การจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ในรายวิชาเคมีอินทรีย์สำหรับนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ : กรณีศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการบ้านออนไลน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

LEARNING MANAGEMENT BASED ON ONLINE HOMEWORK IN ORGANIC CHEMISTRY COURSE FOR PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS: A CASE STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN ONLINE HOMEWORK SCORES AND LEARNING ACHIEVEMENT

ผู้วิจัย เจษฎา ราษฎร์นิยม[1] Jadsada Ratniyom[1]
jadsada.ra@ssru.ac.th
สุทธิพงศ์ บุญผดุง[2] Suttipong Boonphadung[2]
ธรรศนันต์ อุนนะนันทน์[3] Thassanant Unnanantn[3]

Received: *July 18, 2019*
Revised: *October 11, 2019*
Accepted: *October 21, 2019*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ 2) ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชาและ 3) ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทเรียนเรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐานกับ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทอื่น ๆ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ ได้แก่นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 50 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ ปีการศึกษา 2561 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์และการบ้านออนไลน์ประจำบทเรียน ข้อมูลถูกวิเคราะห์โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependent samples) ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีอินทรีย์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ในทุกบทเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) คะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (r = 0.733) และคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (r = 0.761) และ

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (ปร.ด. เคมีอินทรีย์) สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (ปร.ด.หลักสูตรและการสอน) คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
[3]อาจารย์ (ปร.ด.หลักสูตรและการสอน)สาขาภาษาอังกฤษ คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

3) คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ของบทเรียนเรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทอื่น ๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวก อยู่ระหว่าง 0.364–0.649 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : การบ้านออนไลน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เคมีอินทรีย์ สหสัมพันธ์

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to compare pre-service science teachers' learning achievement in organic chemistry course before and after using learning management based on online homework. 2) to in vestigate the correlation between the average online homework scores and the average post-test scores and the correlation between the average online homework scores and the final course grade, and 3) to investigate the correlation between the post-test scoreson the chapter about *curved-arrow form alismdrawing to show electron movement for basic organic reaction mechanisms* and the consecutive chapters' post-test scores. The samples of this research were 50pre-service science teachers who enrolled in organic chemistry course in 2018 academic year at Suan Sunandha Rajabhat University. These students were purposively selected. The research instruments consisted of an organic chemistry achievement test and online homework of each chapter. The data were statistically analyzedby means, standard deviation, t-test for dependent samples, normalized gain and Pearson correlation coefficients analysis.

The results of this study revealed as follows: 1)the pre-service science teachers' post-test scores in organic chemistry course after using learning management based on online homework were significantly higher than theirpre-test scores at the .01 level, 2) their average online homework scores were statistically significant and positively correlated to the average post-test scores at .05 level (r = 0.733) and the average online homework scores were statistically significant and positively correlated to final course grade at .05 level(r = 0.761), and 3) the post-test scores on the chapter about *curved-arrow formalism drawing to show electron movement for basic organic reaction mechanisms* were statistically significant and positively correlated to the consecutive chapters' post-test scores, ranging in value from 0.364to 0.649at .05 level.

Keywords: Online Homework, Learning Achievement, Organic Chemistry, Correlation

บทนำ

วิชาเคมีอินทรีย์ในระดับอุดมศึกษาเป็นวิชาบังคับพื้นฐานที่นักศึกษาในคณะทางสายวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นคณะแพทยศาสตร์ สหเวชศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ วิทยาศาสตร์ แม้กระทั่งนักศึกษา คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ของทุกมหาวิทยาลัยต้องลงทะเบียนเรียน รายวิชานี้ส่วนใหญ่ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับ โครงสร้าง หมู่ฟังก์ชั่น การเรียกชื่อสเตอริโอเคมี ปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ จำพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอะโรมาติก และสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชั่นเช่น แอลคิลแฮไลด์ แอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก และอนุพันธ์ เอมีน และเอไมด์ เป็นต้น ด้วยเนื้อหาของรายวิชาที่มีความซับซ้อนและหลากหลายหัวข้อ วิชาเคมีอินทรีย์จึงจัดเป็นวิชาหนึ่งที่ยากและมี

ความท้าทายอย่างมากต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาคณะทางสายวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีอินทรีย์ในอดีต จะศึกษาปฏิกิริยาการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันหนึ่งไปเป็นอีกหมู่หนึ่ง และศึกษาปฏิกิริยาการทดสอบหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ซึ่งการเรียนในลักษณะนี้ต้องอาศัยความจำอย่างมาก และบางปฏิกิริยาอาจใช้แต่ความจำโดยปราศจากความเข้าใจในการเกิดปฏิกิริยานั้น ๆ ในปี ค.ศ.1922 นักวิจัย Kermack และ Robison (Kermack & Robinson, 1922) เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์โดยใช้การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในการสร้างและสลายพันธะเคมี จนกระทั่งถูกพัฒนามาเป็นรูปแบบองค์ความรู้ในการเขียนลูกศรแสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาเพื่ออธิบายการเกิดสารผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ จนท้ายที่สุดถูกพัฒนาเป็นความรู้สำเร็จรูปบรรจุลงในหนังสือเคมีอินทรีย์ (Smith, 2010; Wade, 2012)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ แนะนำถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีอินทรีย์โดยเน้นการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนเพื่ออธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ (Wentland, 1994) การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนนี้ (curved-arrow formalism) เป็นการใช้สัญลักษณ์ลูกศรติดตามการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในการสร้างหรือสลายพันธะในปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์งานวิจัยของ Grove (Grove, Cooper, & Cox, 2012) และ Straumanis (Straumanis & Ruder, 2009) รายงานว่า ความรู้ความเข้าใจในการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนผ่านกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ อาจส่งผลต่อความเข้าใจในการทำนายการเกิดสารผลิตภัณฑ์และการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์แต่ละชนิดอย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่อาจกล่าวถึงพื้นฐานการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนผ่านกลไกการเกิดปฏิกิริยาเพียงคร่าว ๆ นักศึกษาส่วนใหญ่อาจขาดทักษะและไม่ทราบถึงความสำคัญในการใช้การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนจากรายงานข้างต้นผู้วิจัยในฐานะผู้สอนรายวิชาเคมีอินทรีย์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จึงได้จัดการเรียนรู้โดยแยกบทเรียนเรื่อง *การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน*ออกมาเป็นอีกบทหนึ่ง (บทที่ 4) โดยรวบรวมเนื้อหาที่จะเป็นพื้นฐานในการเรียนปฏิกิริยาชนิดอื่น ๆ ไว้ ประกอบด้วยทฤษฎีเรโซแนนซ์ กรด-เบสของสารอินทรีย์ ความเป็นนิวคลีโอไฟล์และอิเล็กโทรไฟล์ และการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนประกอบกลไกการเกิดปฏิกิริยาเบื้องต้นโดยจะลำดับเนื้อหาของบทนี้ไว้ก่อนที่จะเริ่มเรียนปฏิกิริยาของสารอินทรีย์และการทำนายสารผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาแต่ละชนิด (บทที่ 5-12)(Flynn & Ogilvie, 2015) เพื่อทดสอบสมมุติฐานที่ว่า ความรู้ความเข้าใจในบทนี้ จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในการเรียนรู้ปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ของสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ (บทที่ 5–12, หัวข้อเรื่องในแต่ละบทแสดงในตารางที่ 1) หรือไม่

