

# การศึกษาความเข้าใจเรื่องปฏิกริยาเคมีโดยใช้ปฏิกริยา การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเชิงสารสกัดมะหวด ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์

สุรพงษ์ รัตนะ\*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม

\*Corresponding author email: surapong.r@npu.ac.th

ได้รับบทความ: 21 มกราคม 2563

ได้รับบทความแก้ไข: 26 มกราคม 2563

ยอมรับตีพิมพ์: 26 กุมภาพันธ์ 2563

## บทคัดย่อ

ความเข้าใจในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์จะนำมาสู่การพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนและการสอนของครูให้ดีขึ้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยใช้ปฏิกริยาการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเชิงสารสกัดมะหวด กลุ่มที่ศึกษาคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบแบบอัตนัยเกี่ยวกับ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ความคิดเห็นโดยรวมที่มากที่สุดคือร้อยละ 43.49 มีความคิดถูกต้อง ส่วนความคิดเห็นโดยรวมที่น้อยที่สุดคือร้อยละ 6.51 มีความคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องมากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องการคำนวนร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ และเนื้อหาที่มีความคิดถูกต้องน้อยที่สุด คือ การคำนวนพลังงานในการเกิดปฏิกริยา เนื่องจากขาดทักษะด้านการคำนวนในเชิงลึก ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ: ความเข้าใจของผู้เรียน / การจัดการเรียนรู้ / ปฏิกริยาเคมี

# Study of Understanding on Chemical Reaction using anti-DPPH Radical of *Lepisanthes rubiginosa* Extract in First Year Science Students, Faculty of Education

Surapong Rattana\*

Division of Science Education, Faculty of Education, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom

\*Corresponding author email: surapong.r@npu.ac.th

Received: 21 January 2020

Revised: 26 January 2020

Accepted: 26 February 2020

## Abstract

Understanding in science classroom results in knowing the way to encourage student learning and teacher teaching. The purpose of this research was to study the understanding of first year students on chemical reaction topic using anti-DPPH radical of *Lepisanthes rubiginosa* extract. The participants were 43 first year students from Science major, Faculty of Education, Nakhon Phanom University. The research tool was a subjective test. The results demonstrate that after participated in activities, most students (43.49%) hold sound understanding, the minority of students (6.51%) hold partial understanding with a specific misconception. The content which student hold sound understanding was calculating about percent anti-free radical, whereas the most difficulty concept was calculating about energy in the reaction because of lacking about advanced calculation. The implication of the study will contribute to science pedagogy.

**Keywords:** Students' understanding / Learning activity / Chemical reaction

## บทนำ

ปัจจุบันความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคน เทคโนโลยีนวัตกรรม เครื่องมือเครื่องใช้ทางวิทยาศาสตร์มีบทบาทต่อโลกมากขึ้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นักจากจะก่อให้เกิดนวัตกรรมต่าง ๆ มากมายแล้วยังทำให้มนุษยชาติเข้าใจปรากฏการณ์ในธรรมชาติมากขึ้น ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพชีวิตของสังคมโลกໄได้ [1] การจัดการศึกษา วิทยาศาสตร์มีความสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะการจัดการศึกษาให้กับผู้เรียนที่อยู่ในระดับการศึกษาขั้นสูง ความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ของครุวิทยาศาสตร์ ซึ่งครุเป็นผู้มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียน [2] จากผลการรายงานเกี่ยวกับความสำเร็จทางด้านการศึกษาในอดีต พบร่วมไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากการสอนของครุยังคงเป็นรูปแบบเดิม กล่าวคือยังคงเป็นการถ่ายทอดความรู้โดยการบรรยาย อธิบายความรู้ให้นักเรียนเพียงฝ่ายเดียว ความรู้ต่าง ๆ ที่ถ่ายทอดเป็นการบอกเล่าโดยครุผู้สอน ส่วนผู้เรียนมีกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการฟังและการจดบันทึกเท่านั้น [3]

