

## การพัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อสร้างความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเคมี

### Development of Extracurricular Activities to Enhance Students' Understanding in Basic Chemistry Concepts

จันทิมา ปัทมธรรมกุล\* วิญญู จิตสัมพันธเวช\*\* บุญนาค สุขุมเมฆ\*\* สายลม สัมพันธ์เวชโสภา\*  
เอมอร ศักดิ์แสงวิจิตร\*\* ศุภลักษณ์ อ่างแก้ว\*\* และวันเพ็ญ ช้อนแก้ว\*\*

\* สถาบันการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

\*\* ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Chantima Pathamathamkul\*, Winyu Chitsamphandhvej\*\*, Boonnak Sukhummek\*\*,  
Sailom Sampanvejsopha\*, Aimorn Saksangwjit\*\*, Suppalak Angkaew\*\*, and Wunpen Chonkaew\*\*

\* Learning Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi

\*\* Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi

#### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบกิจกรรมเสริมหลักสูตร สำหรับพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเคมีเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย สำหรับนักศึกษาภาควิชาเคมี ระดับปริญญาตรี โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วน และกิจกรรมทบทวนความเข้าใจ กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 (77 คน) และ ชั้นปีที่ 2 (81 คน) โดยจัดกลุ่มนักศึกษาตามผลคะแนนทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยคือ one-group pretest-posttest design จากผลวิเคราะห์ความก้าวหน้าการเรียนรู้แบบรายข้อ และรายบุคคลโดยวิธี normalized gain พบว่า นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนและพื้นฐานปานกลางมีพัฒนาการที่ดี โดยเฉพาะในโจทย์ที่วัดความเข้าใจ แต่ในโจทย์ที่วัดการประยุกต์และการวิเคราะห์ พบว่านักศึกษาสามารถคำนวณน้ำหนักมวลสารของตัวอย่างได้ รุ้ नियามของการเจือจางสารละลาย แต่ยังมีปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้ ในส่วนของผลลัพธ์ด้านความคิดเห็นจากแบบสอบถามและแบบสะท้อนความคิดเห็น พบว่า นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อกิจกรรม นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนระบุว่า องค์กรประกอบที่ช่วยให้เข้าใจปฏิบัติการเคมีพื้นฐานได้มากที่สุด คือ กิจกรรมการทดลอง ขณะที่นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีพื้นฐาน ปานกลาง ระบุว่า เป็นการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อน

**คำสำคัญ:** กิจกรรมเสริมหลักสูตร ความก้าวหน้าการเรียนรู้ ความเข้มข้นของสารละลาย การเจือจางสารละลาย

#### Abstract

This research aimed to develop extracurricular activities to enhance students' understanding in concepts of solution concentration and solution dilution for undergraduate chemistry study. The activities comprised small scale chemical laboratory and the practical review session. The research used one-group pretest-posttest design. The participants were first-year students (n=77) and second-year students (n=81) who were later divided into two groups based on their knowledge background according to the pre-test results. According to the analysis of single test item normalized gain and single student normalized gain, students had more improvement in questions that measured understanding level than in application and analysis questions. Although students were able to calculate the molecular weight and know the definition of solution dilution, they still had difficulties in knowledge application. Based on the student questionnaire and reflections, the students in two groups had favorable opinion towards the activities. Most of the students in high-learning-difficulty group thought that the experiment was crucial part that made this extracurricular activities effectively promote understanding in basic chemistry concepts. Meanwhile, most students with the moderate background favored for peer learning.

**Keywords:** Extracurricular Activities, Learning Gain, Solution Concentration, Solution Dilution

## บทนำ

อุตสาหกรรมเคมีในอนาคตมีแนวโน้มมุ่งสู่การใช้เทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (automation technology) ในการทำงาน และการแก้ปัญหาต่าง ๆ แทนแรงงานคนมากขึ้น (The Federations of Thai Industries, 2017) อย่างไรก็ตาม ความรู้และทักษะพื้นฐานทางเคมี ยังจำเป็นต่อการทำงานในทุกสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับเคมี และเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สำคัญ เพื่อพัฒนาสู่ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้กับเทคโนโลยีขั้นสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักสูตรการเรียนการสอนทางสาขาวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษาจำนวนมาก มักให้ความสำคัญกับการสอนความรู้ (teach knowledge) การเน้นเนื้อหา (content-based) และระบบการวัดผลสัมฤทธิ์ความสำเร็จจากคะแนนทดสอบ มากกว่าการเชื่อมโยงทักษะกับการทำงานจริง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของการเรียนรู้ และสร้างทัศนคติให้ผู้เรียนเน้นความสำคัญกับการเรียนเนื้อหา มากกว่าการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง (Royal Society of Chemistry, 2013; Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013)

จากการสะท้อนความเห็นของผู้สอนในระดับชั้นปีที่สูงขึ้น พบว่าการเรียนการสอนรายวิชาพื้นฐานของสาขาวิชาเคมี มักบรรยายในห้องเรียนขนาดใหญ่ และเน้นการเรียนการสอนทฤษฎี ส่วนการสอนวิชาปฏิบัติการในระดับวิชาพื้นฐานนั้น มักเป็นการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นสนับสนุนการเรียนรู้ภาคทฤษฎี จึงไม่ได้ส่งเสริมการฝึกปฏิบัติทักษะเท่าที่ควร ส่งผลให้นักศึกษาไม่ได้รับโอกาสฝึกฝนความชำนาญในการใช้ความรู้พื้นฐาน และทักษะปฏิบัติการ ตัวอย่างของความรู้พื้นฐานและทักษะที่สำคัญมากของนักเคมี ที่พบว่านักศึกษาจำนวนมากยังมีความเข้าใจผิดพลาด คลาดเคลื่อน คือเรื่องความหมายของการเจือจางสารละลาย แม้ว่านักศึกษาสามารถคำนวณได้ตามสูตรก็ตาม จากสถานการณ์ดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร เพื่อให้ให้นักศึกษาได้พัฒนาแนวคิดเรื่องสารละลาย เข้าใจเรื่องหน่วยต่าง ๆ มีทักษะการคำนวณ และการเตรียมสารละลายที่ดีขึ้น เพื่อเป็นฐานสำคัญในการเรียนรู้ที่นักศึกษาจะสามารถพัฒนาทักษะเคมีที่ตอบสนองต่อความต้องการในสายวิชาชีพต่อไป เนื่องจากการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรสามารถเสริมสร้างประสบการณ์ตรงแก่นักศึกษาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้นอกเวลาเรียน เป็นโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และได้ปฏิบัติจริง ช่วยพัฒนาความรู้ ทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี Fredricks & Eccles (2006) พบว่า

การเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความมุ่งมั่นต่อการเรียน และความรู้สึกผูกพันต่อสถาบันการศึกษา เป็นต้น โดยกิจกรรมเสริมหลักสูตรนี้ใช้รูปแบบของปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วน (small scale chemical laboratory) ซึ่งเป็นการทดลองทางเคมีที่ใช้สารเคมีน้อยลงและใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก แต่ผู้เรียนจะมีโอกาสทำการทดลองด้วยตนเอง ได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้เท่า หรือใกล้เคียงกับการทดลองมาตรฐานทั่วไป (standard scale) (Tantayanon, 2011)

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลความก้าวหน้าการเรียนรู้ เรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย ของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี
2. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาต่อการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเคมี

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

ประชากรของการวิจัยนี้คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 109 คน และ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 100 คน ที่ศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยรัฐแห่งหนึ่ง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้ ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 77 คน และ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 81 คน รวมทั้งสิ้น 158 คน ซึ่งสมัครใจเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร

## แบบแผนการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบ one-group pretest-posttest design โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้ (1) ทำแบบทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม (2) ทำกิจกรรมเสริมหลักสูตร และ (3) ทำแบบทดสอบหลังเข้าร่วมกิจกรรม

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วน กิจกรรมแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.1 การศึกษาเบื้องต้น โดยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม เพื่อตรวจสอบระดับความเข้าใจเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย จากนั้นแบ่งกลุ่มนักศึกษาตามระดับความรู้พื้นฐาน โดยนักศึกษาที่มีคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50 จัดเป็นกลุ่มที่มีพื้นฐานทางเคมีในระดับอ่อน และนักศึกษาที่มีคะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดเป็นกลุ่มที่มีพื้นฐานทางเคมีในระดับปานกลาง

1.2 กิจกรรมเสริมหลักสูตร เพื่อพัฒนาความรู้ และทักษะการคำนวณความเข้มข้นเพื่อการเตรียมและการเจือจางสารละลาย ออกแบบกิจกรรม โดยกำหนดให้นักศึกษาทำงานเป็นคู่เพื่อให้ได้แลกเปลี่ยนความรู้และช่วยเหลือกัน ในการทำการทดลอง และได้คัดเลือกนักศึกษาของภาควิชาเคมี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 12 คน ที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ในรายวิชาพื้นฐาน และมีทักษะในการถ่ายทอดความรู้ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกการเรียนรู้ (facilitator) ระหว่างกิจกรรม ก่อนเริ่มกิจกรรม อาจารย์ได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมและบทบาทหน้าที่ในการสนับสนุนการเรียนรู้ และคณะผู้วิจัยได้แนะนำการใช้แบบสังเกตทักษะกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์

กิจกรรม แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ก. กิจกรรมปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วนเพื่อปรับพื้นฐานความเข้าใจที่ถูกต้องเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย และการคำนวณความเข้มข้นจากสารละลาย โดยให้เจือจางสีผสมอาหาร

ข. กิจกรรมทบทวนความเข้าใจ และการคำนวณความเข้มข้น การเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ และการประยุกต์ใช้ความเข้มข้นในชีวิตประจำวัน เช่น การคำนวณปริมาณฟลูออไรด์ในยาสีฟัน เป็นต้น

นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานทางเคมีในระดับอ่อน เข้าร่วมทั้งสองกิจกรรม ส่วนนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานทางเคมีในระดับปานกลาง เข้าร่วมเฉพาะกิจกรรมปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเติมคำก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม สำหรับวัดแนวคิดเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย จำนวน 15 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน แบ่งเป็นคำถามที่วัดด้านความเข้าใจ จำนวน 9 ข้อ ด้านการประยุกต์ จำนวน 2 ข้อ และด้านการวิเคราะห์ จำนวน 4 ข้อ (ดู ภาคผนวก)

2.2 แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษา ต่อกิจกรรมเสริมหลักสูตร จำนวน 13 ข้อ ประเมินคุณภาพของแบบสอบถาม โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาเคมี 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา จำนวน 2 คน โดยข้อคำถามที่คัดเลือกมามีค่า IOC ระหว่าง 0.66 - 1.00 ข้อคำถามแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การพัฒนาทักษะพื้นฐานการคำนวณสาร 2 ข้อ (ตัวอย่างคำถาม เช่น กิจกรรมปฏิบัติการทดลองนี้ช่วยให้ฉันสามารถคำนวณการเจือจางสารละลายได้ดีขึ้น) การพัฒนาความเข้าใจเรื่องความเข้มข้นและการเจือจางของสารละลาย 4 ข้อ (ตัวอย่างคำถาม เช่น กิจกรรมปฏิบัติการทดลองนี้ช่วยให้ฉันเรียนรู้เรื่องการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายได้ดีขึ้น) และรูปแบบการจัดกิจกรรม 7 ข้อ (ตัวอย่างคำถาม เช่น พี่เลี้ยงช่วยตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ฉันเชื่อมโยงความรู้ที่มีกับการแก้ไขโจทย์ปัญหาในการทดลอง) แบบสอบถามใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคอร์ท (5-point Likert Scale) มีตัวเลือก 5 ระดับ โดยระดับ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง และระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2.3 แบบสะท้อนความคิดเห็น (self-reflection) เป็นคำถามปลายเปิด ประกอบด้วยคำถาม 2 ข้อ เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อลักษณะของกิจกรรมเสริมหลักสูตรครั้งนี้ที่ช่วยให้นักศึกษาพัฒนาทักษะปฏิบัติการเคมีพื้นฐานได้มากที่สุด และความคิดเห็นทั่วไปต่อการจัดการเรียนการสอนของรายวิชาเคมีพื้นฐาน ที่จะช่วยให้เรียนรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย และการเจือจางสารละลายได้ดียิ่งขึ้น คุณภาพของเครื่องมือวัดดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 1.00

2.4 แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ปรับจาก Pruekpramool (2014) ใช้ข้อคำถามแบบตรวจสอบรายการ (check-list) สำหรับผู้อำนวยความสะดวกการเรียนรู้ ใช้บันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษาระหว่างกิจกรรม

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ การประยุกต์ และการวิเคราะห์ เรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย ก่อนเข้าร่วมกิจกรรม

2. ดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการทดลองแบบย่อส่วน และกิจกรรมทบทวนความเข้าใจ

3. เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรม ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ การประยุกต์ และการวิเคราะห์เรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย ทำแบบสอบถามความคิดเห็น และแบบสะท้อนความคิดเห็น