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสำเร็จทางการเรียนของนักศึกษาในรายวิชาเคมีอินทรีย์ (Szu et al., 2011) พบว่า การฝึกทำการบ้านหรือแบบฝึกหัดเคมีอินทรีย์ เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนวิชาเคมีอินทรีย์นี้ อย่างไรก็ตามด้วยเวลาในการจัดการเรียนรู้ที่มีจำกัด หากระหว่างการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาในการฝึกทำแบบฝึกหัดมากเกินไป เนื้อหาของรายวิชาอาจไม่ครอบคลุมตามหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชา ผู้วิจัยจึงศึกษาและค้นหานวัตกรรมที่สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของนักศึกษาทั้งในและนอกห้องเรียน และสามารถส่งเสริมคุณลักษณะนิสัยอันดีในการฝึกทำแบบฝึกหัดได้ซึ่งพบว่า การผนวกการบ้านออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ อาจช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้ได้ (Ratniyom, Unnanantn, 2016; Ratniyom, Boonphadung & Unnanantn, 2019) การบ้านออนไลน์เป็นนวัตกรรมแห่งการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถช่วยให้นักเรียนนักศึกษาทบทวนบทเรียน

ผ่านการทำแบบฝึกหัดออนไลน์ได้ซึ่งมีข้อดี คือ 1) การบ้านออนไลน์จะมีระบบการสับเปลี่ยนข้อคำถามเมื่อผู้ใช้ล็อกอินเข้ามาทำในเวลาเดียวกัน ข้อดีนี้อาจช่วยลดการลอกคำตอบจากเพื่อนในกรณีที่เข้าทำการบ้านออนไลน์บริเวณใกล้กันเวลาเดียวกัน (Doorn, Janssen, & O'Brien, 2010) ส่งผลให้นักศึกษาต้องคิดหาคำตอบและพยายามศึกษาแก้ปัญหาด้วยตนเอง 2) ช่วยเพิ่มโอกาสทางการศึกษาสำหรับนักศึกษาที่ห่างไกล (Dohn, Lund, Lindhardt, & Degnebolig, 2016) และสามารถเข้าทบทวนบทเรียนได้จากทุกที่ทุกเวลา ซึ่งหากในบางสัปดาห์ที่มีวันหยุดติดต่อกัน นักศึกษามีการเดินทางกลับไปเยี่ยมบ้านเกิดที่ต่างจังหวัดก็สามารถเข้าทบทวนบทเรียนผ่านการบ้านออนไลน์นี้ได้ 3) การบ้านออนไลน์ช่วยส่งเสริมคุณลักษณะอันดีในการทบทวนบทเรียน อันเป็นผลจากการที่ระบบสามารถกำหนดวันสิ้นสุดในการเข้าทำได้ (Richards-Babb, Curtis, Georgieva, & Penn, 2015) และ 4) การบ้านออนไลน์สามารถช่วยประเมินผลคะแนนและเฉลยคำตอบได้ทันทีหลังจากที่ทำแบบฝึกหัดเสร็จ (Cole & Todd, 2003) โดยไม่จำเป็นต้องรอให้อาจารย์ผู้สอนเป็นคนตรวจเหมือนอย่างการบ้านแบบกระดาษที่อาจต้องรอการตรวจหรือเฉลยคำตอบ 1–2 สัปดาห์ (Lonn & Teasley, 2009) จากข้อดีนี้เองทำให้อาจารย์ผู้สอนประหยัดเวลา มีเวลาในการเตรียมการสอนมากขึ้น และมีเวลาในการปฏิบัติภารกิจของมหาวิทยาลัย อาทิ วิจัยและบริการวิชาการ เป็นต้น