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของครุที่ผ่านมา [4,5] พบร่วมว่า การจัดการเรียนการสอนของครุวิทยาศาสตร์ยังพบปัญหาหลายประการ ทั้งในเรื่องของวิธีสอน แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการความเข้าใจและความสามารถของครุในการจัดการเรียนการสอน การขาดงบประมาณ และอุปกรณ์ที่จะใช้ปัญหาความไม่สนใจและตั้งใจเรียนของผู้เรียน เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจันทร์ชลี [6] ที่พบร่วมว่า ประสิทธิภาพของการสอนของอาจารย์ระดับอุดมศึกษาตามความคิดของนักศึกษาที่ควรปรับปรุงมากที่สุด คือ วัตถุประสงค์และเนื้อหา รองลงมาได้แก่ การจัดการเรียนการสอนและความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน กระบวนการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ครุผู้สอนได้พิจารณาบทวนจุดมุ่งหมาย เนื้อหาและกระบวนการที่สอนนั้นว่าเหมาะสมมากน้อยเพียงใด เพื่อให้การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์นั้นประสบผลสำเร็จมากขึ้น ครุผู้สอนทางวิทยาศาสตร์จึงควรที่จะมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ความเข้าใจไปสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ทำให้เนื้อหาวิชา มีความรู้หมายต่อผู้เรียน นอกจากนี้ครุผู้สอนยังต้องมีความรู้ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา และใช้การสำรวจตรวจสอบเป็นวิธีการในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ได้

ผู้วิจัยในฐานะที่เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย นอกเหนือจากการจัด

การเรียนรู้แบบบรรยายแล้ว การให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการใช้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นฐานเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้สิ่งแวดล้อมในการเรียนน่าสนใจ นอกจากนั้น กลุ่มตัวอย่างวิจัย ในครั้งนี้เป็นนักศึกษาครู ซึ่งต่อไปในภายภาคหน้าต้องมีการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน ผู้วิจัยจึงอยากรถกผู้อ่านความคิดการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นฐานให้เป็นส่วนหนึ่งที่นักศึกษาจะได้นำไปปรับใช้ได้ในอนาคตได้ โดยงานวิจัยนี้ใช้ แนวคิดวิเคราะห์ความเข้าใจของ Abraham [7] ที่อ้างไว้ในงานวิจัยของ วีไลวรรณ [8] เป็น การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และจัดกลุ่มแนวคิดเป็น 5 ระดับคือ 1) แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Sound understanding: SU) หมายถึงแนวคิดที่ถูกต้อง กับหลักการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 2) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (Partial understanding: PU) หมายถึง แนวคิดที่ถูกต้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่มีแนวคิด ไม่ครบถ้วนหรือไม่สมบูรณ์ 3) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน และคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์ (Partial understanding with specific misconception: PU/SM) หมายถึง แนวคิดที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อนจากแนวคิด วิทยาศาสตร์บางส่วน 4) แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Specific misconception: SM) หมายถึง แนวคิดที่ผิดไปจากหลักการทาง วิทยาศาสตร์ 5) ไม่มี แนวคิด (No understanding: NU) หมายถึงไม่ตอบคำถาม ตอบว่าไม่รู้ ไม่เข้าใจ ตอบโดย เชียนหวานคำๆ หรือตอบคลุมเครือไม่ชัดเจน และมีงานวิจัยที่ใกล้เคียงของ Abraham เช่น Haider [9] เป็นต้น

