การเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยชุดการทดลองเคมีย่อส่วน เรื่อง ปฏิกิริยาการฟอกจางสีย้อม

ENHANCING STUDENTS' UNDERSTANDING OF CHEMICAL RATE REACTION BY USING A SMALL-SCALE CHEMISTRY EXPERIMENTAL KIT ON THE BLEACHING OF FOOD DYE

Received: *May 18, 2023*	Revised: *June 29, 2023*	Accepted: *June 29, 2023*

บัญชา ก้อนทรัพย์[1] และ เอมอร ศักดิ์แสงวิจิตร[2]
Buncha Konsup[1] and Aimorn Saksaengwijit[2]

[1]นักศึกษาปริญญามหาบัณฑิต สาขาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
[1,2]Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand
[1]Corresponding author, E-mail address: buncha.konsup@mail.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยกิจกรรมการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารโดยใช้ชุดการทดลองเคมีย่อส่วนร่วมกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย กลุ่มตัวอย่างครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 45 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การออกแบบการทดลองใช้รูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียววัดผลก่อนและหลัง เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยชุดการทดลองเคมีย่อส่วน แบบทดสอบวัดความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ชุดการทดลองเคมีย่อส่วน ตามระดับของลิเคิร์ท การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนร้อยละ 60.00 มีพัฒนาการความเข้าใจในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระดับกลาง และนักเรียนร้อยละ 28.89 มีพัฒนาการความเข้าใจในระดับสูง นักเรียนมีระดับพัฒนาการความเข้าใจที่สูงขึ้นอย่างมากในเรื่องปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังทำการทดลองด้วยชุดทดลอง จากแบบสอบถามนักเรียนมีความพึงพอใจอย่างมากในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน (ค่าเฉลี่ย 4.71 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50) และเห็นว่ากิจกรรมการทดลองเรื่องปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ค่าเฉลี่ย 4.62 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53)

คำสำคัญ: การฟอกจางสีผสมอาหาร, ชุดการทดลองเคมีย่อส่วน, สมาร์ทโฟน, อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ABSTRACT

The purpose of this research was to enhance students' understanding of the chemical rate reaction by using a small-scale chemistry experimental kit with a smartphone application on the bleaching of food dye. The sample in this study was forty-five Matthayom-Suksa 5 students from a high school in Bangkok. The research design was based on one group pretest–posttest design. The instruments were the small-scale chemistry laboratory direction, the students' understanding test on chemical reaction rates, and a Likert-scale questionnaire on the experimental kit's satisfaction. The data were analyzed by descriptive statistics in terms of mean and standard deviation. The results of this study indicated that 60% of students showed moderate improvement and 28.89% of students showed high-level improvement in their understanding of chemical reaction rates. The students had a significantly higher level of knowledge development in factors affecting the rate of chemical reaction after performing the developed experiments. From the questionnaire, students were satisfied with using the experiment kit at a high level (mean 4.71 and SD 0.50). They agreed that the experimental activities on the bleaching of food dye contributed to promoting the understanding of the reaction rate and factors affecting reaction rates (mean 4.63 and SD 0.53).

Keywords: Dye Bleaching, Small Scale Chemistry Experimental Kit, Smartphone, Rate of Chemical Reactions

บทนำ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้หลักในรายวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อธิบายถึงการลดลงของปริมาณสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2560, น. 180) การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เช่น ทำการทดลองช่วยส่งเสริมเจตคติ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Shana and Abulibdeh, 2020, p.199-215) ในงานวิจัยของ Leman and Burcin ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องกรด-เบส จากการปฏิบัติการทดลอง คะแนนทดสอบก่อนเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่คะแนนทดสอบหลังเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Leman and Burcin, 2010,

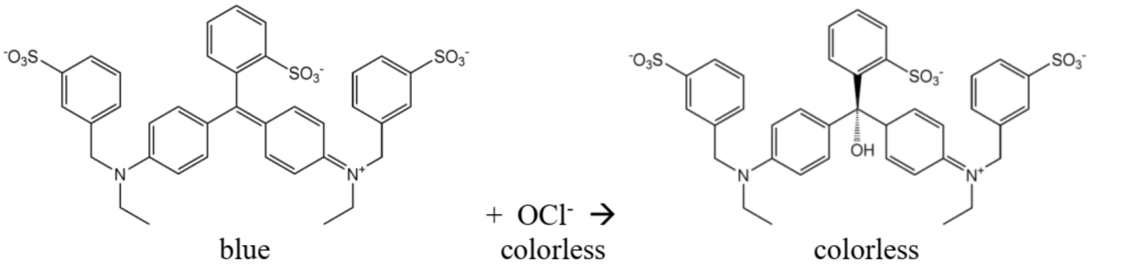
p.2631-2636) งานวิจัยของ Gokhan and Mustafa ศึกษาผลของการใช้ปฏิบัติการทดลองต่อความเข้าใจในเนื้อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ทำปฏิบัติการทดลองอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ต่อเนื่องจำนวน 4 การทดลอง มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$)(Gokhan and Mustafa, 2011, p.509-516)

ความรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถนำมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ แต่การทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาในชีวิตประจำวันและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายมีน้อย ปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชั้นเรียน เช่น ปฏิกิริยาระหว่างเบกกิ้งโซดา ($NaHCO_3$) กับกรดน้ำส้มสายชู (CH_3COOH) โดยทำการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (กุมารินทร์ ชาลีแสน, สุภาพ ตาเมือง, ปุริม จารุจำรัส, มะลิวรรณ อมตธงไชย และ เสนอ ชัยรัมย์, 2559, น.147-159) แต่ข้อจำกัดในการติดตามปฏิกิริยานี้เป็นไปได้ลำบากเพราะผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สต้องกักเก็บโดยการแทนที่น้ำ ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดจากการรั่วของแก๊สได้ และแก๊สผลิตภัณฑ์ไม่มีสีจึงมองเห็นได้ยาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่สนใจนำปฏิกิริยาอื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายมาทำการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการเรียนการสอน เช่น การทดลองเรื่อง นาฬิกาไอโอดีนร่วมกับวิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และไอโอไดด์ไอออนเกิดไตรไอโอไดด์เป็นสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีข้อจำกัดในการติดตามผลิตภัณฑ์สีของไตรไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นโดยตรง จึงต้องอาศัยการเติมวิตามินซีเพื่อทำปฏิกิริยากับไตรไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นจนวิตามินซีหมด ไตรไอโอไดด์ที่เกิดใหม่จะเกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินกับแป้ง ทำให้รู้ว่าปฏิกิริยาระหว่างไตรไอโอไดด์กับวิตามินซีสิ้นสุดลง (Ed Vitz, 2007, p.1156-1157) การทดลองขวดสีน้ำเงิน (Blue reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับออกซิเจน โดยใช้เมทิลีนบลูซึ่งเป็นสารมีสีที่มีสมบัติเป็นรีดอกซ์อินดิเคเตอร์ เมื่อเขย่าขวดจะทำให้ออกซิเจนในสารละลายเพิ่มขึ้นทำให้เมทิลีนบลูถูกออกซิไดซ์กลับคืนเป็นสีน้ำเงิน แต่การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลายนั้นทำได้ยากต้องใช้เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในสารละลาย จึงไม่สะดวกในนำมาใช้เป็นปฏิกิริยาในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษา (Thitipong and Taweetham, 2020, p.1198-1199)

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจใช้ปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาฟอกขาวเพื่อนำมาใช้ศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเนื่องจากสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารได้โดยตรงและเป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับในชีวิตประจำวัน แต่การติดตามปริมาณสารที่มีสีโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงสี (colorimetry) โดยทั่วไปจะวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ชั้นสูง เช่น เครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน มีราคาและค่าบำรุงรักษาเครื่องมือที่สูง จึงมีการศึกษาวิจัยการใช้โปรแกรมวัดค่าสี RGB Color ของสารละลายทดแทน เช่น การหา