ใน 2–3 ปีที่ผ่านมาครูผู้สอนหรือนักการศึกษาเริ่มมีการใช้ Google Formเพื่อสร้างคำถาม แบบฝึกหัด ข้อสอบ หรือแม้กระทั่งการบ้านออนไลน์ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียนกันอย่างแพร่หลาย (Ratniyom et al., 2016; Ratniyom et al., 2019) Google Formเป็นเว็บแอปพลิเคชันหนึ่งในบริการของ Google ที่สามารถใช้ได้ฟรี ไม่มีค่าใช้จ่าย เพียงแค่มี Gmail ก็สามารถเริ่มใช้งานได้ทันที ข้อดีของ Google Form คือ 1) ผู้ใช้งานหรือครูผู้สอนไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากนักก็สามารถสร้างข้อคำถามหรือการบ้านบนระบบออนไลน์ได้ 2) ข้อคำถามมีหลายลักษณะให้เลือก เช่น แบบเติมคำตอบสั้น ๆ แบบเรียงลำดับ แบบตัวเลือก เป็นต้น สามารถเพิ่มข้อคำถามและตัวเลือกได้ไม่จำกัดโดยไม่มีค่าใช้จ่ายและยังสามารถเพิ่มรูปภาพ คลิปวีดีโอจาก YouTube แทรกในข้อคำถามได้อีกด้วย 3) Google Form สามารถเชื่อมต่อกับ spreadsheet view ซึ่งทำให้สะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่นักศึกษาเข้ามาตอบหรือให้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว 4) Google Form จะมีระบบกำหนดวันเริ่มต้นและสิ้นสุดในการเข้าทำการบ้านออนไลน์ได้ นักศึกษาสามารถเข้าทำเวลาใดก็ได้ก่อนวันที่กำหนด และ 5) Google Form สามารถตรวจคำตอบได้อัตโนมัติ โดยแสดงผลคะแนนที่ได้ทันทีที่นักศึกษาเข้าทำการบ้านออนไลน์เสร็จสิ้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงเฉลยคำตอบและแทรกลิงก์เฉลยคำตอบแบบละเอียดได้อีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาการใช้การบ้านออนไลน์ที่สร้างบนระบบ Google Form ผนวกเข้ากับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีอินทรีย์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้และความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชานอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจในเรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน (บทที่ 4) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทเรียนอื่น ๆ (บทที่ 5-12) จะถูกศึกษาในงานวิจัยนี้ด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายวิชาเคมีอินทรีย์หลังการจัดการเรียนรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชา

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 4 เรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐานกับ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 5 ถึง 12

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้และความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชามีความสัมพันธ์เชิงบวก

3. ความสัมพันธ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 4 เรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐานกับ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 5 ถึง 12 มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก

นิยามศัพท์เฉพาะในงานวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบเผชิญหน้าในห้องเรียนระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยที่ผู้สอนอธิบายเนื้อหาของรายวิชาประกอบสื่อการจัดการเรียนรู้ และอภิปรายตัวอย่างโจทย์ปัญหาร่วมกันในระหว่างการจัดการเรียนรู้เมื่อจัดการเรียนรู้ในบทเรียนใดบทเรียนหนึ่งเรียบร้อยแล้ว จะมีการมอบหมายการบ้านออนไลน์ประจำบทเรียนนั้นให้เข้าทำในตลอดภาคเรียนซึ่งจะสอดคล้องกับกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (มคอ.3) ของรายวิชาที่มีหน่วยกิตแบบ 3-0-6 (บรรยาย 3 ชั่วโมง ไม่มีปฏิบัติ และนักศึกษาศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือนักศึกษาภาคปกติที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ ปีการศึกษา 2561 ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มีทั้งหมด 12 กลุ่มเรียน รวมทั้งสิ้น 285 คน

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากผู้วิจัยได้เลือกนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2560 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการหาประสิทธิภาพของการบ้านออนไลน์ (E_1/E_2) มาก่อนหน้านี้ จึงต้องการศึกษาผลของการใช้การบ้านออนไลน์ในการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความสามารถทางการเรียนใกล้เคียงกัน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างปีการศึกษา 2561 ที่เลือกมามีความรู้ความสามารถทางการเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างปีการศึกษา 2560 โดยวิเคราะห์จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีทั่วไป 2 ซึ่งเป็นวิชาบังคับก่อนเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์

ตัวแปรตามคือ 1) คะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ 3) เกรดของรายวิชา

ขอบเขตเนื้อหาและระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของเนื้อหาเป็นไปตามหลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2560 มีคำอธิบายรายวิชาเคมีอินทรีย์ ดังนี้ “*โครงสร้าง หมู่ฟังก์ชัน การเรียกชื่อ สเตอริโอเคมี ปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์จำพวกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบอะโรมาติก และสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันแอลคิลแฮไลด์ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโทน กรดคาร์บอกซิลิ