การศึกษารังน้ำผึ้งวิจัยใช้กรณีศึกษาเป็น ปฏิบัติการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH ชื่อเต็มคือ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ของสารสกัดมะหวด เป็นปฏิกิริยา ตัวอย่างในการศึกษาความเข้าใจ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของนักศึกษา เนื่องจากปฏิกิริยา ดังกล่าวสังเกตได่ง่าย โดยกระบวนการเกิดปฏิกิริยาที่เปลี่ยนจากสีม่วงไปเป็นสีเหลือง เมื่อมี การเปลี่ยนสีมากขึ้นแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยามากตามไปด้วย [10] และสารสกัดมะหวดมี ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lepisanthes rubiginosa* เป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วทุกภาคของ ประเทศไทย [11] และยังไปกว่านั้นเป็นพืชที่พบได้ทั่วไปในพื้นที่ตั้งของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม มีสรรพคุณทางสมุนไพรในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อนำมาทำ ปฏิกิริยาสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ในเวลาอันรวดเร็ว ผู้วิจัยจึงใช้ปฏิบัติการนี้เป็นกรณีศึกษา ผลที่คาดว่าจะได้รับในการศึกษารังน้ำผึ้งคือ การศึกษาถึงสภาพการจัดการเรียนการสอนของ ผู้สอนจะช่วยให้เข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และสามารถอธิบายสัมฤทธิ์ผล ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างชัดเจนว่าเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอน อย่างไร เพื่อให้ผู้สอนสามารถเพิ่มเติมกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้เรียนยังมีความเข้าใจ คลาดเคลื่อนได้ถูกต้อง ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## วัสดุและวิธีการ

### กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม จำนวน 43 คน มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

### รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยในชั้นเรียน ตามแนวคิดของ Kemmis [12] ที่อ้างถึงใน วีระยุทธ [13] มีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Acting) ขั้นสังเกต (Observing) และขั้นสะท้อนผล (Reflecting) ในรายงานวิจัยนี้ ยังไม่ได้รายงานแนวทางการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนที่ได้จากการพัฒนาจากการ PAOR เป็นการรายงานเฉพาะผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนเท่านั้น

นักศึกษากลุ่มตัวอย่างได้ทำการทดลองเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน โดยทำการเตรียมสารละลายสารสกัดมะหวดความเข้มข้น 4, 2, 1, 0.5, 0.25 และ 0.125 มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร ในเมทานอล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1-6 ตามลำดับ ส่วนหลอดทดลองที่ 7 เติมเมทานอล 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเติมสารละลายดีพีพีเอช ความเข้มข้น 6 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไปในหลอดทดลองทั้ง 7 หลอด นำหลอดทดลองทั้งหมดเข้าที่มีดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมารวบค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโโตโพโตมิเตอร์ บันทึกค่าดูดกลืนแสงในแต่ละหลอด และนำค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวนหาร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ ตามสมการคือ ร้อยละ การต้านอนุมูลอิสระ =  $[(A-B)/A] \times 100$  เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายดีพีพีเอชอย่างเดียว ส่วน B คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายดีพีพีเอชและสารสกัดมะหวดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก สุวนิตย์ และคณะ [14] โดยนำเสนอเครื่องมือต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน โดย เป็นนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และเป็นนักวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ความเหมาะสมของข้อคำถาม ความถูกต้องของคำตอบ การสื่อความของคำถาม จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 จำนวน 10 คน สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในภาษาที่ใช้สื่อความหมาย ทำการปรับปรุงภาษาจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3

ท่าน จากนั้นนำแบบทดสอบแบบอัตนัย ที่ผ่านการแก้ไขปรับปรุงแล้ว นำไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

#### การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นฐาน เพื่อศึกษาความเข้าใจเรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม โดยจัดการเรียนรู้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้นักศึกษาทำปฏิบัติการเรื่อง การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเชิงสารสกัดมะหวด โดยผลการทดลองแสดงในภาพที่ 1 หลังจากผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แล้ว จึงให้นักศึกษาทำแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำคำตอบของนักศึกษามาจำแนกตามกลุ่มคำตอบตามแนวคิดของ Abraham [7] แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ที่อ้างไว้ในงานวิจัยของ วิไลวรรณ [8] ที่กล่าวในรายละเอียดไปแล้ว ข้างต้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้วยค่าความถี่ และค่าร้อยละ