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ผลความก้าวหน้าการเรียนรู้ของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม โดยใช้วิธี normalized gain ด้วยการเปรียบเทียบผลต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม กับคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ ในงานวิจัยนี้ นำเสนอความก้าวหน้าการเรียนรู้แบบรายข้อ (single test item normalized gain) ซึ่งพิจารณาว่ามีจำนวนนักศึกษาที่ตอบถูกเพิ่มขึ้นในข้อนั้น ๆ ในระดับใด และความก้าวหน้าการเรียนรู้ของรายบุคคล (single student normalized gain) แบ่งตามประเภทคำถาม ในส่วนการแปลความหมายค่า normalized gain แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ความก้าวหน้าการรับรู้ระดับสูง มีค่า  $g \geq 0.7$ , ความก้าวหน้าการรับรู้ระดับปานกลาง มีค่า  $0.3 \leq g < 0.7$  และ ความก้าวหน้าการรับรู้ระดับต่ำ มีค่า  $0.0 \leq g < 0.3$  (Hake, 1998; Tongchai, Arayathanitkul, Soankwan, Emarat, & Chita ree, 2007)

2. วิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสอบถาม ด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากนั้นแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์การแปลผล ดังนี้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00-1.80 หมายถึง ระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.81-2.60 หมายถึง ระดับไม่เห็นด้วย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61-3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41-4.20 หมายถึง ระดับเห็นด้วย และ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21-5.00 หมายถึง ระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง (Ketsingha, 1995)

3. วิเคราะห์ความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสะท้อนความคิดเห็น ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา และสรุปประเด็นหลัก

#### ผลการวิจัย

##### ตอนที่ 1 ผลความก้าวหน้าการเรียนรู้ เรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย

หลังการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรพบว่า นักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อน และนักศึกษาที่มีพื้นฐานปานกลางซึ่งมีผลคะแนนทดสอบทั้งก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม มีจำนวน 79 คน และ 66 คน ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 91.77 ของจำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม เมื่อพิจารณารายข้อคำถามดังแผนภูมิที่ 1 พบว่ากลุ่มนักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อนมีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ในระดับต่ำและปานกลาง ส่วนกลุ่มนักศึกษาที่มีพื้นฐานปานกลางมีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ทั้งในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ทั้งนี้ นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ในข้อคำถามส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง

นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้สูงสุดในคำถามที่วัดความเข้าใจ โดยนักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อนมีคะแนน

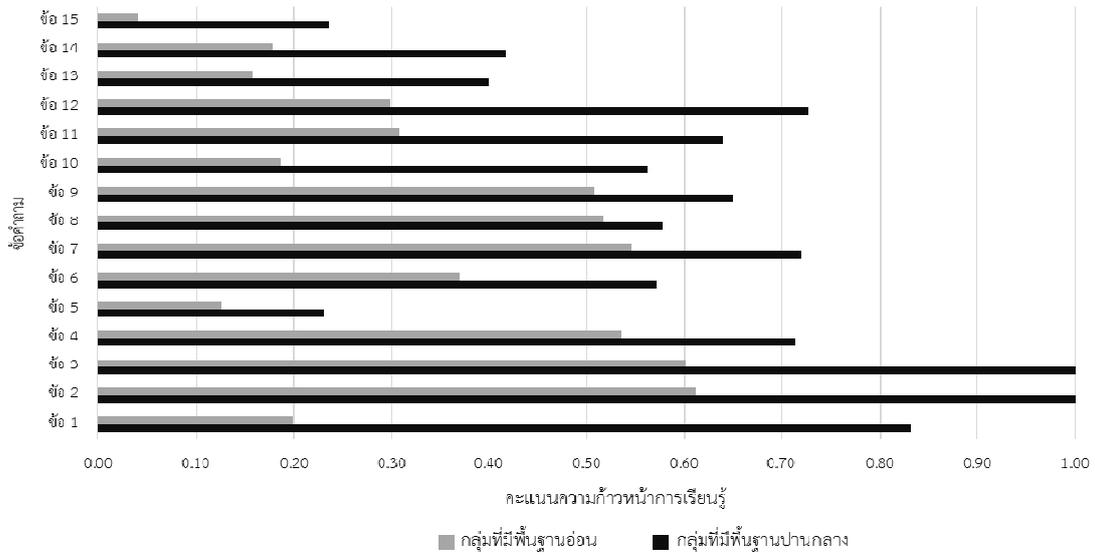
ความก้าวหน้าการรับรู้สูงสุดในข้อ 2 (ค่า  $\langle g \rangle = 0.61$ ) ขณะที่นักศึกษาที่มีพื้นฐานปานกลางมีคะแนนความก้าวหน้าการรับรู้สูงสุดใน ข้อ 2 และ ข้อ 3 (ค่า  $\langle g \rangle = 1$ ) อย่างไรก็ตาม ข้อคำถามที่นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความก้าวหน้าการรับรู้อยู่ในระดับต่ำ เช่นเดียวกัน คือคำถามข้อ 5 ซึ่งวัดระดับความเข้าใจ และข้อ 15 ซึ่งวัดระดับการวิเคราะห์

แผนภูมิที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ระดับความก้าวหน้าการรับรู้ของรายบุคคล แบ่งตามประเภทคำถาม พบว่าในกลุ่มคำถามที่วัดความเข้าใจ นักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อนส่วนใหญ่มีคะแนนความก้าวหน้าการรับรู้อยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 43.86) ส่วนในกลุ่มคำถามที่วัดระดับการประยุกต์และระดับการวิเคราะห์ พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่มีคะแนนความก้าวหน้าการรับรู้ในระดับต่ำ (ร้อยละ 66.23 และ ร้อยละ 64.94 ตามลำดับ)

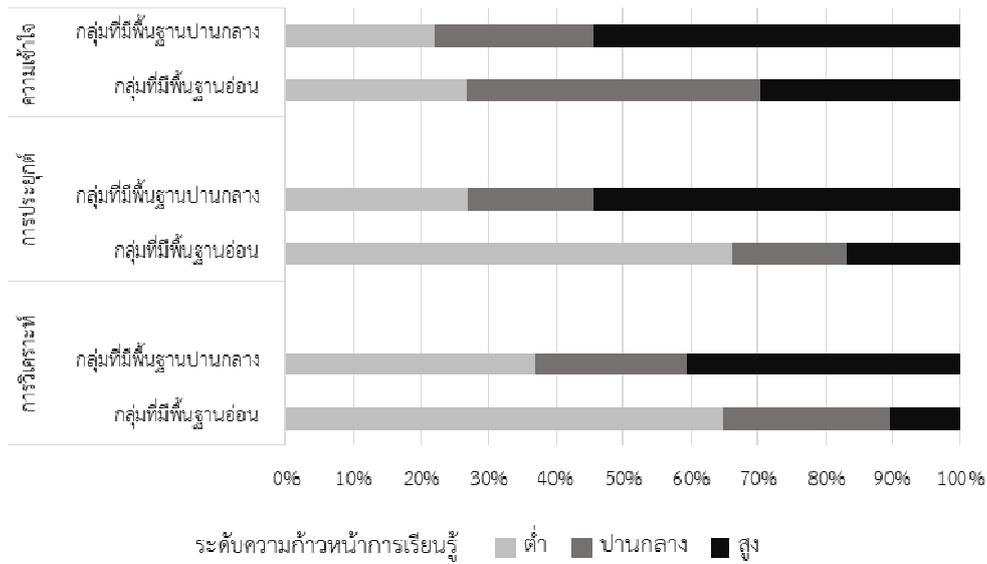
สำหรับกลุ่มนักศึกษาที่มีพื้นฐานปานกลาง

พบว่าส่วนใหญ่มีคะแนนความก้าวหน้าการรับรู้อยู่ในระดับสูง ทั้งในกลุ่มคำถามที่วัดความเข้าใจ การประยุกต์ และการวิเคราะห์ (ร้อยละ 54.32, ร้อยละ 54.32 และร้อยละ 40.74 ตามลำดับ)

วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ ปีที่ 34 ฉบับที่ 3



แผนภูมิที่ 1 คะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้แบบรายข้อ เรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลายแบ่งตามกลุ่มนักศึกษา



แผนภูมิที่ 2 ร้อยละของระดับความก้าวหน้าการเรียนรู้ของรายบุคคล แบ่งตามประเภทคำถาม

(ก)

5.  $H_2SO_4$  0.25 โมล มี Oxygen (O) กี่กรัม  
ตอบ 0.042

$$0.25 \text{ mol } H_2SO_4 \times \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98.1 \text{ g } H_2SO_4} \times \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol } H_2SO_4} \times \frac{16 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 0.042$$

(ข)

5.  $H_2SO_4$  0.25 โมล มี Oxygen (O) กี่กรัม  
ตอบ 1 mol

$$0.25 \text{ mol } H_2SO_4 \times \frac{4 \text{ mol O}_4}{1 \text{ mol } H_2SO_4} = 1 \text{ mol O}_4$$

(ค)

5.  $H_2SO_4$  0.25 โมล มี Oxygen (O) กี่กรัม  
ตอบ 256 g

$$H_2SO_4 \quad 0.25 \text{ mol} \quad \begin{matrix} 0 \\ 1 \end{matrix} \rightarrow 4 \text{ mol O} \\ \frac{1 \text{ mol}}{16} = 16 \text{ mol} \\ 16 = \frac{9}{16}$$

ภาพที่ 1 หลักฐานแสดงว่านักศึกษายังไม่เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสูตรโมเลกุล และจำนวนโมลของธาตุในสารประกอบ

นำน้ำยาซักผ้าขาวไฮเตอร์มา 5.00 mL เจือจางด้วยน้ำได้สารละลาย 100.00 mL จากนั้นปิเปตสารละลายที่เจือจางได้มา 10.00 mL ทำการทดลอง พบว่ามี  $Cl^-$  จำนวน 0.001200 mol (1.20 mmol) ความเข้มข้นของ  $Cl^-$  ในไฮเตอร์เท่ากับเท่าไรในหน่วย % w/v  
ตอบ 64.89 % w/v

สารละลาย 105 mL  
10 mL  $\Rightarrow Cl^-$  1.20 mmol  
สารละลาย  $Cl^-$  ในน้ำจืด 0.12 M

$$\frac{0.12 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}} \times 105 \text{ mL} \times \frac{51.5 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times 100\% = 64.89\% \text{ w/v}$$

ภาพที่ 2 หลักฐานแสดงถึงการที่นักศึกษาไม่เข้าใจหลักการเจือจางสารละลาย และการแปลงหน่วย

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสอบถาม

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 นักศึกษาที่สมัครใจตอบแบบสอบถาม คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 100 จากการวิเคราะห์พบว่า นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน (n=79) เห็นด้วยอย่างยิ่งต่อประโยชน์ของกิจกรรม ทั้งในด้านการพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการคำนวณ การพัฒนาความเข้าใจเรื่องความเข้มข้น และการเจือจาง

ของสารละลาย รวมถึงรูปแบบกิจกรรม ส่วนกลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง (n=66) เห็นด้วยอย่างยิ่งต่อประโยชน์ของกิจกรรมในด้านการพัฒนาทักษะและความเข้าใจดังกล่าวเช่นกัน ยกเว้นความคิดเห็นต่อรูปแบบของการจัดกิจกรรม ซึ่งนักศึกษามีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วย (mean = 4.20, SD = 0.40) ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดเห็น ของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน

รายการประเมิน	Mean	SD	การแปลผล	อันดับ
การพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการคำนวณ	4.42	0.50	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1
การพัฒนาความเข้าใจเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางของสารละลาย	4.41	0.46	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	2
รูปแบบการจัดกิจกรรม (การอำนวยความสะดวก โดยอาจารย์และพี่เลี้ยง)	4.25	0.73	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	3

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดเห็น ของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง

รายการประเมิน	Mean	SD	การแปลผล	อันดับ
การพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการคำนวณสาร	4.48	0.49	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1
การพัฒนาความเข้าใจเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางของสารละลาย	4.43	0.47	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	2
รูปแบบการจัดกิจกรรม (การอำนวยความสะดวกเรียนรู้ โดยอาจารย์และพี่เลี้ยง)	4.20	0.40	เห็นด้วย	3

**ตอนที่ 3** ความคิดเห็นของนักศึกษาจากแบบสะท้อนความคิดเห็น

นักศึกษาที่สมัครใจตอบคำถามในแบบสะท้อนความคิดเห็น ประกอบด้วย นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนจำนวน 45 คน (อัตราการตอบกลับ ร้อยละ 57) และนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง จำนวน 62 คน (อัตราการตอบกลับ ร้อยละ 94) จากการวิเคราะห์เนื้อหา และสรุปประเด็นหลัก โดยจัดกลุ่มและนับความถี่ของความคิดเห็น ในประเด็นลักษณะของกิจกรรมที่ช่วยให้พัฒนาทักษะปฏิบัติการเคมีพื้นฐานได้มากที่สุด พบว่า นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความคิดเห็นต่างกัน กล่าวคือ จากความคิดเห็นทั้งหมด จำนวน 45 ความเห็นของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน ส่วนใหญ่ระบุว่า เป็นกิจกรรมการทดลอง (จำนวน 20 ความเห็น, ร้อยละ 45) รองลงมาคือ การฝึกคำนวณ (จำนวน 14 ความเห็น, ร้อยละ 26) ขณะที่จากความคิดเห็นทั้งหมด จำนวน 129 ความเห็นของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง ส่วนใหญ่ระบุว่าเป็นการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อน (จำนวน 49 ความเห็น, ร้อยละ 38) รองลงมาคือเรื่องการทำโจทย์/ทำแบบฝึกหัด (จำนวน 33 ความเห็น, ร้อยละ 26)

ตัวอย่างความคิดเห็นของนักศึกษา

“การทดลองช่วยให้เข้าใจง่ายขึ้น เพราะได้เห็นผลกับตา ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง”

