำงานกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาและอภิปรายความคิดมากกว่าผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

หากพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของการวิเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ พบว่า นิสิตมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของทุกองค์ประกอบหลังการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียวสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$) โดยนิสิตมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านวิเคราะห์หน่วยย่อยมากที่สุด รองลงมาคือ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ ตามลำดับ ในการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านนั้นการใช้เวลานอกห้องเรียนในการได้ศึกษาวีดิทัศน์

การสอนโดยนิสิตสามารถหยุดวีดิทัศน์เมื่อต้องการหรือสามารถชมได้หลาย ๆ รอบ ประกอบกับแบบฝึกหัดที่ให้นิสิตได้ฝึกทำหลังจากการชมวีดิทัศน์และสิ่งสำคัญคือ ในห้องเรียนมีการจัดกิจกรรมที่ให้นิสิตเกิดการเรียนรู้เชิงรุกผ่านการฝึกการใช้การวิเคราะห์ และการคิดขั้นสูงดังที่ Danker (2015) อธิบายว่าการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกและส่งผลให้การเรียนรู้รายบุคคลให้ดีขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ออกแบบให้มีการสืบสอบหาความรู้เป็นวิธีที่ประสบความสำเร็จทำให้มีส่วนร่วมในระดับลึกและเพิ่มความอยากรู้ของผู้เรียน และการมีส่วนร่วมทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้วย

ในกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนนั้น นิสิตได้รับการกระตุ้นการสืบสอบความรู้ด้วยตนเองจากการใช้คำถามของผู้สอนให้คิดและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยใช้คำถามที่ให้จำแนกประเภท บอกความสัมพันธ์ หลักการหรือแนวคิดหลัก เป็นต้น พบว่า เมื่อผู้สอนใช้คำถามลักษณะดังกล่าวทำให้นิสิตตอบคำถามที่มีความหลากหลาย ซึ่งส่งเสริมให้นิสิตมีการคิดที่กว้างและหลากหลายยิ่งขึ้น ส่วนการค้นคว้าข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำแนวคิดเคมีสีเขียวที่เรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาและออกแบบการวิธีการแก้ปัญหาหรือออกแบบการทดลองเหล่านี้ทำให้นิสิตได้ฝึกฝนการวิเคราะห์หน่วยย่อย ความสัมพันธ์ และหลักการ นอกจากนี้นิสิตยังมีการนำเสนอผลงานการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือการทดลองบนพื้นฐานของแนวคิดเคมีสีเขียวพร้อมกับการได้รับข้อคิดเห็นหรือข้อมูลป้อนกลับจากผู้สอนและเพื่อน เป็นการส่งเสริมความสามารถในการวิเคราะห์ด้วย ดังที่ See and Conry (2014) กล่าวว่า เนื้อหาที่สอนนอกห้องเรียนเหมาะสมกับการคิดระดับต่ำของ Bloom's taxonomy ได้แก่ จำและเข้าใจ ส่วนกิจกรรมในห้องเรียนเหมาะสำหรับการคิดระดับสูง ได้แก่ วิเคราะห์ ประยุกต์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ O'Flaherty and Phillips (2015) ที่อธิบายว่าการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านสามารถทำได้หลายรูปแบบ แต่ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนนี้ประกอบด้วย เนื้อหาล่วงหน้าซึ่งปกติเป็นวีดิทัศน์บันทึกการสอนเนื้อหาที่จะสอนในคาบเรียนหรือชั่วโมงต่อไปข้างหน้า ความตระหนักของผู้สอนหรือนักการศึกษาต่อความเข้าใจของผู้เรียนและการคิดระดับสูงระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนมีความสำคัญอย่างมากซึ่งความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านนี้ควรพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ทำให้เกิดการคิดขึ้นสูง เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การพัฒนาหรือปรับปรุงความสนใจของผู้เรียนทั้งในและนอกห้องเรียน นอกจากนี้การใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้านยังช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับเนื้อหาผ่านการทำกิจกรรมในห้องเรียนซึ่งเป็นการเรียนรู้เชิงรุกด้วย

2. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ผลวิจัยพบว่า นิสิตที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว มีคะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม 75.34 คะแนนซึ่งจัดอยู่ในระดับดีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 65 คะแนน ตามเกณฑ์ของ Jane (2012) และสูงกว่าก่อนการทดลอง ($p < .05$) ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านเป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ

สำคัญ ได้แก่ การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด การสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย การสาธิต และประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนหลังจากที่นิสิตได้ศึกษาวีดิทัศน์ประกอบการบรรยายเนื้อหาหลักการแนวคิดเคมีสีเขียวและทำแบบฝึกหัดที่ได้รับมอบหมายแล้ว นิสิตได้รับการฝึกการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนมาในการออกแบบวิธีการหรือการทดลองโดยอาศัยหลักการแนวคิดเคมีสีเขียว โดยผู้สอนสาธิตตัวอย่างการออกแบบการทดลองหรือออกแบบวิธีการทางเคมีบนแนวคิดเคมีสีเขียวประกอบกับเปิดโอกาสให้นิสิตได้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อออกแบบการทดลองของตนเอง ในการอภิปรายระหว่างการทำกิจกรรมพบว่านิสิตเล็งเห็นความสำคัญของแนวคิดเคมีสีเขียวในการออกแบบกิจกรรม วิธีการ หรือการทดลอง ดังตัวอย่างที่นิสิตให้สัมภาษณ์ดังนี้

"คาดไม่ถึงว่าการทดลองที่สามารถใช้แนวคิดเคมีสีเขียวมีหลากหลายการทดลองและสามารถทำให้เข้าใจมโนทัศน์เคมีเช่นเดียวกับการทดลองที่ไม่ได้ใช้แนวคิดนี้ นอกจากนี้ยังผลิตของเสียน้อยมากหรือไม่มีของเสียเกิดขึ้นเลย ดีมาก ๆ" (นิสิต 001)

"การทดลองแบบย่อส่วนช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้มาก ๆ เพราะช่วยลด waste และใช้สารปริมาณน้อยมาก ๆ ในการทดลองอีกด้วย" (นิสิต 002)

"คงจะลดชนิดและอันตรายจากการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ลงได้เยอะมาก และยังรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วยหากใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในปฏิกิริยาเคมี" (นิสิต 003)

การที่นิสิตได้สื่อสาร แสดงความรู้สึกที่สนใจ การรับรู้ และเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่า นิสิตเกิดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับ Chamber and Smith (2007) ที่กล่าวว่า การแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อม ความรู้สึกต่อสถานการณ์เกี่ยวกับสาเหตุการกระทำ หน้าที่และความรับผิดชอบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นถึงความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ Zecha (2012) ยังอธิบายว่าความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเกิดจากความสนใจและความห่วงใยต่อสิ่งแวดล้อมนำไปสู่การศึกษาหาความรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจทั้งด้านความรู้และการปฏิบัติจนสามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่ง Strayer (2008) กล่าวว่า หนึ่งในผลที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านคือ ผู้เรียนจะเกิดความตระหนักในกระบวนการการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น การเกิดความตระหนักโดยเฉพาะหากเกิดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงกับความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม เจตคติ และการปฏิบัติ ดังนั้นความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้รับการกำหนดอย่างกว้าง ๆ ว่าเป็นความรู้ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเจตคติ โดยการเกิดความตระหนักจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการรับรู้ เจตคติ อันจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและการปฏิบัติต่อไป (Hadzigeorgiou and Skoumios, 2013)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าการใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง แนวคิดเคมีสีเขียว ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความ สามารถในการวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตวิชาชีพครูจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

(1) แผนการจัดการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเนื้อหาอื่นๆ ได้โดยเนื้อหานั้นไม่ควรมีความซับซ้อนมากเกินไป สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนเพื่อขยายมโนทัศน์ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากวีดิทัศน์ ส่งเสริมการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

(2) ในการจัดเตรียมวีดิทัศน์เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาด้วยตนเองนอกห้องเรียน ควรคำนึงถึงระยะเวลาที่จะวางวีดิทัศน์ดังกล่าวไว้ล่วงหน้าอย่างน้อย 1 สัปดาห์เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาล่วงหน้าก่อนเรียนในชั่วโมงถัดไปและควรคำนึงถึงคุณภาพวีดิทัศน์และการให้ผลป้อนกลับในการทำแบบฝึกหัดหรือตอบคำถามหลังจากผู้เรียนได้ชมวีดิทัศน์แล้ว

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

(1) การเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านสามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีการสอนอื่น ๆ อาทิ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem–based learning) การสอนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (socioscientific issue (SSI) – based teaching)

(2) รูปแบบวิจัยสามารถออกแบบเป็นการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่จัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปหรือแบบดั้งเดิมและใช้ระยะเวลาการศึกษาอย่างน้อย 1 ภาคเรียน

(3) ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนิสิต เช่น ระดับความรู้ด้านเนื้อหาเคมีหรือสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตนอย่างมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การให้ความสนใจข่าวสารสิ่งแวดล้อมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

Anderson, L. W., and Krathwohl, D. R. (2001). **A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition**. New York: Longman.

Bloom, B. S. (1971). **Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning**. New York: McGraw–Hill.

Burns, D. E., Leppien, J., Omdal, S., Gubbins, E. J., Muller, L., and Vahidi, S. (2006). **Teachers' Guide for the Explicit Teaching of Thinking Skills**. New York: Yale University.