ปริมาณไอออนเหล็กในน้ำโดยใช้แอนโทไซยานินเป็นรีเอเจนต์ (วรันภัทร รัตนการุณจิต, รัฐพล มีลาภสม, ศักดิ์ศรี สุภาษร และ ปุริม จารุจำรัส, 2563, น.156-157) ซึ่งทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในน้ำโดยใช้การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงสีในระบบ RGB Color ด้วยสมาร์ทโฟนร่วมกับโปรแกรม ImageJ สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าความเข้มสีและปริมาณไอออนเหล็ก ทำให้ทราบปริมาณไอออนเหล็กได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย มีงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้อุปกรณ์อย่างง่าย เช่น ช้อนตวงสาร กระบอกตวง ในการชั่งตวงวัดสีผสมอาหารเพื่อเตรียมเป็นสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันทำการวัดความเข้มสีของสารละลายสีผสมอาหารโดยวัดค่า RGB Color ด้วยสมาร์ทโฟนร่วมกับโปรแกรม ImageJ พบว่าความเข้มสี RGB ยังคงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้นของสารละลาย (Destino and Cunningham, 2020, p. 2963-2964) Caraballo และคณะได้ออกแบบชุดทดลองในการติดตามสีของสารละลาย เพื่อเสริมสร้างความรู้ในการเรียนวิชาเคมีที่หลากหลาย เช่น การไทเทรตระหว่างโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) กับกรดน้ำส้ม (CH_3COOH) ใช้ขมิ้นเป็นอินดิเคเตอร์ ใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนวัดค่าสี RGB หาจุดยุติของการไทเทรต ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการไทเทรตด้วยสารเคมีในชีวิตประจำวัน (Caraballo, Gomez, Hamer, Medina and Vensaus, 2021, p. 962-964) การออกแบบชุดทดลองเคมีย่อส่วนเพื่อเสริมความรู้ในเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปฏิกิริยาที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ ใช้ปริมาณสารละลายและสารเคมีลดลงประมาณ 12-16 เท่า และเวลาที่ใช้ในการทดลองลดไป 1.5-3.0 เท่า ยังคงแสดงผลการทดลองได้อย่างชัดเจน นักเรียนยังคงมีความเข้าใจมโนคติเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่นเดียวกับกลุ่มเรียนด้วยการทดลองชุดมาตรฐาน (สุภาพ ตาเมือง, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และศักดิ์ศรี สุภาษร, 2560, น.8-13)

จากการศึกษางานวิจัยทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาฟอกขาว ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งต้นจากสีของสารละลายได้ง่ายและใช้แอปพลิเคชันบนมือถือตรวจวัดปริมาณจากการดูดกลืนแสงได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นกิจกรรมการทดลองที่เสริมสร้างความเข้าใจในการเรียนเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนโดยได้พัฒนาเป็นชุดเคมีย่อส่วนเพื่อลดการใช้สารเคมี การกำจัดของเสีย และย่นเวลาในการทำกิจกรรม สารเคมีที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสารที่หาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดทั้งสารละลายสีผสมอาหารสีฟ้าและน้ำยาฟอกขาวที่มีส่วนประกอบของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เน้นใช้น้ำยาฟอกขาวที่เจือจางเพื่อให้ไม่เป็นอันตรายต่อนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดทดลองกับการทดลองที่ใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการและเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อทราบระดับความคลาดเคลื่อนและช่วงค่าที่ยอมรับได้ก่อนสร้างเป็นเครื่องมือสำหรับนำไปใช้วิจัยทางการศึกษาในงานวิจัยนี้



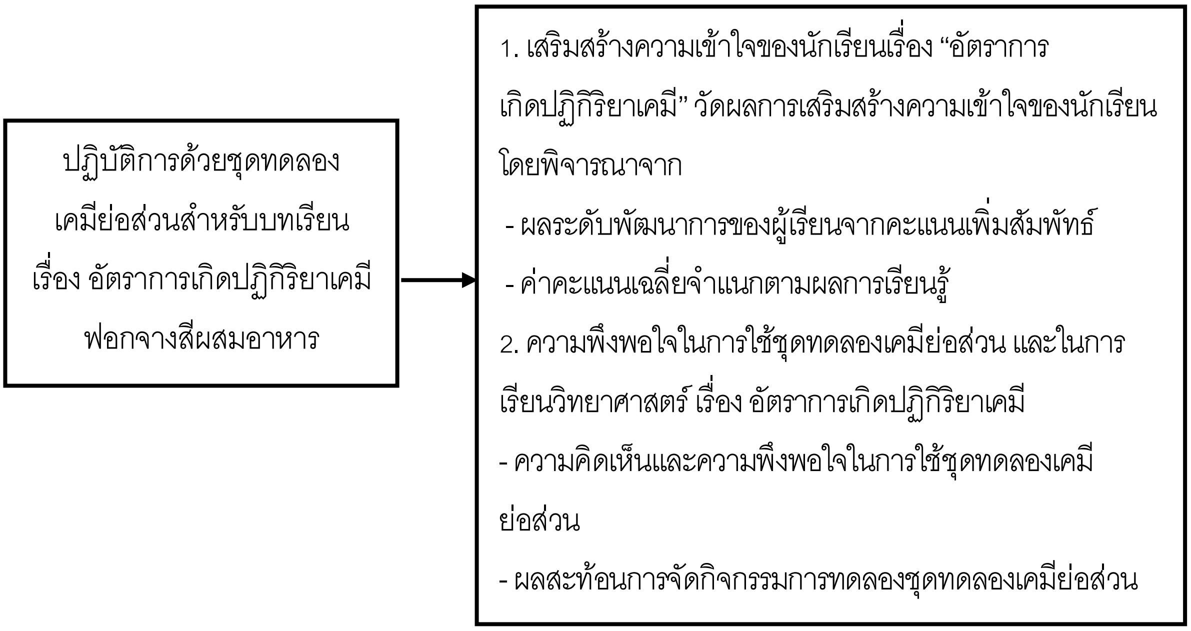
ภาพที่ 1 แสดงปฏิกริยาฟอกจางสีผสมอาหารBrilliant Blue FCF #1
ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Arce, Betancourt, Pijem and Rivera, 1198, p.1142)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เสริมสร้างความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการศึกษาปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารโดยใช้ชุดการทดลองเคมีย่อส่วน