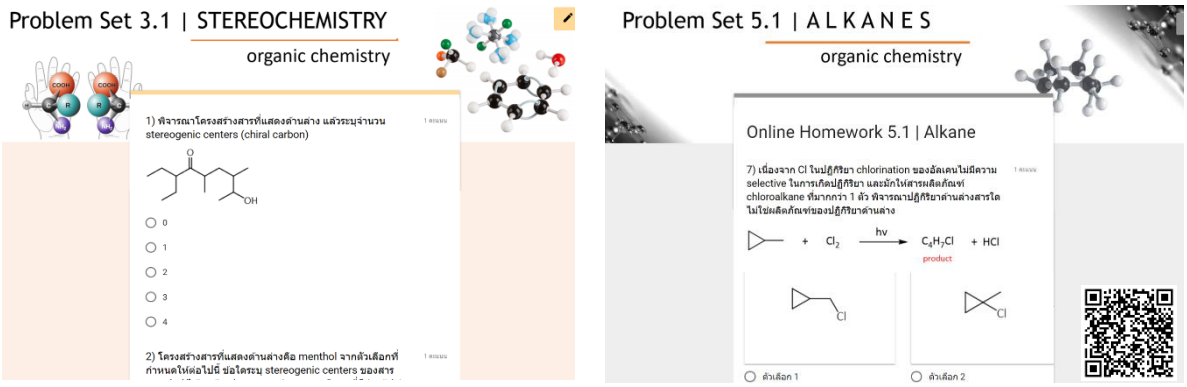
กและอนุพันธ์ เอมีนและเอไมด์" จากคำอธิบายรายวิชาสามารถแบ่งเป็น 12 บทเรียนแสดงในตารางที่ 1 ในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดึงเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานต่อการเรียนรู้กลไกของปฏิกิริยาอินทรีย์ชนิดอื่นไว้ใน บทที่ 4 เรื่อง การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน ซึ่งจะลำดับไว้ก่อนจะเริ่มเรียนกลไกและปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้ เวลาในการวิจัยรวม 17 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3ชั่วโมง เวลาในการจัดการเรียนรู้คือ 15 สัปดาห์ ส่วนอีก 2 สัปดาห์ เป็นสัปดาห์สำหรับทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การบ้านออนไลน์รายวิชาเคมีอินทรีย์ มีลักษณะเป็นข้อคำถามชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือกมีคำตอบที่ถูก 1 ตัวเลือก ข้อคำถามของการบ้านออนไลน์จะถูกคัดเลือกจากแบบทดสอบท้ายบทของหนังสืออ้างอิงประจำรายวิชานี้ (Smith, 2010; Wade, 2012) โดยผู้วิจัยจะทำการแปลเป็นภาษาไทยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในด้านความเข้าใจของภาษาอังกฤษ การบ้านออนไลน์นี้มีทั้งหมด 14 ชุด ประจำแต่ละบท แบ่งเป็น บทที่ 1 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 10 ข้อบทที่ 2 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 15 ข้อ บทที่ 3 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 20 ข้อ บทที่ 4 จำนวน 2 ชุด มีข้อคำถามชุดละ 15 ข้อ บทที่ 5 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 15 ข้อ บทที่ 6 จำนวน 2 ชุด ชุดแรกมีข้อคำถาม 20 ข้อ ชุดที่สองมีข้อคำถาม 15 ข้อ บทที่ 7–10 มีบทละ 1 ชุด ชุดละ 15 ข้อ บทที่ 11 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 20 ข้อ และบทที่ 12 จำนวน 1 ชุด มีข้อคำถาม 15 ข้อ การบ้านออนไลน์นี้ ได้รับการหาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มาก่อนแล้ว โดยทดลองใช้กับนักศึกษาในปีการศึกษา 2560 พบว่าประสิทธิภาพของการบ้านออนไลน์นี้มีค่า E_1/E_2เท่ากับ 73.68/70.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

การบ้านออนไลน์ของรายวิชาเคมีอินทรีย์ทั้ง 14 ชุดนี้จะถูกสร้างบน Google Form รายละเอียดขั้นตอนการสร้างการบ้านออนไลน์โดยใช้ Google Form สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง ("Create & grade quizzes with Google Forms," 2019; Ratniyom et al., 2016) การบ้านออนไลน์ที่สร้างขึ้นนี้จะมีระบบกำหนดวันที่สามารถเริ่มเข้าทำและวันสิ้นสุดการเข้าทำการบ้านออนไลน์ในแต่ละบทไว้ ลิงก์ของการบ้านออนไลน์ในแต่ละบทจะถูกแสดงในเว็บไซต์ประจำตัวผู้สอน นักศึกษาสามารถเข้าทบทวนผ่านเว็บเบราว์เซอร์หรือโทรศัพท์มือถือได้ทันทีโดยไม่ต้องลงโปรแกรมใด ๆ เมื่อทำการบ้านเสร็จสิ้นในแต่ละชุดระบบจะแสดงผลคะแนนและคำตอบที่ถูกต้องทันที นอกจากนี้ยังแสดงลิงก์เฉลยคำตอบแบบละเอียดแนบไว้หลังจากผู้เรียนทราบเฉลยคำตอบแล้ว ตัวอย่างหน้าตาของการบ้านออนไลน์ที่สร้างโดย Google Form แสดงในภาพที่ 1 (ลิงก์แสดงการบ้านออนไลน์ทั้ง 12 บท คือ https://bit.ly/2XPWzSH)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการบ้านออนไลน์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีอินทรีย์

ก่อนนำการบ้านออนไลน์ไปใช้ ผู้วิจัยมีการสร้างและหาประสิทธิภาพของการบ้านออนไลน์นี้มาก่อนแล้ว ในปีการศึกษา 2560 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของการบ้านออนไลน์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nantapinai (Nantapinai, 2018) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) ศึกษา ตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบ้านออนไลน์และการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีอินทรีย์ 2) คัดเลือกข้อคำถามจากคลังข้อสอบ (test bank) ของหนังสือเคมีอินทรีย์ที่ใช้อ้างอิงในรายวิชานี้ และทำการแปลเป็นภาษาไทย 3) นำข้อคำถามที่คัดเลือกมาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา 2 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีอินทรีย์ 1 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) ของข้อคำถามกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ 4) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 5) นำข้อคำถามที่คัดเลือกมา สร้างเป็นการบ้านออนไลน์บนระบบ Google Form 6) ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 คน ประเมินคุณภาพของการบ้านออนไลน์ ด้านการจัดวางรูปแบบ ด้านตัวอักษรและภาพประกอบ ด้วยแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะแบบมาตราส่วน 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert scale) ประกอบด้วย มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด พร้อมกับข้อเสนอแนะปลายเปิดเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นปลายเปิด พบว่าคุณภาพของการบ้านออนไลน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.66)7) หลังจากปรับปรุงแก้ไขการบ้านออนไลน์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว นำไปทดลองกับนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2559 ซึ่งได้เรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ไปเรียบร้อยแล้วกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน กลุ่มขนาดกลาง 9 คน และกลุ่มใหญ่ 16 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักศึกษาที่มีระดับคะแนน สูง ปานกลาง และต่ำ และนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2560 ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีอินทรีย์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 36 คน พบว่าประสิทธิภาพของการบ้านออนไลน์นี้มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 73.68/70.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70/70

2.แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ เป็นชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูก 1 ตัวเลือก แบ่งเป็น 2 ฉบับ คือ ข้อสอบกลางภาค120 ข้อ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาบทที่ 1–6ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.24–0.77 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29–0.58 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 และข้อสอบปลายภาค จำนวน 110 ข้อครอบคลุมเนื้อหาบทที่ 7–12 ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27–0.73 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33–0.79 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92

ก่อนนำแบบทดสอบไปใช้มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้ 1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และตำราที่เกี่ยวข้อง 2) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก 3)

นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีอินทรีย์ 1 คน ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 1 คน เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาข้อสอบ4) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 5) นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 6) วิเคราะห์ ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์ 0.2–0.8 และค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่า 0.7 ขึ้นไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กลางภาคก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest) ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในบทที่ 1–6 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาคก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest) ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในบทที่ 7–12 กับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้เวลาในการทำแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ ฉบับละ 3ชั่วโมง สาเหตุที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาค (Pretest) ตั้งแต่ก่อนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากหากเก็บข้อมูลหลังสอบกลางภาคเสร็จ นักศึกษาอาจใช้ความรู้ในบทที่เรียนก่อนกลางภาคมาแก้ปัญหา ทำให้ได้ข้อมูลคะแนนก่อนการจัดการเรียนรู้คลาดเคลื่อนได้

2. ดำเนินการชี้แจงวิธีการใช้งานการบ้านออนไลน์บน Google Form และแจ้งเว็บไซต์ประจำตัวผู้สอนที่เชื่อมต่อกับรายวิชาเคมีอินทรีย์ ของปีการศึกษา 2561

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์สำหรับเนื้อหารายวิชาเคมีอินทรีย์ในบทที่ 1–6 โดยเมื่อจัดการเรียนรู้ในบทใดบทหนึ่งเสร็จ นักศึกษาจะได้รับมอบหมายให้เข้าทำการบ้านออนไลน์ประจำบทนั้น ๆ โดยผู้สอนจะโพสเว็บลิงก์ของการบ้านออนไลน์บนเว็บไซต์ประจำตัวผู้สอนที่เชื่อมต่อกับรายวิชาเคมีอินทรีย์

4. ดำเนินการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กลางภาคหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest) ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในบทที่ 1–6 และเป็นข้อสอบฉบับเดียวกับแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้

5. ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ สำหรับเนื้อหารายวิชาเคมีอินทรีย์ในบทที่ 7–12 ซึ่งจะดำเนินการแบบเดียวกับข้อ3 โดยนักศึกษาจะได้รับมอบหมายให้เข้าทำการบ้านออนไลน์ประจำบทนั้น ๆ หลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละบทเสร็จสิ้น

6. ดำเนินการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาคหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest) ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาในบทที่ 7–12 และเป็นข้อสอบฉบับเดียวกับแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้

7. นำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ t-test (dependent samples) และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียน (average normalized gain) ในแต่ละบทในการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียนเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Hake, 1998) จะพิจารณาจากค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) ซึ่งสามารถหาได้จากผลต่างของร้อยละของคะแนนหลังเรียนและก่อนเรียนหารด้วยพจน์ของหนึ่งร้อยลบด้วยร้อยละของคะแนนหลังเรียน ดังแสดงในสูตร

$$\text{Normalized gain (g)} = \frac{(\%\text{posttest}-\%\text{pretest})}{(100-\%\text{pretest})}$$

เมื่อ %posttest คือ ร้อยละของคะแนนของแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ %pretest คือ ร้อยละของคะแนนของแบบทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนนิยมใช้ตัวย่อ g มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0–1.0 ซึ่งถูกแบ่งเป็นสามระดับ คือ high gain เมื่อ $g \geq 0.7$, medium gain เมื่อ $0.3 \leq g < 0.7$ และ low gain เมื่อ

g < 0.3 ในการพิจารณาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนในงานวิจัยนี้จะคำนวณค่าความก้าวหน้าทางการเรียนจากนักศึกษารายบุคคลแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แสดงในแต่ละบท ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนในลักษณะนี้จะเรียกว่าค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียน (average normalized gain) (Tongchai, Arayathanitkul, Soankwan, Emarat, & Chitaree, 2007)

2. วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ กับ คะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชาและวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ในบทที่ 4 กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 5–12

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ของแต่ละบทในรายวิชาเคมีอินทรีย์

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์

บทที่	เรื่อง	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน		*t*	Average normalized gain
			เฉลี่ย	S.D.		เฉลี่ย	S.D.		
1	ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับเคมีอินทรีย์	10	3.35	2.08		7.31	1.60	13.51**	0.58
2	การจำแนกและอ่านชื่อสารอินทรีย์	10	1.69	1.28		6.78	2.60	12.09**	0.60
3	สเตอริโอเคมี	20	4.14	2.64		11.23	4.23	10.97**	0.50
4	การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน	30	6.30	2.70		17.60	4.12	18.19**	0.47
5	การเตรียมและปฏิกิริยาของอัลเคน	15	2.04	1.30		7.70	2.81	12.69**	0.43
6	การเตรียมและปฏิกิริยาของอันคีนและอัลคาย	35	4.60	1.85		13.55	6.34	9.76**	0.31
7	ปฏิกิริยาของอะโรมาติก	20	3.71	2.20		12.86	4.17	13.66**	0.55
8	การเตรียมและปฏิกิริยาของอัลคิลเฮไลด์	15	3.14	1.83		9.55	2.42	14.52**	0.53
9	การเตรียมและปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์	20	4.18	2.05		12.78	4.50	13.71**	0.55
10	การเตรียมและปฏิกิริยาของอัลดีไฮด์และคีโตน	20	3.70	1.97		10.29	4.27	9.76**	0.40
11	การเตรียมและปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกและอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก	20	3.65	2.05		12.22	4.00	14.45**	0.52
12	การเตรียมและปฏิกิริยาของเอมีน	15	2.60	2.48		9.96	3.34	13.12**	0.58

** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 12 บท โดยเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for dependence

samples) พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในทุกบทเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนในแต่ละบท ทั้ง 12 บท (ตารางที่ 1) จะพบว่าในแต่ละบทมีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ระหว่าง 0.31–0.60 ซึ่งทุกบทอยู่ในระดับ medium gain บทที่มีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนที่มีค่าน้อยที่สุด คือ บทที่ 6 เรื่อง อัลคีน และอัลคาย มีค่า 0.31 ส่วนบทที่มีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนที่มีค่ามากที่สุด คือ บทที่ 2 เรื่อง การจำแนกและอ่านชื่อสารอินทรีย์มีค่า 0.60