Chambers, C. M., and Smith, D. (2007). **Environmental awareness in the OECS. OECS Protected Areas and Associated Livelihoods (OPAAL)**. Project Report of a KAP (Knowledge, Attitudes and Practices) survey conducted in six OECS member states, Castries, St. Lucia.

Danker, B. (2015). Using Flipped Classroom Approach to Explore Deep Learning in Large Classrooms. **The IAFOR Journal of Education** 3(1): 172.

Eilks, I., Markic, S., and Witteck, T. (2010). **Collaborative Innovation of the Science Classroom by Participatory Action Research–Theory and Practice in a Project of Implementing Cooperative Learning Methods in Chemistry Education**. In Zuljan, M. V., and Vogrinc, J. (Eds.),

Facilitating Effective Student Learning through Teacher Research and Innovation. Ljubljana: University of Ljubljana.

Elder, L., and Paul, R. (2007). **Thinker's Guide to analytic thinking: how to take thinking apart and what to look for when you do**. Dillon Beach, CA: Foundation Critical Thinking.

Hadzigeorgiou, Y., and Skoumios, M. (2013). The development of environmental awareness through school science: Problems and possibilities. **International Journal of Environmental & Science Education** 8: 405-426.

Herreid, C., and Schiller, N. (2013). Case studies and the flipped classroom. **Journal of College Science Teaching** 42: 62–66.

Jane, M. A. (2012). Assessing the level of environmental awareness of non–science students of colleges of education in Rivers State. **Journal of Educational and Social Research** 2(7): 69–74.

Karpudewan, M., Ismail, Z., and Roth, W. M. (2012a). Fostering pre–service teachers' self–determined environmental motivation through green chemistry experiments. **Journal of Science Teacher Education** 23: 673–696.

Karpudewan, M., Ismail, Z., and Roth, W. M. (2012b). Promoting pro–environmental attitudes and reported behaviors of Malaysian pre–service teachers using green chemistry experiments. **Environmental Education Research** 18: 375–389.

Khammani, T. (1997). **Thinking**. Bangkok: The Master Group Management. (in Thai)

Kitchens, C., Charney, R., Naistat, D., Farrugia, J., Clarens, A., O'Neil, A., Lisowski, C., and Braun, B. (2006). Completing our education: Green chemistry in the curriculum. **Journal of Chemical Education** 83: 1126–1129.

Lage, M., Platt, G., and Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment source. **The Journal of Economic Education** 31(1): 30–43.

Ministry of Education. (2017). **Science Learning Guides according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (Revised edition B.E. 2560)**. Bangkok: Author. (in Thai)

O'Flaherty, J., and Phillips, C. (2015). The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. **Internet and Higher Education** 25: 85–95.

Office of Higher Education Administration, Office of the Basic Education Commission. (2018). **Guidelines of Learning in 21st Century**. Retrieved from https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2016/09/20160908101755_51855.pdf, June 15, 2018. (in Thai)

Özkan, Y. (2017). Flipped higher education class-

room: An application in environmental education course in primary education. **Higher Education Studies** 7(3): 93–102.

Panyachirawut, K. (2013). **"Flipped Classroom"**. Retrieved from http://school.esanpt1.go.th/nites/km/56km/Flipped%20Classroom.pdf, June 15, 2018. (in Thai)

Pluta, W., Richards, B., and Mutnick, A. (2013). PBL and beyond: Trends in collaborative learning. **Teaching and Learning in Medicine** 25(S1): S9–S16.

Praditweangkum, W. (2011). Green Analytical Chemistry. **Journal of Science Ladkrabang** 20(2): 29–44. (in Thai)

Roth, W., and Désautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education** 4(2): 149–168.

Schoolwires. (2013). **The Flipped Classroom: A New Way to Look at Schools**. Retrieved from http://www.schoolwires.com/cons/lip3/flipped_classroom_0612.pdf. June 15, 2018.

See, S., and Conry, J. (2014). Flip my class! A faculty development demonstration of a flipped–classroom. **Currents In Pharmacy Teaching And Learning** 6(4): 585–588.

Sternberg, J. R. (1997). **Thinking Style**. New York: The University of Cambridge.

Strayer, J. F. (2007). **The Effects of the Classroom Flip on the Learning Environment: A Comparison of Learning Activity in a Traditional Classroom and a Flip Classroom that Used an Intelligent Tutoring System**. Ph.D. Dissertation. USA: The Ohio State University.

Ultanir, E. (2012). An Epistemological glance at the constructivist approach: Constructivist learning in Dewey, Piaget, and Montessori. **International Journal of Instruction** 5(2): 195–212.

Wardencki, W., Curylo, J., and Namiesnik, J. (2005). Green chemistry – Current and future issues. **Polish Journal of Environmental Studies** 14(4): 389–395.

Zecha, S. (2012). Geocaching, a tool to support environmental education!?– An explorative study. **Educational research** 1: 177–188.