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ผ่านการพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ระยะการวิจัยในช่วงภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรนักเรียนแผนการเรียนคณิต-วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 45 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 วิชา เคมี 3 ซึ่งนักเรียนได้เรียนเนื้อหา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยทั้งสองห้องนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมีใกล้เคียงกัน

2. กลุ่มตัวอย่างวิจัยที่ใช้ทดลอง นักเรียนแผนการเรียนคณิต-วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้อง (สุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม)

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในงานวิจัยโดยมีเครื่องมือในการวิจัยดังนี้

1. สร้างเครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย

1.1 ชุดกิจกรรมการทดลองเคมีย่อส่วนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ร่วมกับแอปพลิเคชัน Color Grab บนสมาท์โฟนเพื่อติดตามสี ดังภาพที่ 3 ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการทดลองเคมีย่อส่วนในการศึกษาอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีความคลาดเคลื่อนในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้นไม่เกิน 7% เมื่อเทียบกับการทดลองการหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และผลของปัจจัยต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของปัจจัย แต่ยังคงให้ผลเป็นไปตามหลักการจลนศาสตร์เคมี

ภาพที่ 3 ชุดทดลองเคมีย่อส่วนเพื่อศึกษาปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหาร

1.2 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ วัดความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วน

1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน จำนวน 10 ข้อ

1.4 ใบงานชุดกิจกรรมการทดลองเคมีย่อส่วนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ ก่อนนำไปใช้ทดลองกับนักเรียนกลุ่ม trial จำนวน 1 ห้อง 45 คน ทำการหาคุณภาพของเครื่อง ดังนี้

2.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างผลการเรียนรู้กับแบบทดสอบ อยู่ในช่วง 0.60 – 1.00 ค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.32 - 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (r) 0.27 – 0.82

2.2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของประเด็นแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้ชุดการทดลองเคมียอส่วน จำนวน 10 ข้อ อยู่ในช่วง 0.80 – 1.00

2.3 ปรับปรุงใบงานและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการทดลองตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนแบบบรรยายเนื้อหาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามหลักสูตร สสวท ให้นักเรียนแผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จำนวน 45 คน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แล้วจึงเริ่มดำเนินการวิจัยโดยทำการวัดความเข้าใจด้วยแบบทดสอบก่อนทำกิจกรรม จากนั้นจัดกิจกรรมการทดลองศึกษาการฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาฟอกผ้าขาวด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วนโดยแบ่งนักเรียน กลุ่มละ 5 คน ทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ และแบบสอบถามความคิดเห็น และความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนหลังจากทำกิจกรรมการทดลอง โดยมีรายละเอียดแผนดำเนินกิจกรรม ดังนี้

ครั้งที่ 1 (50 นาที)	ทำแบบทดสอบก่อนเรียน แจกเอกสารชุดกิจกรรมการทดลอง
ครั้งที่ 2 (50 นาที)	ตอนที่ 1 หาอัตราเร็วการฟอกจางสีผสมอาหาร
	ตอนที่ 2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายต่ออัตราเร็วการฟอกจางสีผสมอาหาร
ครั้งที่ 3 (60นาที)	ตอนที่ 3 ผลของอุณหภูมิของสารละลายต่ออัตราเร็วการฟอกจางสีผสมอาหาร
	ตอนที่ 4 ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราเร็วการฟอกจางสีผสมอาหาร
	ตอนที่ 5 ผลของพื้นที่ผิวต่ออัตราเร็วการฟอกจางสีผสมอาหาร
	สรุป กิจกรรมการทดลองชุดเคมีย่อส่วน
ครั้งที่ 4 (50 นาที)	ทำแบบทดสอบหลังเรียนพร้อมแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วัดระดับพัฒนาการความเข้าใจของนักเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้จากการวิเคราะห์คะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) โดยใช้ผลคะแนนจากแบบวัดความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก่อนและหลังทำกิจกรรม จากนั้นแปลความหมายของคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) แต่ละช่วงเป็นระดับพัฒนาการความรู้ของนักเรียน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น. 266-268) ดังนี้