#### ผลการศึกษา

หลังจากการให้นักศึกษาทำปฏิบัติการเรื่อง การต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเชิงสารสกัดมะหวด โดยผลการทดลองแสดงในภาพที่ 1 คือปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดมะหวดในแต่ละหลอดที่มีความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อสารละลายดีพีพีเชิงต่างกัน โดยหลอดทดลองที่มีสารละลายมะหวดเข้มข้นกว่าจะเปลี่ยนสารละลายในหลอดทดลองจากสีม่วงเป็นสีเหลืองได้มากกว่า จากนั้นสำรวจความเข้าใจของนักศึกษาผ่านแบบทดสอบแบบอัตนัย 10 ข้อ พบว่า ในแต่ละข้อให้ความถี่และร้อยละแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** จำนวนความถี่และร้อยละ ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ได้รับการวัดความเข้าใจเรื่อง การต้านอนุมูลอิสระตีพีพีเบื้องต้นสารสกัดมะหลวง ( $N = 43$ )

หัวข้อ คำถาม	จำนวนความถี่และร้อยละของนักศึกษา									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
ความหมาย ของปฏิกริยา เคมี	22	51.16	11	25.58	8	18.60	2	4.65	0	0
ความสัมพันธ์ ของการเกิด ปฏิกริยา กับ เวลา	22	51.16	21	48.84	0	0	0	0	0	0
การคำนวณ ร้อยละ การต้าน อนุมูลอิสระ	32	74.42	11	25.58	0	0	0	0	0	0
แนวคิด เกี่ยวกับ ปฏิกริยาเคมี	22	51.16	16	37.21	4	9.30	1	2.33	0	0
ความสัมพันธ์ ของพลังงาน และปฏิกริยา	26	60.47	17	39.53	0	0	0	0	0	0
แนวทางใน การคำนวณ พลังงานใน ปฏิกริยา	4	9.30	16	37.21	0	0	1	2.33	22	51.16
ความสัมพันธ์ ของความ เข้มข้นของ สารตั้งต้นต่อ การเกิด ปฏิกริยา	18	41.86	13	30.23	6	13.95	0	0	6	13.95
ความสัมพันธ์ ของสถานะ ของสารต่อ การเกิด ปฏิกริยา	6	13.95	14	32.56	5	11.63	18	41.86	0	0

หัวข้อ คำถ้า ม	จำนวนความถี่และร้อยละของนักศึกษา									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
ความสัมพันธ์ ของอุณหภูมิ ต่อการเกิด ปฏิกิริยา	25	58.14	7	16.28	1	2.33	10	23.26	0	0
ตัวเร่ง ปฏิกิริยาและ ตัวบัญชี ปฏิกิริยา	10	23.26	11	25.58	4	9.30	14	32.56	4	9.30
รวม	187	43.49	137	31.86	28	6.51	46	10.70	32	7.44

หมายเหตุ f = จำนวนความถี่; SU = Sound understanding; PU = Partial understanding; PU/SM = Partial understanding with a specific misconception; SM = Specific misconception; NU = No understanding

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความเข้าใจเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักศึกษา ที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้จำนวน 43 คน พบว่า ความเข้าใจทั้ง 10 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ย โดยรวม นักศึกษามีความเข้าใจที่ถูกต้อง (SU) ร้อยละ 43.49 มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 31.86 มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) ร้อยละ 6.51 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) ร้อยละ 10.70 ไม่มีการแสดงแนวคิด (NU) ร้อยละ 7.44 โดยเนื้อหาที่แสดงความเข้าใจถูกต้องมากที่สุดคือ การคำนวณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ เนื้อหาที่แสดงความถูกต้องน้อยที่สุดคือ แนวทางในการคำนวณพลังงานในปฏิกิริยา ส่วน เนื้อหาที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ของสถานะของสาร และการเกิดปฏิกิริยา จากผลการวิจัยข้างต้นมีรายละเอียดแนวคิด ต่อไปนี้