2.ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ กับ คะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ และคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ กับ เกรดของรายวิชา (final course grade)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ กับ คะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์หลังการจัดการเรียนรู้ และคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ กับ เกรดของรายวิชา

ตัวแปรที่ศึกษา	**คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้**	**เกรดของรายวิชา (final course grade)**
คะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์	0.733*	0.761*

*นัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกในระดับสูง (r = 0.733) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชา (final course grade) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง (r = 0.761) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4 กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ ของบทที่ 5–12

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4 กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 5–12

	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้							
	บทที่ 5	**บทที่ 6**	**บทที่ 7**	**บทที่ 8**	**บทที่ 9**	**บทที่ 10**	**บทที่ 11**	**บทที่ 12**
คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4	0.364*	0.587*	0.649*	0.557*	0.602*	0.630*	0.609*	0.611*

* นัยสำคัญที่ระดับ .05

เพื่อทดสอบสมมุติฐานการวิจัยที่ว่า ความรู้ความเข้าใจในเรื่อง การเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน (บทที่ 4) จะส่งผลต่อความเข้าใจในการทำนายสารผลิตภัณฑ์หรือการเรียนรู้ปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ชนิดอื่นๆ หรือไม่ ผู้วิจัยได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 5–12 พบว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ของบทที่ 4 กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทที่ 5 ถึง 12 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกอยู่ระหว่าง 0.364–0.649 (ตารางที่ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ ในรายวิชาเคมีอินทรีย์พบว่าคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ในทุกบทเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ตารางที่ 1) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียน (average normalized gain) ในแต่ละบท จำนวน 12 บทเรียน (ตารางที่ 1) พบว่า นักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ในรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้ มีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนทั้ง 12 บท เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ medium gain อย่างไรก็ตามบทที่มีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าทางการเรียนน้อยที่สุด คือ บทที่ 6 เรื่องอัลคีลและอัลคาย แสดงให้เห็นว่าในบทนี้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นน้อยกว่าบทอื่น ๆ อาจเป็นเพราะในบทนี้แม้ปฏิกิริยาและการเตรียมของอัลคีนและอัลคายจะคล้ายคลึงกัน แต่ปฏิกิริยาของสารทั้งสองก็มีความจำเพาะ ประกอบกับบทนี้เป็นบทแรก ๆ ที่เริ่มกล่าวถึงการทำนายสารผลิตภัณฑ์และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารที่มีพันธะไพน์ นักศึกษาอาจต้องใช้เวลาปรับตัวในการเรียนรู้วิชาเคมีอินทรีย์ อย่างไรก็ตามจากผลที่กล่าวข้างต้น บ่งชี้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ให้เพิ่มสูงขึ้นได้จริงซึ่งอาจเป็นเพราะการบ้านออนไลน์จะมีระบบเฉลยคำตอบและแสดงคะแนนที่ได้ทันทีเมื่อนักศึกษาทำการบ้านออนไลน์ในบทนั้น ๆ เสร็จสิ้น เมื่อรู้ว่าข้อใดทำผิดนักศึกษาอาจเกิดความสงสัยใคร่เรียนรู้ในขณะนั้น อาจทำให้ศึกษาและเรียนรู้จากเฉลยคำตอบแบบละเอียด หรือค้นคว้าเอกสารอ้างอิงเพื่อหาข้อมูลในสิ่งที่ตนเองเคยตอบผิด โดยหากเป็นการบ้านแบบกระดาษอาจต้องรอเฉลยคำตอบ 1–2 สัปดาห์ ซึ่งอาจนานจนนักศึกษาลืมในสิ่งที่ตนเองเคยคิดผิดพลาดในขณะที่ทำการบ้านนั้น ๆ ก็เป็นได้ ผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Richard-Babb (Richards-Babb et al., 2015) และ Parker (Parker & Loudon, 2013) ที่รายงานถึงการใช้การบ้านออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีอินทรีย์สามารถช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนได้และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dongcharoen (Dongcharoen, 2017) ที่ค้นพบว่าการผนวกบทเรียนออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

2. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์ของทั้ง 12 บท กับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก ($r = 0.733, p < .05$, ตารางที่2) แสดงว่าเมื่อคะแนนการบ้านออนไลน์ที่นักศึกษาเข้าทำเพิ่มสูงขึ้น คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย จากผลนี้แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากการบ้านออนไลน์ที่นักศึกษาเข้าทำ อาจเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้ในการคาดการณ์คะแนนสอบกลางภาคและปลายภาคในรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้ได้ซึ่งอาจเป็นเพราะ ระบบการแสดงคะแนนของการบ้านออนไลน์ทันทีที่นักศึกษาเข้าทำการบ้านออนไลน์เสร็จสิ้น ทำให้สามารถประเมินตนเองได้ก่อนถึงวันสอบว่าตนเองยังไม่เข้าใจบทเรียนใด จะได้ศึกษาและทบทวนบทเรียนนั้นเพิ่มเติมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานมาก่อนหน้านี้ (Chamala et al., 2006; Ratniyom et al., 2016; Ratniyom et al., 2019; Richards-Babb et al., 2015) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ร่วมกับการบ้านออนไลน์ และค้นพบว่าคะแนนการบ้านออนไลน์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสามารถใช้การบ้านออนไลน์เป็นเสมือนเครื่องมือที่ใช้ทำนายคะแนนสอบของนักศึกษาได้