76 - 100	หมายถึง	พัฒนาการระดับสูงมาก
51 - 75	หมายถึง	พัฒนาการระดับสูง
26 - 50	หมายถึง	พัฒนาการระดับกลาง
0 - 25	หมายถึง	พัฒนาการระดับต้น

วิเคราะห์ผลสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน เป็นแบบมาตรฐานส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งคะแนนในแต่ละช่วง มีความหมายดังนี้ (5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด) จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และเปรียบเทียบเกณฑ์การแปลผลอ้างอิง ดังนี้

4.51 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง มีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองในระดับน้อยที่สุด

วิเคราะห์ผลสะท้อนการจัดกิจกรรมการทดลองชุดทดลองเคมีย่อส่วนจากการสังเกตนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลอง การเขียนรายงานผลการทดลอง คำอธิบายพร้อมผลประกอบคำตอบ และข้อเสนอแนะจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียนจากคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์

ผู้วิจัยได้นำคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน มาวิเคราะห์พัฒนาการของความรู้ และความเข้าใจของนักเรียนรายบุคคล จากการพิจารณาคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ ตามตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 60.00 มีพัฒนาการความรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในระดับกลาง และ ร้อยละ 28.89 ในระดับสูง เนื่องจากกิจกรรมการทดลองนักเรียนสามารถติดตามการฟอกจางสีของสารละลายสีผสม

อาหาร โดยสีของสารละลายจางลงย่างต่อเนื่องสามารถวัดความเข้มสีของสารละลายด้วยแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟนติดตามปริมาณสารที่เปลี่ยนไป นำข้อมูลการทดลองมาสร้างกราฟการเปลี่ยนเปลี่ยนของความเข้มข้นของสารละลายสีผสมอาหารเทียบกับเวลา คำนวณหาค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อีกทั้งการทดลองเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้น, อุณหภูมิ, ตัวเร่งปฏิกิริยา และพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยตนเอง การทดลองศึกษาการฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาฟอกผ้าขาวด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วนสามารถส่งเสริมความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 ผลสรุปข้อมูลคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ของนักเรียนแต่ละรายบุคคล

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
76-100	พัฒนาการระดับสูงมาก	1	2.22
51-75	พัฒนาการระดับสูง	13	28.89
26-50	พัฒนาการระดับกลาง	27	60.00
0-25	พัฒนาการระดับต้น	4	8.89

ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามผลการเรียนรู้

เมื่อพิจารณาการวัดความรู้และความเข้าใจในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังตารางที่ 2 พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเกี่ยวกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารขณะเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.96 และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารกับเวลา เพิ่มขึ้นร้อยละ 20.00 หลังจากทำกิจกรรมการทดลองศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาการฟอกจางสีผสมอาหารซึ่งสอดคล้องกับสันนิษฐานของงานวิจัยว่าการได้เห็นหรือทำการทดลองที่เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแต่ละเวลาจะช่วยทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ชัดเจนขึ้น และในด้านการศึกษาปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนมีระดับพัฒนาการความรู้ที่สูงขึ้นอย่างมาก (ร้อยละ 26.67-42.22) เนื่องจากชุดการทดลองเคมีย่อส่วนที่ผู้วิจัยออกแบบในการศึกษาปฏิกิริยาฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาซักผ้าขาว ทำให้นักเรียนสังเกตผลของปัจจัยต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นจากสีของสารละลายด้วยตาเปล่าและสามารถใช้แอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟนติดตามปริมาณสารที่เปลี่ยนไปได้อย่างต่อเนื่อง จากการติดตามค่าสีของสารละลาย ในกิจกรรมการทดลองผลของตัวเร่งตัวเร่งปฏิกิริยา และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตั้งต้น เวลาในการฟอกจางสีผสมอาหารลดลงเร็วกว่าชุดควบคุมอย่างเห็นได้ชัดเจน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจผลของ ปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	จำนวนนักเรียนตอบถูกในข้อคำถาม		ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้น
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1.ศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี			
1.1 การวัดปริมาณสาร และการติดตามการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา	(ข้อ3) 15 (ข้อ4) 10 (ข้อ6) 15	26 19 26	22.96
1.2 คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากกราฟเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารในปฏิกิริยา	(ข้อ1) 14 (ข้อ2) 16 (ข้อ5) 13	19 31 20	20.00
2. ศึกษาปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี			
2.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารตั้งต้น ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(ข้อ7) 21	33	26.67
2.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(ข้อ8) 23 (ข้อ10)26	39 42	35.56
2.3 อธิบายผลตัวเร่งปฏิกิริยา ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(ข้อ9) 13	32	42.22
2.4 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(ข้อ7) 21 (ข้อ10)26	33 42	31.11