**ภาพที่ 1** ผลการต้านอนุมูลอิสระดีพีพีเอชของสารสกัดมะหวด

แนวคิดเกี่ยวกับความหมายของปฏิกริยาเคมี นักศึกษาที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) จะกล่าวว่าเป็นกระบวนการเคมีที่มีการทำปฏิกริยาของสารตั้งต้น เกิดการเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีจะได้สารผลิตภัณฑ์ ส่วนแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) กล่าวถึงสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (PU/SM) จะกล่าวเกี่ยวกับปริมาณสารตั้งต้นที่น้อยลง และปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นเท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงปฏิกริยาเคมีบางชนิดเกิดการผันกลับได้ ส่วนแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) เป็นการกล่าวว่าปฏิกริยาเคมีคือการแทนสารสองชนิดผสมกัน ซึ่งการรวมกันของสารสองชนิดไม่จำเป็นต้องเกิดปฏิกริยาเคมีได้ทั้งหมด จึงเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเกิดปฏิกริยาเคมีกับเวลา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) กล่าวถึงเมื่อมีเวลาเพิ่มมากขึ้น ปฏิกริยาเคมีเกิดได้มากขึ้น และ เมื่อเวลาลังจุดหนึ่งที่มีการอิ่มตัวคือสารตั้งต้นหมด ปฏิกริยาเคมีจะหยุด ส่วนแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) กล่าวถึงเมื่อมีเวลาเพิ่มมากขึ้น ปฏิกริยาเคมีเกิดได้มากขึ้น แต่จะไม่กล่าวเกี่ยวกับจุดสิ้นสุดของปฏิกริยาเคมี

แนวคิดเกี่ยวกับการคำนวนหาร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระ ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาทำปฏิกริยาระหว่างสารละลายดีพีพีเอชกับสารละลายของสารสกัดมะหวดที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ และนำไปรัดค่าการดูดกลืนแสง โดยพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จะแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารสกัดกล่าวคือ หากใช้สารสกัดมาก สารที่ได้จากปฏิกริยาจะมีสีม่วงที่จางมากตามไปด้วย และให้นักศึกษาคำนวนร้อยละการต้านอนุมูลอิสระจากสมการ ร้อยละการต้านอนุมูล =  $[(A-B)/A] \times 100$  เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของละลายดีพีพีเอช และสารสกัดมะหวดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการหาร้อยละทั่วไปนักศึกษาจึง

สามารถทำได้อย่างถูกต้อง (SU) ส่วนแนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) คือนักศึกษาบางคน นำเสนอค่าการต้านอนุมูลอิสระโดยลีมคูณ 100 ทำให้ค่าที่ได้ต่ำกว่า 1 คำนวณเพียงส่วนต้น ของสมการ คือ  $(A-B)/A$  เท่านั้น

แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) สามารถบอกได้ว่า สารตั้งต้นในปฏิกิริยานี้คือ สารดีพีพีเอช (DPPH) ที่ไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยา กับสารที่อยู่ในสารสกัดมะหาด ได้สารผลิตภัณฑ์คือ สารดีพีพีเอชเอช (DPPH-H) ที่อิ่มตัว แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จะกล่าวถึงสารดีพีพีเอชเป็นสารตั้งต้นเท่านั้น แนวความคิดที่ถูกต้องบางส่วน (PU/SM) คือ บอกสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ถูกต้องแต่เพิ่มเติมสารตั้งต้นคือ เมทานอล แนวความคิดนี้คลาดเคลื่อน เพราะเมทานอลเป็นสารตัวกลางในปฏิกิริยาเท่านั้น มิใช่สารตั้งต้น แนวความคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) คือ สารผลิตภัณฑ์คือสารสกัดจากมะหาด

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับเวลา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) ของปฏิกิริยain การทดลองครั้งนี้คือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปฏิกิริยาเกิดได้มากขึ้น และมีจุดสินสุดที่เวลาใดเวลาหนึ่งที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาจนหมด ส่วนแนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ (SU) จะไม่กล่าวถึงจุดสินสุดของปฏิกิริยา