“ร่วมกันหาคำตอบกับเพื่อน และมีอาจารย์และเพื่อนอธิบายเวลาสงสัยได้ ไม่เหมือนในห้องเรียน”

“คุณครูกับพี่ ๆ ตั้งคำถามให้คำแนะนำกระตุ้นให้อยากที่จะเข้าใจในข้อสงสัยนั้น ๆ ทำให้แก้โจทย์ปัญหาข้อต่อ ๆ ไปเองได้”

“การได้คำนวณความเข้มข้นสารละลายเพราะในการทดลองหาค่าสารนั้น ต้องใช้ทักษะการคำนวณ”

“การทดลองในงานสี เพราะเห็นภาพอย่างชัดเจน”

“การทดลอง เพราะเห็นภาพประกอบการคิดทำให้เข้าใจมากขึ้น ทำให้สิ่งต่าง ๆ อยู่มีความชัดเจนมากขึ้น”

ในส่วนของการสะท้อนความคิดเห็นในประเด็นการจัดการเรียนการสอนของรายวิชาเคมีพื้นฐาน ที่จะช่วยให้นักศึกษาเรียนรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย และการเจือจางสารละลายได้ดียิ่งขึ้น พบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความคิดเห็นที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ จากความคิดเห็นทั้งหมดจำนวน 78 ความเห็นของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน ส่วนใหญ่ระบุว่า ต้องการให้ทำกิจกรรม หรือการทดลอง (จำนวน 34 ความเห็น, ร้อยละ 44) รองลงมาคือ การเรียนรู้ร่วมกับเพื่อน (จำนวน 30 ความเห็น, ร้อยละ 39) ขณะที่จากความคิดเห็นทั้งหมดจำนวน 130 ความเห็นของนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง ส่วนใหญ่ระบุว่า ต้องการให้มีการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อน (จำนวน 62 ความเห็น, ร้อยละ 48) รองลงมาคือ การทำกิจกรรม การปฏิบัติจริง (จำนวน 41 ความเห็น, ร้อยละ 32)

ตัวอย่างความคิดเห็นของนักศึกษา

“อธิบายควบคู่กับการทดลอง เห็นภาพจริงว่าเกิดได้อย่างไร เพราะอะไร”

“บรรยายแบบกิจกรรมนี้ แล้วมีการทดลอง เพื่อให้เห็นภาพมากขึ้น”

“การที่มีการทดลองเพื่อหาคำตอบ ทำให้เห็นภาพและเข้าใจมากขึ้น”

“จัดการสอนที่นักศึกษาได้ลงมือทดลองด้วยตนเอง”

“ได้จับคู่กับเพื่อนและทำด้วยกัน และทำการทดลองไป”

“การสอนแบบแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน”

“เพื่อนสอนเพื่อน”

“ทำความเข้าใจด้วยตัวเองก่อน เมื่อไม่เข้าใจค่อยปรึกษาเพื่อนหรืออาจารย์”

### อภิปรายผลการวิจัย

ในการดำเนินกิจกรรมเสริมหลักสูตรครั้งนี้ นักศึกษาได้ทบทวนเกี่ยวกับตารางธาตุ และการใช้ค่าศัพท์ที่เกี่ยวข้อง ได้เรียนรู้แนวคิดเรื่องการเจือจางสารละลาย ผ่านการทดลองผสมสีด้วยตนเอง รวมถึงเรื่องหน่วยความเข้มข้นของสาร แม้ว่าวัตถุประสงค์หลักของกิจกรรมคือ เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในระดับความเข้าใจ แต่คณะผู้วิจัยได้ประเมินความรู้ระดับการประยุกต์และการวิเคราะห์ของนักศึกษาด้วย เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับพัฒนาความรู้ และทักษะพื้นฐานเคมีต่อไป ซึ่งจากผลวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร พบว่านักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน และกลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง สามารถทำคะแนนทดสอบสูงขึ้นกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรม ทั้งในข้อคำถามที่วัดความเข้าใจ การประยุกต์ และการวิเคราะห์

เนื่องจากการวิเคราะห์ผลความก้าวหน้าการเรียนรู้ โดยใช้วิธี normalized gain คือการพิจารณาถึงคะแนนที่นักศึกษาทำได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น โดยแปลความหมายของพัฒนาการเรียนรู้แบ่งเป็นระดับต่ำ-สูง จึงเป็นไปได้ที่ว่าการที่นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ในระดับต่ำ มาจากการที่นักศึกษาน้อยมากสามารถทำข้อนี้ได้ถูกต้อง อยู่แล้วในแบบทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม และมีนักศึกษาที่ทำข้อนี้ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นอีกเพียงจำนวนเล็กน้อย ในแบบทดสอบหลังเข้าร่วมกิจกรรม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พบกรณีที่คะแนนของนักศึกษาในแบบทดสอบก่อน-หลัง เข้าร่วมกิจกรรม แตกต่างกันน้อยมากในลักษณะดังกล่าว ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ในกลุ่มคำถามที่วัดระดับความเข้าใจนั้น นักศึกษาควรใช้ตารางธาตุได้ถูกต้อง เข้าใจถึงแนวคิดของสารละลาย รวมถึงหน่วยต่าง ๆ และความเข้มข้นของสารประกอบ โดยเน้นที่ Parts Per Million (ppm), % weight by volume และรู้ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับโมลของสาร จากผลวิเคราะห์พัฒนาการเรียนรู้แบบรายข้อ และรายบุคคล พบว่า นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนและพื้นฐานปานกลางมีพัฒนาการที่ดี อย่างไรก็ตาม มีบางข้อคำถามที่นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าที่อยู่ในระดับต่ำ หรือมีนักศึกษาที่ทำ ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เช่น ข้อ 5 (ค่า  $\langle g \rangle = 0.13$ ) สำหรับกลุ่มนักศึกษามีพื้นฐานอ่อน และ (ค่า  $\langle g \rangle = 0.23$ ) สำหรับกลุ่มนักศึกษามีพื้นฐานปานกลาง ซึ่งเมื่อพิจารณา คะแนนทดสอบของก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมแล้วพบว่า

มากกว่าครึ่งหนึ่งของนักศึกษาจากทั้งสองกลุ่มสามารถทำข้อนี้ได้ถูกต้องอยู่แล้วในแบบทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม และมีนักศึกษาที่ทำข้อนี้ได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นอีกเพียงจำนวนเล็กน้อย

คะแนนความก้าวหน้าในระดับต่ำของข้อ 5 นี้ สะท้อนว่านักศึกษายังไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและน้ำหนักอะตอม ตัวอย่างเช่น นักศึกษาบางคน เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล และน้ำหนักอะตอม แต่ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสูตรโมเลกุลของสารประกอบ และจำนวนโมลของธาตุในสารประกอบ (ภาพที่ 1ก) ในทางกลับกันนักศึกษาบางคนเข้าใจคุณสมบัติของสารประกอบ แต่ยังไม่สามารถคำนวณหาน้ำหนักของสารได้ เนื่องจากยังไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล และน้ำหนักอะตอม (ภาพที่ 1ข) ขณะที่นักศึกษาบางคนไม่สามารถเปลี่ยนหน่วยต่าง ๆ ของสาร รวมถึงการหาอัตราส่วนโมลในสารประกอบนั้น ๆ (ภาพที่ 1ค)