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. แอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟนสามารถติดตามค่าสีของสารละลายได้อย่างต่อเนื่องและง่ายต่อการแปลผลค่าความเข้มข้นของสารละลาย	4.60	0.57	มากที่สุด
2. วัสดุและอุปกรณ์ในชุดการทดลองเคมีย่อส่วนมีความน่าสนใจและสะดวกต่อการใช้งาน	4.40	0.68	มาก
3. เอกสารประกอบการทดลองอธิบายขั้นตอนการทดลองชัดเจนและมีภาพประกอบวิธีการทดลองที่เข้าใจง่าย	4.42	0.68	มาก

4. ข้อมูลการทดลองที่ได้จากแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟน ช่วยให้ติดตามอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่าย	4.53	1.11	มากที่สุด
5. ผู้ทดลองมีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.71	0.50	มากที่สุด

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นของนักเรียนในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนเสริมสร้างความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	**ความหมาย**
1. การทดลองเคมีด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วน มีส่วนช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.62	0.53	มากที่สุด
2. การเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารจากปฏิกิริยาฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาซักผ้าขาว ช่วยให้นักเรียนเข้าใจอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ชัดเจน	4.60	0.65	มากที่สุด
3. ชุดการทดลองเคมีย่อส่วนส่งเสริมทักษะในการสังเกต และแปลผลการทดลอง	4.67	0.52	มากที่สุด

ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน

ผลของความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน ดังตารางที่ 3 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน ในระดับมากที่สุด 3 รายการ และในระดับมาก 2 รายการ ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ค่าเฉลี่ย 4.71 แอปพลิเคชัน Color Grab บนสมาร์ทโฟนสามารถติดตามค่าสีของสารละลายได้อย่างต่อเนื่องและง่ายต่อการแปลผลค่าความเข้มข้นของสารละลาย เอกสารประกอบการทดลองอธิบายขั้นตอนการทดลองชัดเจน และมีภาพประกอบวิธีการทดลองที่เข้าใจง่าย จากการวิเคราะห์ผลสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน ดังตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นว่าชุดทดลองเคมีย่อส่วน ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ค่าเฉลี่ย 4.62 ขณะทำการทดลองนักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารจากปฏิกิริยาฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาซักผ้าขาวได้ชัดเจน และชุดการทดลองเคมีย่อส่วนส่งเสริมทักษะในการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารและแปลผลค่าความเข้มสีของสีผสมอาหารเป็นความเข้มข้นของสารละลาย

ผลสะท้อนการจัดกิจกรรมการทดลองชุดทดลองเคมีย่อส่วน

หลังจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมชุดทดลองเคมีย่อส่วนในปฏิกิริยาฟอกจางสีผสมอาหารของสีผสมอาหารผู้วิจัยพบว่า นักเรียนตอบข้อคำถามในแบบทดสอบได้เพิ่มขึ้น และสามารถเขียนคำอธิบาย/เหตุผลในคำตอบถูกต้องตามหลักการทางจลนศาสตร์ได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการตอบคำถามก่อนการทดลองด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วน สามารถอธิบายได้ตามตัวอย่างในตารางที่ 2 เช่น คำถาม ข้อ 2.4 ผลของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของสารตั้งต้น ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นร้อยละ 31.11 และเขียนคำอธิบายในคำตอบ ดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 “อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาการทดลองที่ 1 เร็วกว่าการทดลองที่ 2 เนื่องจาก $CaCO_3$ บดเป็นผงละเอียดจะเพิ่มพื้นที่ผิวมากขึ้น ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น”

นักเรียนคนที่ 2 “การทดลองที่ 1 เร็วกว่าการทดลองที่ 2 เพราะว่า $CaCO_3$ บดละเอียดพื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นกว่าแบบก้อน”

นักเรียนคนที่ 3 “เพราะการทดลองที่ 1 สารตั้งต้นบดละเอียดกว่าการทดลองที่ 2 ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น”

หรือในข้อคำถามเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารตั้งต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นร้อยละ 35.56 และเขียนคำอธิบายในคำตอบ ดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 “เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจะช่วยเร่งปฏิกิริยาการฟอกจางสีผ้าด้วยน้ำยาซักผ้าขาวได้เร็วขึ้น”

นักเรียนคนที่ 2 “น้ำที่อุณหูมิสูงสามารถช่วยฟอกจางสีหมึกได้เร็วขึ้น”

นักเรียนคนที่ 3 “ซักผ้าที่อุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้ปฏิกิริยาฟอกจางสีได้เร็วขึ้น”

จากแบบบันทึกหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำการทดลอง ผู้วิจัยเห็นถึงความกระตือรือร้นต่อการทำกิจกรรมชุดทดลองเคมีย่อส่วน นักเรียนขอคำแนะนำจากผู้วิจัยในการใช้สมาร์ทโฟนวัดค่าความเข้มสีของสารละลายและตำแหน่งการวัดสารละลายที่ถูกวิธี นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แบ่งหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการทดลองซึ่งแสดงให้ให้ถึงความร่วมมือในการทำงาน รวมทั้งความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากแบบสอบถามความพึงพอใจ พบว่ากิจกรรมการทดลองชุดเคมีย่อส่วนมีความแปลกใหม่ และน่าสนใจตรงการใช้สมาร์ทโฟนหาค่าความเข้มข้นของสารละลายได้จากการวัดค่าความเข้มแสงได้อย่างต่อเนื่อง โดยการทดลองเปรียบเทียบการฟอกสีวุ้นก้อนใหญ่ และก้อนเล็กจากวุ้นสีฟ้าเป็นวุ้นไม่มีสีดังภาพที่ 4 โดยทำให้ก้อนวุ้นมีขนาดเล็กลงจะทำให้พื้นผิวสัมผัสมากขึ้น และจะฟอกจางสีได้เร็วขึ้น

ภาพที่ 4 กิจกรรมการทดลองอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสารละลายสีผสมอาหาร
ด้วยน้ำยาซักผ้าขาวด้วยชุดทดทองเคมีย่อส่วนของนักเรียน

อภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มนักเรียน 45 คน ด้วยการเสริมความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วน โดยดำเนินกิจกรรม ดังนี้ 1. นักเรียนทำแบบทดสอบความรู้ก่อนทำกิจกรรม 2. ทดลองด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วน 3. นักเรียนทำแบบทดสอบความรู้หลังทำกิจกรรม จากนั้นนำคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน มาวิเคราะห์พัฒนาการของความรู้ จากการพิจารณาคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 60.00 มีพัฒนาการความรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในระดับกลาง ระดับกลาง และระดับสูง ร้อยละ 28.89 โดยนักเรียนมีระดับพัฒนาการความรู้ที่สูงขึ้นอย่างมาก(ร้อยละ 26.67-42.22) ในเรื่องปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังทำการทดลองด้วยชุดทดลองเคมีย่อส่วนร่วมกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rattapol และคณะใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนร่วมกับแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนวิเคราะห์หาปริมาณไอออน (Fe^{3+}) ในน้ำ ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น ร้อยละ 31.49 (Rattapol et al, 2022, p.1668-1669)

ในภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วนศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ค่าเฉลี่ย 4.71 และค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 ชุดการทดลองเคมีย่อส่วนส่งเสริมทักษะในการสังเกต และแปลผลการทดลอง ค่าเฉลี่ย 4.67 สอดคล้องกับงานวิจัย (Saowarux, Wanlapa, Vanida, Pritsana and Pumidech, 2023, p.661-662)การเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารจากปฏิกิริยาฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาซักผ้าขาว ช่วยให้นักเรียนเข้าใจอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ชัดเจน และแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟนสามารถติดตามค่าสีของสารละลายได้อย่างต่อเนื่องและง่ายต่อการแปลผลค่า

ความเข้มข้นของสารละลาย ค่าเฉลี่ย 4.60 และผลสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนในการใช้ชุดทดลองเคมีย่อส่วน พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นว่าชุดทดลองเคมีย่อส่วน ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา และปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี ค่าเฉลี่ย 4.62 และค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53

นักเรียนมีความใฝ่รู้ และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมการทดลองการฟอกจางสีผสมอาหารด้วยน้ำยาซักผ้าขาว ได้ฝึกการวัดความเข้มแสงของสารละลายเพื่อหาค่าความความเข้มข้น เพื่อนำไปสร้างกราฟคำนวณอัตราการเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลองผลของปัจจัยต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการฟอกจางสีของสารละลายอย่างชัดเจน ด้วยจากการสังเกตจากการถาม-ตอบ ขณะดำเนินกิจกรรม นักเรียนได้ฝึกการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากข้อมูลที่ทำการทดลองด้วยตนเอง และสามารถอธิบายผลของปัจจัยต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เพิ่มขึ้นหลังทำกิจกรรมการทดลองด้วยชุดเคมีย่อส่วน สอดคล้องกับงานวิจัย Ozgecan and Yezdan ที่ใช้บทปฏิบัติการทดลองเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ พบว่านักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.23 การทำงานสำเร็จตามเป้าหมายเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.80 (Ozgecan and Yezdan, 2012, p.221-236)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