ผลการวิจัยที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งในงานวิจัยนี้ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเฉลี่ยการบ้านออนไลน์กับเกรดของรายวิชาทั้งภาคการศึกษา ที่พบความสัมพันธ์เชิงบวก (r 0.761,p<.05, ตารางที่ 2) ซึ่งหมายความว่าคะแนนการบ้านออนไลน์สูงขึ้นผลรวมของคะแนนตัดเกรดในรายวิชานี้ก็จะสูงขึ้นด้วย แม้ว่าคะแนนจากการสอบในรายวิชานี้คิดเป็นร้อยละ70 อีกร้อยละ 30 เป็นคะแนนรายงานและแบบฝึกหัด ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าการบ้านออนไลน์ส่งผลต่อการเรียนรู้และการพัฒนาลักษณะนิสัยอันดีในการทบทวนบทเรียนรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้ได้ อาจเป็นเพราะ การบ้านออนไลน์ที่มีระบบกำหนดวันสิ้นสุดในการเข้าทำการบ้านในแต่ละบท ทำให้หลังจากเรียนไปครบ 1 สัปดาห์ นักศึกษาต้องกระตือรือร้นในการติดตามเข้าทำการบ้านออนไลน์ ในระหว่างทำการบ้านออนไลน์ ผู้เรียนจะเสมือนว่าได้ทบทวนบทเรียนที่ได้เรียนไปก่อนหน้านี้ ซึ่งวิชาเคมีอินทรีย์ในบางบทเรียนต้องอาศัยความรู้เดิมในการต่อยอดการเรียนรู้ร่วมด้วย เมื่อเกิดการเข้าทบทวนวนซ้ำในแต่ละสัปดาห์เป็นเวลาตลอดทั้งภาคเรียน อาจทำให้เกิดคุณลักษณะนิสัยอันดีในการทบทวนบทเรียนส่งผลให้เกรดในรายวิชานี้สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้ (Bowman, Gulacar, & King, 2014; Ratniyom et al., 2019; Richards-Babb et al., 2015) ที่รายงานถึงการใช้การบ้านออนไลน์จะช่วยส่งเสริมลักษณะนิสัยอันดีในการทบทวนบทเรียนของผู้เรียนได้

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4 เรื่องการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 5 ถึง 12 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก (r อยู่ระหว่าง 0.359–0.638, p<.05, ตารางที่ 3) นั่นหมายความว่ายิ่งคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 4 สูงขึ้นคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้ในบทที่ 5–12 ก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความรู้ความเข้าใจในบทที่ 4 ส่งผลให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบทที่ 5–12 สูงขึ้น อาจเป็นเพราะเนื้อหาในบทที่ 4 ที่ผู้วิจัยหยิบยกมาไว้ก่อนบทที่ 5–12 นั้น มีการลำดับเนื้อหาและองค์ความรู้โดยเริ่มจากทฤษฎีเรโซแนนซ์ กรด-เบสของสารอินทรีย์ ความเป็นนิวคลีโอไฟล์และอิเล็กโทรไฟล์ และการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนประกอบกลไกการเกิดปฏิกิริยาเบื้องต้น ซึ่งความรู้เหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำนายสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งในบทเรียนที่ 5 ถึง 12 ในรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้จะเริ่มศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาและการเตรียมของสารอินทรีย์แต่ละประเภท (ไฮโดรคาร์บอนและสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน) เมื่อผู้เรียนได้เรียนปฏิกิริยาของสารอินทรีย์เหล่านี้ผ่านรูปแบบการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนประกอบกลไกการเกิดปฏิกิริยา จะทำให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งว่าเหตุใดจึงได้สารผลิตภัณฑ์นั้นๆ ออกมา หรือเหตุใดตัวรีเอเจนต์ต้องเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งนั้นเป็นต้น โดยหากผู้เรียนวิชาเคมีอินทรีย์นี้ใช้ความจำเพียงอย่างเดียวในการเรียนอาจเกิดความท้อแท้และไม่สนุกไปกับการเรียน โดยหากจำปฏิกิริยาได้ทั้งหมดแต่หากพบโจทย์ปัญหาที่มีความท้าทายหรือเป็นโจทย์ประยุกต์ก็มีแนวโน้มว่าจะไม่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ข้อนั้นได้ ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Grove และคณะ (Grove et al., 2012) ที่ค้นพบว่านักศึกษาที่ใช้การเขียนลูกศรแสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีอินทรีย์ได้ดีกว่านักศึกษาที่ไม่ใช้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมีอินทรีย์นี้ควรลำดับเนื้อหาเกี่ยวกับ เรโซแนนซ์ความเป็นนิวคลีโอไฟล์และอิเล็กโทรไฟล์และพื้นฐานการเขียนลูกศรแสดงการเคลื่อนของอิเล็กตรอนในกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์พื้นฐาน (บทที่ 4) ไว้ก่อนเริ่มเรียนปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ของสารอินทรีย์แต่ละชนิด (บทที่ 5 ถึง 12) นอกจากนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ผ่านการเขียนลูกศรแสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยา เป็นหนทางการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีอินทรีย์นี้ ผลวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Flynn และ Ogilvie (Flynn & Ogilvie, 2015) ที่รายงานถึงการออกแบบรายวิชาเคมีอินทรีย์ในมหาวิทยาลัย

Ottawa ประเทศแคนนาดา โดยนำบทที่เกี่ยวกับพื้นฐานการเขียนลูกศรแสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาและรูปแบบการเคลื่อนของอิเล็กตรอนไว้ก่อนที่จะเริ่มเรียนปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์อื่น ๆ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ควรมีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบ้านออนไลน์ในรายวิชาเคมีอินทรีย์ เนื่องจากการบ้านออนไลน์สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงเฉลยคำตอบและคะแนนที่ได้ทันทีหลังทำแบบฝึกหัดเสร็จ และยังช่วยส่งเสริมคุณลักษณะนิสัยอันดีในการทบทวนบทเรียน นอกจากนี้การบ้านออนไลน์ยังสามารถสร้างได้ง่ายและสะดวก ผู้สอนแม้ไม่มีความรู้ทางการเขียนโปรแกรมหรือการสร้างแอปพลิชันก็สามารถสร้างได้ง่าย ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้ที่หยิบเอานวัตกรรมในงานวิจัยนี้ไปใช้จะสามารถสร้างสื่อหรือการบ้านออนไลน์เพื่อเป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนนักศึกษาต่อไป