ผลพัฒนาการเรียนรู้ในระดับต่ำที่แปลผลในลักษณะเดียวกันนี้ ยังพบได้ในข้อที่ 1 (แผนภูมิที่ 1) ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของนักศึกษาในกลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน มีความรู้พื้นฐานเรื่องน้ำหนักอะตอมเพียงพอที่จะทำข้อสอบนี้ได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักศึกษาจำนวนหนึ่งที่ทำข้อนี้ได้ผิด เนื่องจากการอ่านตารางธาตุไม่รอบคอบ หรือสับสนระหว่างเลขอะตอม และมวลอะตอม และยังไม่สามารถทำข้อนี้ได้ถูกต้องในแบบทดสอบหลังเข้าร่วมกิจกรรม จึงส่งผลให้คะแนนความก้าวหน้าอยู่ในระดับต่ำ (ค่า  $\langle g \rangle = 0.20$ )

ในกลุ่มคำถามที่วัดการประยุกต์และการวิเคราะห์ นั้น นักศึกษาควรเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสาร และความเข้มข้นของสารในสารละลาย ทั้งก่อนและหลังการเจือจางสารละลายนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม พบว่า นักศึกษาจำนวนมากยังไม่สามารถประยุกต์ความรู้เพื่อการแก้โจทย์ปัญหาได้ เช่น นักศึกษายังไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยต่าง ๆ ส่งผลต่อการคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย (หน่วย ppm) รวมถึงไม่สามารถวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงของเนื้อสารและความเข้มข้นของสารในสารละลายได้จากคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับต่ำ (ข้อ 15 แผนภูมิที่ 1) แสดงว่านักศึกษาสามารถคำนวณหาน้ำหนักมวลสารของตัวอย่างได้ ฐนิยาม (definition) ของการเจือจางสารละลาย แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ และการหาค่าตอบ โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเรื่องโมล ความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย ดังตัวอย่างในภาพที่ 2 ที่พบว่า

นักศึกษาสามารถคำนวณหาหน้าหมวลสารของตัวอย่าง (g) ในสารละลาย (ml) ได้ แต่ไม่เข้าใจหลักการเจือจางสารละลาย แล้วแปลงหน่วยของสารที่มีอยู่ในสารละลาย 5.00 ml ให้อยู่ในรูปของหน่วย % weight by volume

โดยภาพรวมเมื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม เห็นได้ว่ากลุ่มนักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อนส่วนใหญ่ มีพัฒนาการเรียนรู้ในด้านการประยุกต์และการวิเคราะห์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (แผนภูมิที่ 2) อาจเนื่องจากเมื่อนักศึกษายังไม่สามารถเข้าใจถึงวิธีการคำนวณเพื่อเปลี่ยนหน่วยได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถแก้ไขโจทย์ทางเคมีที่มีความซับซ้อนขึ้นด้วย ขณะที่นักศึกษาส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง มีคะแนนความก้าวหน้าการเรียนรู้ในระดับสูงในคำถามทุกด้าน แต่ยังมีนักศึกษากว่าร้อยละ 37 ที่ได้คะแนนความก้าวหน้าของกลุ่มคำถามที่วัดการวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งให้เห็นว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝน ทักษะการประยุกต์และการวิเคราะห์มากขึ้น เพื่อที่จะสามารถเชื่อมโยงความรู้ และระดับการคิดที่สูงขึ้นกว่าการเรียนรู้หรือเข้าใจความรู้แบบแยกส่วน

ในส่วนของผลลัพธ์ด้านความคิดเห็นของนักศึกษาต่อการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) ซึ่งให้เห็นว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความคิดเห็นเชิงบวกต่อกิจกรรม ทั้งนี้ การที่นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง มีความคิดเห็นต่อรูปแบบของการจัดกิจกรรมในระดับที่น้อยกว่าด้านอื่น อาจเนื่องจากนักศึกษากลุ่มนี้มีความรู้และทักษะพื้นฐานอยู่ในระดับซึ่งสามารถทำความเข้าใจด้วยตนเองอยู่แล้วในบางด้าน จึงมีความคาดหวังต่อกระบวนการอำนวยความสะดวกการเรียนรู้จากอาจารย์และพี่เลี้ยงแตกต่างไปจากกลุ่มนักศึกษาที่มีพื้นฐานอ่อน โดยให้ความสำคัญกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนระหว่างทำปฏิบัติการมากกว่า และต้องการให้การเรียนการสอนของหลักสูตร มีกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวมากที่สุดอีกด้วย

การที่นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจต่อรูปแบบกิจกรรมในระดับสูง สอดคล้องกับผลสะท้อนความคิดเห็น โดยเฉพาะสำหรับนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน ซึ่งระบุว่าส่วนของกิจกรรมที่เป็นการทดลอง ช่วยให้เข้าใจปฏิบัติการเคมีพื้นฐานได้ดีขึ้นมากที่สุด และต้องการให้การเรียนการสอนในหลักสูตรมีกิจกรรม การปฏิบัติ และการทดลองมากที่สุด อาจเนื่องจากการได้ใช้ประสาทสัมผัสทางตาพิจารณาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ในการทดลอง เป็นการเรียนรู้แนวคิดเคมีในระดับการ

สังเกต (observable level) ซึ่งมีความสอดคล้องกับสาเหตุของความยากและความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในสาระเคมีที่เกี่ยวกับการคำนวณ (Phenglengdi, 2018) นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์โดยตรง และเป็นรูปธรรมจากการปฏิบัติด้วยตนเอง จะทำให้พัฒนาทักษะและเจตคติต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น ในกรณีนี้ การทดลองเป็นวิธีการเรียนรู้ที่ทำให้นักศึกษาได้มีโอกาสในการสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการปฏิบัติ (hands-on) จากวัตถุจริง หรือการจำลองสถานการณ์จริง จึงเอื้อให้นักศึกษาพัฒนาทักษะการคำนวณ และความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองได้จากการปฏิบัติ และถึงแม้ว่าเป็นการทดลองในรูปแบบปฏิบัติการแบบย่อยส่วน แต่สามารถกระตุ้นความสนใจในกลุ่มผู้เรียน และทำให้นักศึกษามีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้มากเช่นกัน (Niyomka, 1988)

### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบกิจกรรมเสริมหลักสูตร สำหรับพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเคมีเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้ปฏิบัติการทดลองแบบย่อยส่วน และกิจกรรมทบทวนความเข้าใจ จากผลวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรม พบว่านักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อนและพื้นฐานปานกลางมีพัฒนาการที่ดี โดยเฉพาะในโจทย์ที่วัดความเข้าใจ แต่ในโจทย์ที่วัดการประยุกต์และการวิเคราะห์ พบว่านักศึกษากลุ่มนี้สามารถคำนวณหาหน้าหมวลสารของตัวอย่างได้ รุ้ नियามของการเจือจางสารละลาย แต่ยังสับสนในแนวคิดของสารละลาย ส่งผลต่อการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโมล ความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย นอกจากนี้ นักศึกษาจำนวนมากคำนวณผิดพลาดในโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้น หรือเป็นโจทย์ที่ต้องเชื่อมโยงและคำนวณมากกว่าหนึ่ง ขั้นตอน ขณะที่สามารถคำนวณแบบขั้นตอนเดียว หรือเปลี่ยนหน่วยใดหน่วยหนึ่งได้ในโจทย์ที่ใช้ความรู้แบบแยกส่วน

ในส่วนของผลลัพธ์ด้านความคิดเห็นของนักศึกษาต่อการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร ซึ่งให้เห็นว่านักศึกษามีความคิดเห็นเชิงบวกต่อลักษณะกิจกรรม ในการพัฒนาทักษะพื้นฐานด้านการคำนวณสาร และความเข้าใจเรื่องความเข้มข้น และการเจือจางสารละลาย การที่นักศึกษามีความพึงพอใจต่อรูปแบบกิจกรรมในระดับสูงสอดคล้องกับผลสะท้อนความคิดเห็นของนักศึกษา โดยเฉพาะสำหรับนักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานอ่อน ซึ่งส่วนใหญ่เห็นว่ากิจกรรม

การทดลอง เป็นส่วนที่ช่วยพัฒนาทักษะปฏิบัติการเคมีพื้นฐานได้มาก และต้องการให้การเรียนการสอนในหลักสูตรมีกิจกรรม การปฏิบัติ และการทดลองมากที่สุด ขณะที่นักศึกษากลุ่มที่มีพื้นฐานปานกลาง ให้ความสำคัญกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนและการปรึกษาที่เลี้ยวระหว่างทำปฏิบัติการอย่างมาก และเห็นว่าการเรียนการสอนของหลักสูตร ควรจัดให้มีกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวมากที่สุดอีกด้วย

### ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเข้าร่วมกิจกรรมชี้ให้เห็นว่า นักศึกษามีพัฒนาการด้านความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเคมี แต่ควรได้รับการฝึกเชื่อมโยงความรู้มากขึ้น การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรนี้เหมาะสมกับการพัฒนาความเข้าใจและทักษะการคำนวณขั้นพื้นฐานสำหรับแก้โจทย์ทางเคมีที่ไม่ซับซ้อน และสามารถบูรณาการให้เป็นส่วนหนึ่งของการสอนแบบบรรยายในห้องเรียนขนาดใหญ่ โดยประยุกต์กระบวนการเรียนรู้ของปฏิบัติการแบบย่อยส่วน และถึงแม้ว่าเป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตร ควรวัดความรู้ความเข้าใจของนักศึกษาก่อนทำกิจกรรม เพื่อใช้เป็นพื้นฐานของการออกแบบเนื้อหา และกระบวนการที่เหมาะสมกับความต้องการ หรือปัญหาในการเรียนรู้ของนักศึกษา

2. ควรให้นักศึกษาได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมปฏิบัติการที่ฝึกการเชื่อมโยงความรู้แต่ละส่วน โดยที่มีอาจารย์หรือผู้อำนวยการเรียนรู้ ช่วยชี้แนวทางในการเชื่อมโยง และสาธิตตัวอย่างที่เหมือนหรือคล้ายคลึงในบางองค์ประกอบ แต่มีความแตกต่างในเชิงลึก รวมถึงเน้นการสร้างประสบการณ์เรียนรู้ด้วยการให้นักศึกษาได้ฝึกซ้ำ ในกรณีนี้ ผู้อำนวยการเรียนรู้นักศึกษาชั้นปีที่ 2 ซึ่งอาจยังไม่มิตักษะในการแนะนำกระบวนการคิด และวิธีการเรียนรู้เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละชุดความรู้ดังกล่าว ในกรณีที่ต้องการสร้างความมีส่วนร่วมของนักศึกษาชั้นปีที่สูงขึ้น และฝึกให้นักศึกษาได้เรียนรู้ผ่านการถ่ายทอดความเข้าใจให้แก่ผู้อื่น ควรมีกระบวนการฝึกทักษะอำนาจการเรียนรู้โดยจำลองสถานการณ์ รวมถึงพิจารณาเรื่องระดับความรู้และทักษะพื้นฐานและความสามารถในการเรียนรู้ของนักศึกษาที่แตกต่างกันของผู้เข้าร่วมกิจกรรมด้วย

3. ในกรณีของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบสำคัญของการฝึกให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ ไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบของการทดลองในห้องปฏิบัติการเสมอไป แต่สามารถออกแบบการสอนที่สอดแทรกคุณลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry)

ในการสอนที่ใช้วิธีการบรรยายเป็นหลัก ซึ่งพบว่าส่งผลต่อการเรียนรู้แนวคิดหลักของผู้เรียนได้ไม่แตกต่างกับการสอนแบบให้ทำการทดลอง (McKee, Williamson, & Ruebush, 2007) เมื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดขั้นสูง (higher order cognitive skills) ผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยสังเกต สำรวจ ตรวจสอบ สร้างคำถาม และเชื่อมโยงความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ผู้สอนถามคำถามนำเพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ผลการทดลอง และกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดในรูปแบบต่าง ๆ ร่วมกัน

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ โดยเน้นที่การเข้าใจแนวคิด และการประยุกต์ใช้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักศึกษาสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และใช้กลยุทธ์การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ (inquiry approach)

2. ศึกษาถึงกลยุทธ์ในการจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร โดยออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับระดับความรู้และทักษะพื้นฐานที่แตกต่างกันของนักศึกษา เพื่ออำนวยความสะดวกการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพื้นฐานและความสามารถในการเรียนรู้ โดยให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองส่วนหนึ่ง และได้รับการชี้แนะหรือกระตุ้นความรู้ความคิดด้วยวิธีการและช่วงเวลาที่เหมาะสม จากผู้ที่มีความรู้และทักษะมากกว่า เพื่อที่จะสามารถพัฒนาในสิ่งที่ยังขาดความรู้ความเข้าใจ (Vygotsky's zone of proximal development) (Walsh & Sattes, 2011)

### References

- Fredricks, J. & Eccles, J. (2006). Is extracurricular participation associated with beneficial outcomes? Concurrent and longitudinal relations. *Developmental Psychology*, 42(4), 698-713.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement and traditional methods: A six-thousand survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Ketsingha, W. (1995). Interpretation of mean scores. *Journal of Education Research News*. 18(3), 8-11. [in Thai].