เนื่องจากสมาร์ทโฟนแต่ละรุ่นวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Color Grab ได้ค่าความเข้มสี RGB Color ต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการแก้ปัญหาโดยการเตรียมความเข้มข้นที่ต่างกัน จำนวน 4 ตัวอย่าง คลอบคลุมช่วง calibration curve ที่ทำการทดลองฟอกจางสีของสีผสมอาหารให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวัดค่าความเข้มสี และทำตารางบันทึกข้อมูลความเข้มข้นของสารละลายกับความเข้มสี G Color เพื่อเป็นข้อมูลการทดลองของแต่ละกลุ่ม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การเก็บข้อมูลวัดความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Color Grab เพื่อทำการเทียบหาค่าความเข้มข้นของสารละลาย พบว่าแสงภายนอกมีผลต่อการวัดค่าความเข้มแสง G Color ดังนั้นผู้ทำการทดลองต้องทำการควบคุมปริมาณแสงให้คงที่มากที่สุด ผู้วิจัยแนะนำว่าควรทำการทดลองในบริเวณที่มีแสงสว่างมากเกินพอ จะทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

กุมารินทร์ ชาลีแสน, สุภาพ ตาเมือง, ปุริม จารุจำรัส, มะลิวรรณ อมตธงไชย และ เสนอ ชัยรัมย์. (2559). การสาธิตทดลองสารกำหนดปริมาณโดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน, *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 147-159.

วรันภัทร รัตนการุณจิต, รัฐพล มีลาภสม, ศักดิ์ศรี สุภาษร และ ปุริม จารุจำรัส. (2563). การใช้สมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดทางสีสำหรับการหาปริมาณไอออนเหล็กในน้ำโดยใช้แอนโทไซยานินเป็นรีเอเจนต์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1,หน้า 144-163.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, หน้า 180.

สุภาพ ตาเมือง, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2560). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, หน้า 8-13.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 266-268.

Arce, J., Betancourt, R., Pijem, J. and Rivera, Y. (1998). The Reaction of a Food Colorant with Sodium Hypochlorite: A Student-Designed Kinetics Experiment, *J. Chem. Educ*, Vol. 75, 1142-1144.

Caraballo, R. M., Gomez, S. G. J., Hamer, M., Medina, L. M. S. and Vensaus P. (2021). Turmeric and RGB Analysis: A Low-Cost Experiment for Teaching Acid–Base Equilibria at Home, *J. Chem. Educ.* Vol 98, 958-965.

Destino, J, F. and Cunningham, K. (2020). At-Home Colorimetric and Absorbance-Based Analyses: An Opportunity for Inquiry-Based, Laboratory-Style Learning, *J. Chem. Educ*, Vol. 97, 2960-2966.

Ed Vitz. (2007). A Student Laboratory Experiment Based on the Vitamin C Clock Reaction, *J. Chem. Educ*, Vol 84, 1156-1157.

Gokhan, D. and Mustafa, Y. (2011). The Effect of Laboratory Method on High School Students' Understanding of the Reaction Rate, *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 509-516.

Leman, T. and Burcin, A. S. (2010) Investigation the Effectiveness of Laboratory Works Related to "Acids and Bases" on Learning Achievements and Attitudes toward Laboratory, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol 2, 2631–2636.

Ozgecan, T, K. and Yezdan, B. (2012). Cooperative Learning Instruction for Conceptual Change in the Concepts of Chemical Kinetics, *Chem. Educ. Res. Pract*, Vol 13, 221-236.

Rattapol, M., Waranphat R., Akarapong, P., Nutthaporn, M., Saksri, S., Sukhum, R., and Purim J. (2022). Smartphone-Assisted Colorimetric Determination of Iron Ions in Water by Using Anthocyanin from Ruellia tuberosa L. as a Green Indicator and Application for Hands-on Experiment Kit, *J. Chem. Educ*. Vol 99, 1660-1671.

Saowarux, F., Wanlapa, A., Vanida, N., Pritsana, R. and Pumidech, P. (2023). From In-Class Experiments to Lab@Home for General Chemistry Laboratory: Hands-On Experiences During the Pandemic Lockdown, *J. Chem. Educ*, Vol 100, 655-663.

Shana, Z., and Abulibdeh, E. S. (2020). Science Practical Work and Its Impact on High Students' Academic Achievement. *JOTSE*, Vol 10, 199-215.

Thitipong, K. and Taweetham, L. (2020). The Blue Bottle Experiment Revisited: How Much Oxygen?, *J. Chem. Educ.* Vol 97, 119