2. หลังจากจัดการเรียนรู้ในบทใดบทหนึ่งเสร็จเรียบร้อย แม้ว่าผู้สอนจะมีการกำหนดช่วงเวลาให้เข้าทำการบ้านออนไลน์ในแต่ละบทไว้ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ แต่เมื่อถึงช่วงใกล้สอบผู้สอนควรเปิดระบบให้เข้าทบทวนได้ตลอดเวลาแม้ว่าเรียนเรื่องนั้นผ่านไปแล้ว เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการทบทวนบทเรียนของนักศึกษา

3. การสร้างการบ้านออนไลน์บนระบบของ Google Form นั้น ผู้สอนอาจใช้เวลาเรียนรู้ในการสร้างการบ้านออนไลน์สักพักหนึ่ง แต่เมื่อสร้างชุดแรกสำเร็จแล้วการบ้านในชุดต่อ ๆ ไป จะใช้เวลาสั้น ๆ ในการสร้าง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. สามารถปรับเปลี่ยนข้อคำถามในการบ้านออนไลน์เป็นแบบอื่นนอกเหนือจากแบบทดสอบเลือกตอบ เช่น แบบทดสอบแบบเติมคำตอบอย่างสั้น ๆ หรือแบบทดสอบแบบให้เรียงลำดับคำตอบ เป็นต้น

2. ควรใช้การบ้านออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาที่ต้องอาศัยการทบทวนบทเรียนอย่างสม่ำเสมอหรือวิชาที่เน้นการฝึกทำโจทย์แบบฝึกหัด

กิตกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากทุนอุดหนุนวิจัยงบรายได้มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปีงบประมาณ 2562

บรรณานุกรม

Bowman, C., Gulacar, O.,& King, D. (2014). Predicting student success via online homework usage. *Journal of Learning Design, 7*(2), 47–61.

Chamala, R. R., Ciochina, R., Grossman, R. B., Finkel, R. A., Kannan, S., & Ramachandran, P. (2006). EPOCH: An organic chemistry homework program that offers response-specific feedback to students. *Journal of Chemical Education, 83*(1), 164–169.

Cole, R. S., &Todd, J. B. (2003). Effects of web-based multimedia homework with immediate rich feedback on student learning in general chemistry. *Journal of Chemical Education, 80*(11),1338–1343.

Create & grade quizzes with Google Forms. (2019). Retrieved from https://support.google.com/docs/answer/7032287?hl=en

Dohn, N. B., Lund, K., Lindhardt, P. H., & Degnebolig, H. S. (2016). *Affording opportunities to learn in homework online*. Paper presented at the the 10th International Conference on Networked Learning 2016.

Dongcharoen, N. (2017). The development of web-based instruction on information retrieval for undergraduate students institute of physical education, Chonburi campus. *Journal of Education Research Faculty of Education, Srinakharinwirot University, 11*(2), 99–111. (in Thai)

Doorn, D. J., Janssen, S., & O'Brien, M. (2010). Student attitudes and approaches to online homework. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 4*(1), 1–20.

Flynn, A. B., & Ogilvie, W. W. (2015). Mechanisms before Reactions: A mechanistic approach to the organic chemistry curriculum based on patterns of electron flow. *Journal of Chemical Education, 92*(5), 803–810.

Grove, N. P., Cooper, M. M., & Cox, E. L. (2012). Does mechanistic thinking improve student success in organic chemistry? *Journal of Chemical Education, 89*(7), 850–853.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74.

Kermack, W. O., & Robinson, R. (1922). LI.-An explanation of the property of induced polarity of atoms and an interpretation of the theory of partial valencies on an electronic basis. *Journal of the Chemical Society, Transactions, 121*(0), 427–440.

Lonn, S., & Teasley, S. D. (2009). Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of learning management systems. *Computers & Education, 53*(3), 686–694.

Nantapinai, N. (2018). Research and development of instructional e-Learning to enhance secondary students' thinking skills. *Journal of Education Research Faculty of Education, Srinakharinwirot University, 13*(2), 54–69. (in Thai)

Parker, L. L., & Loudon, G. M. (2013). Case study using online homework in undergraduate organic chemistry: Results and student attitudes. *Journal of Chemical Education, 90*(1), 37–44.

Ratniyom, J., Boonphadung, S., & Unnanantn, T. (2016). The effects of online homework on first year pre-service science teachers' learning achievements of introductory organic chemistry. *International Journal of Environmental and Science Education, 11*(15), 8088–8099.

Ratniyom, J., Boonphadung, S., & Unnanantn, T. (2019). The effects of online homework on first year pre-service science teachers' learning achievements in general chemistry. *Journal of Industrial Education, 18*(1), 178–188. (in Thai)

Richards-Babb, M., Curtis, R., Georgieva, Z., & Penn, J. H. (2015). Student perceptions of online homework use for formative assessment of learning in organic chemistry. *Journal of Chemical Education, 92*(11), 1813–1819.

Smith, J. (2010). *Organic chemistry*: McGraw-Hill Education.

Straumanis, A. R., & Ruder, S. M. (2009). New bouncing curved arrow technique for the depiction of organic mechanisms. *Journal of Chemical Education, 86*(12), 1389–1391.

Szu, E., Nandagopal, K., Shavelson, R. J., Lopez, E. J., Penn, J. H., Scharberg, M., & Hill, G. W. (2011). Understanding academic performance in organic chemistry. *Journal of Chemical Education, 88*(9), 1238–1242.

Tongchai, A., Arayathanitkul, K., Soankwan, C., Emarat, N., & Chitaree, R. (2007). A new assessment method by using pre-test and post-test scores. *HCU Journal, 11*(21), 86–94. (in Thai)

Wade, L. G. (2012). *Organic chemistry*: Pearson Education.

Wentland, S. H. (1994). A new approach to teaching organic chemical mechanisms. *Journal of Chemical Education, 71*(1), 3–8.