- McKee, E., Williamson, V. M. & Ruebush, L. E. (2007). Effects of a demonstration laboratory on student learning. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 395-400.
- Niyomka, S. (1988). *Theory and practice of inquiry based science teaching*. Bangkok: General Book Center. [in Thai].
- Phenglengdi, B. (2018). Teaching and Learning Chemistry by Applying Three Levels of Thinking. *Kesetsart Educational Review*, 33(2), 145-157. [in Thai].
- Pruekpramool, C. (2014). Assessing science process skills. *Suthiparithat*, 28, 353-364. [in Thai].
- Royal Society of Chemistry. (2013). *Supporting technical skills in the chemical industry*. Retrieved from <http://www.rsc.org/globalassets/04-campaigning-outreach/policy/education-policy/supporting-technical-skills-in-the-chemical-industry-2013.pdf>.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. & Eilks, I. (2013). The meaning of relevance in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49, 1-34.
- Tantayanon, S. (2011). *Small scale organic chemistry for teaching higher education teaching*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai].
- The Federations of Thai Industries. (2017). *Chemical Industry*. Retrieved from <http://www.webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Mi-kuBEn6bcJ:ftiweb.off.fti.or.th/demo/6101/sitedata/site16/articles>. [in Thai]
- Tongchai, A., Arayathanitkul, K., Soankwan, C., Emarat, N. & Chitaree, R. (2007). A new assessment method by using pre-test and post-test scores. *Huachiew Chalermprakiet University Journal*, 11(21), 86-94. [in Thai].
- Walsh, J. A. & Sattes, B.D. (2011). *Thinking through quality questioning: Deepening student engagement*. Thousand Oaks, CA: Corwin.

การคำนวณความเข้มข้นและการเตรียมสารละลาย

IA																		VIIIA																	
1	H																	2	He																
	1.01																		4.0																
IIA												III A	IV A	VA	VIA	VII A																			
3	Li	4	Be											5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne										
	6.94		9.01												10.8		12.0		14.0		16.0		18.0		20.2										
11	Na	12	Mg	III B	IV B	VB	VIB	VII B	VIII B		IB	IIB	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar											
	23.0		24.3												27.0		28.1		31.0		32.1		35.5		39.9										
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
	39.1		40.1		45.0		47.9		50.9		52.0		54.9		55.8		58.9		58.7		63.5		65.4		69.7		72.6		74.9		79.0		79.9		83.8
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
	85.5		87.6		88.9		91.2		92.9		95.9		98.9		101.1		102.9		106.4		107.9		112.4		114.8		118.7		121.8		127.6		126.9		131.3
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Hf	59	Ta	60	W	61	Re	62	Os	63	Ir	64	Pt	65	Au	66	Hg	67	Tl	68	Pb	69	Bi	70	Po	71	At	72	Rn
	132.9		137.3		138.9		168.5		180.9		183.9		186.2		190.2		192.2		195.1		197.0		200.6		204.4		207.2		209.0		(210)		(210)	(222)	
87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Rf	91	Db	92	Sg	93	Bh	94	Hs	95	Mt	96		97		98		99		100		101		102		103		104	
	(223)		226.0		(227)		(261)		(262)		(263)		(264)		(265)		(266)		(267)		(268)		(269)		(270)		(271)		(272)		(273)		(274)		(275)
		58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu						
			140.1		140.9		144.2		(145)		150.4		152.0		157.3		158.9		162.5		164.9		167.3		168.9		173.0		175.0						
		90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr						
			232.0		(231)		238.0		(237)		(244)		(243)		(247)		(247)		(251)		(252)		(257)		(258)		(259)		(260)						

( ) represents an isotope

ภาคผนวกที่ 1 แบบทดสอบก่อน-หลังเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร

จงแสดงวิธีทำ แล้วเติมคำตอบที่ได้

1. น้ำหนักอะตอมของโลหะเงิน (Ag) มีค่าเท่าใด
2. น้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบ  $\text{NaNO}_3$  มีค่าเท่าใด
3. KCl จำนวน 0.7450 กรัม เท่ากับกี่โมล
4.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0.25 โมล มีน้ำหนักกี่กรัม
5.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.25 โมล มี Oxygen (O) กี่กรัม
6. (สารละลาย NaCl ปริมาตร 200 mL มี NaCl 0.5850 g) ในสารละลายมี NaCl กี่โมล
7. (สารละลาย NaCl ปริมาตร 200 mL มี NaCl 0.5850 g) ความเข้มข้นของ NaCl เท่ากับกี่โมลาร์
8. NaOH 0.40 g ละลายน้ำ ได้สารละลายปริมาตร 250 mL ความเข้มข้นของ NaOH ในสารละลายมีค่าเท่าไรในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (%w/v)
9. ในสารละลาย 500 mL มีคลอไรด์ไอออน 3.0 กรัม ความเข้มข้นของ  $\text{Cl}^-$  เท่ากับกี่ ppm
10. ต้องการให้เตรียมสารละลาย  $\text{Cu}^{2+}$  ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 1 L จากสารประกอบ  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ต้องชั่ง  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ หนักกี่กรัม
11. สารละลาย  $\text{Cu}^{2+}$  ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 1 L จากโจทย์ข้อ 9 มีความเข้มข้นของ  $\text{Cu}^{2+}$  กี่โมลาร์
12. เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) โดยใช้ KI 1.00 g ละลายด้วยน้ำ เทใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 mL เติมน้ำจนถึงขีดบอกปริมาตร ปิดจุกแล้วคว่ำขวดขึ้นลง 3-4 รอบ จากนั้นปีเปิดสารละลายนี้ 25.00 mL ใส่ใน Flask สารละลายใน flask มี KI กี่กรัม  
จากข้อ 12 พิจารณาข้อความในข้อ ก และ ข แล้วเลือกตอบว่าข้อใดถูกต้องหรือผิด ถ้าตอบว่าผิด ให้อธิบายว่าผิดอย่างไร
13. (ก) ความเข้มข้นของ KI ในขวดวัดปริมาตรและใน flask มีค่าเท่ากัน
14. (ข) จำนวนโมลของ KI ในขวดวัดปริมาตรและใน flask มีค่าเท่ากัน
15. นำน้ำยาล้างผ้าขาวไฮเตอร์มา 5.00 mL เจือจางด้วยน้ำได้สารละลาย 100.00 mL จากนั้นปีเปิดสารละลายที่เจือจางได้มา 10.00 mL ทำการทดลอง พบว่ามี  $\text{OCl}^-$  จำนวน 0.01200 mol (12.00 mmol) ความเข้มข้นของ  $\text{OCl}^-$  ในไฮเตอร์เท่ากับเท่าไรในหน่วย % w/v