แนวคิดเกี่ยวกับแนวทางในการคำนวณพลังงานในปฏิกิริยา โดยใช้สูตร  $\Delta H^\circ = E_1 + E_2$  โดย  $\Delta H^\circ$  คือพลังงานรวมจากปฏิกิริยาทั้งหมด  $E_1$  คือพลังงานในการสลายพันธะของสารตั้งต้นในปฏิกิริยา ค่าพลังงานเป็นค่าบวก  $E_2$  คือพลังงานในการสร้างพันธะของสารผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยา ค่าพลังงานเป็นค่าลบ โดยทั้งค่า  $E_1$  และ  $E_2$  มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อโมล ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นให้นักศึกษาทราบแนวทางในการคำนวณพลังงานในปฏิกิริยาเบื้องต้น เริ่มจากการดูลสมการเคมีของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก่อน ค่อยทำการหาผลรวมของพลังงานพันธะของสารที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา แต่เนื่องจาก  $E_1$  ต้องใช้พลังงานพันธะจากสารดีพีพีเอช และสารสกัดที่มาจากการรวมชาติที่ไม่ทราบสารสำคัญที่แน่นอน จึงไม่สามารถคิดพลังงานพันธะรวมต่อได้ นักศึกษาที่ตอบตามแนวทางข้างต้นจึงเป็นคำตอบที่ถูกต้อง (SU) ส่วนนักศึกษาที่มีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ (PU) คือไม่ได้กล่าวถึงการดูลสมการเคมีก่อนที่จะทำการหาพลังงานรวมพันธะของสารที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา ส่วนแนวคิดที่เข้าใจผิด (SM) จะใช้สมการหาค่าพลังงานโดยใช้สูตร  $C_1V_1=C_2V_2$  ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่ถูกต้องในการหาพลังงานในปฏิกิริยา และนักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ตอบคำถาม (NU)

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารตั้งต้นต่อการเกิดปฏิกิริยา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) คือการที่ในปฏิกิริยามีสารตั้งต้นคือสารสกัดมะหาดที่มีปริมาณความเข้มข้นมากขึ้น จะทำปฏิกิริยาเกิดได้มากขึ้นแต่จะมีจุดยุติปฏิกิริยา เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่ไม่ผันกลับ แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จะไม่กล่าวถึงจุดยุติของปฏิกิริยา แนวความคิดที่ถูกต้องบางส่วน (PU/SM) จะกล่าวว่า ปริมาณความเข้มข้นสารตั้งต้นมากขึ้น

จะทำปฏิกริยาเกิดได้มากขึ้นแต่จะไม่มีจุดยุติปฏิกริยา และมีนักศึกษาบางส่วนไม่ตอบข้อคำถามนี้ (NU)

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสถานะของสารต่อการเกิดปฏิกริยา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) สถานะของสารในปฏิกริยานี้เป็นสารละลายของเหลวสองชนิด ทำปฏิกริยากัน คือ สารละลายสารสกัดมะหวดในเมทานอล และสารละลายดีพีพีเอชในเมทานอล แนวคิดคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จะกล่าวว่าสถานะเป็นของเหลวแต่กล่าวเพียงอย่างได้อย่างหนึ่งเท่านั้น แนวความคิดที่ถูกต้องบางส่วน (PU/SM) กล่าวว่า สารละลายดีพีพีเอช เป็นของเหลวแต่สารสกัดมะหวดเป็นของกึ่งแข็ง (Semi-solid) ส่วนแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง(SM) คือ สถานะของสารที่ทำปฏิกริยาต้องเป็นของเหลวและของเหลวเท่านั้นจึงจะเกิดสารผลิตภัณฑ์ของปฏิกริยาได้

แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่อการเกิดปฏิกริยา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) กล่าวว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น ปฏิกริยาจะเกิดได้ดีขึ้น แต่มีข้อจำกัดคือหากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้สารละลายคือเมทานอล ระเหยและมีผลต่อปฏิกริยา แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จะกล่าวเพียง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น ปฏิกริยาจะเกิดได้ดีขึ้น แนวความคิดที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้น ปฏิกริยาจะเกิดได้ดีขึ้น และเพิ่มได้อย่างไม่มีจุดสิ้นสุด ส่วนแนวความคิดที่ไม่ถูกต้อง (SM) คือ อุณหภูมิไม่มีผลต่อปฏิกริยา ทำปฏิกริยาที่อุณหภูมิต่างกันการเกิดปฏิกริยาเท่ากัน

แนวคิดเกี่ยวกับตัวเร่งปฏิกริยาและตัวยับยั้งปฏิกริยา แนวความคิดที่ถูกต้อง (SU) กล่าวถึงตัวเร่งปฏิกริยาในการทดลองตัวอย่างในครั้งนี้คือ ความเข้มข้นของสารสกัด ส่วนตัวยับยั้งของปฏิกริยาคือแสงสว่าง แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์ (PU) จะกล่าวถึงตัวเร่งปฏิกริยา หรือตัวยับยั้งปฏิกริยาเพียงอย่างเดียวที่หนึ่งเท่านั้น แนวคิดที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) กล่าวว่า ตัวเร่งปฏิกริยาคือ ความเข้มข้นของสารสกัด ตัวยับยั้งปฏิกริยาคือ เมทานอล แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน(SM) คือไม่มีตัวเร่งและตัวยับยั้งปฏิกริยา และนักศึกษาบางส่วนไม่ตอบคำถาม (NU) ในแนวคิดของข้อคำถามเรื่องนี้

## วิจารณ์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ สุวนิตร์และคณะ [14] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมีของนักเรียน ขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย รวมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่พบว่าแนวคิดที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกริยา ที่ตอบไม่ตรงคำถามหรือไม่มีคำตอบ (NU) เป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้คือ หัวข้อที่นักศึกษาที่ตอบไม่ตรงคำถามหรือไม่มีคำตอบ (NU) มากที่สุดคือ

แนวทางในการคำนวนพลังงานในปฏิกริยา แสดงให้เห็นถึงเนื้อหาที่มีการคำนวนซับซ้อน นักศึกษาจะมีความเข้าใจเนื้อหาค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นการสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับวิธีในการคำนวนพาลังงานของปฏิกริยาที่เกิดขึ้น ถือว่าเป็นการคำนวนที่ยุ่งยากซับซ้อน นักศึกษามีความคิดที่หลากหลายในหัววิธีคำนวน มองภาพไม่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถสื่อสารออกมานะ เป็นคำตอบที่ถูกต้องได้ อีกทั้งการยกตัวอย่างปฏิกริยาที่เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ ไม่สามารถบุ่าว่าเป็นสารสำคัญที่แม่นยำ จึงระบุเลขมวลของสารไม่ได้ เป็นการเพิ่มความสับสนในการหัววิธีคำนวนพลังงานในปฏิกริยา

ส่วนเนื้อหาที่แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ ความสัมพันธ์ของสถานะของสารและการเกิดปฏิกริยา เนื่องจากปฏิกริยาที่นำมาแสดงตัวอย่างในบทเรียนเป็นการทำปฏิกริยาของสารที่อยู่ในรูปของสารละลาย จึงเป็นการตีกรอบแนวคิดของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างวิจัยว่าสถานะของสารที่จะทำปฏิกริยาได้ดีนั้นต้องอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว ทั้งที่ความเป็นจริงแล้วปฏิกริยาเคมีทั่วไปสามารถเกิดขึ้นได้กับทุกสถานะของสารทั้งที่ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ทำให้แนวคิดของ ความสัมพันธ์ของสถานะของสาร และการเกิดปฏิกริยาไม่มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของสุภาพ และคณะ [15] ที่ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจเรื่องพลังงานในปฏิกริยาเคมีน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ที่แนวคิดในหัวข้อแนวทางการคำนวนพาลังงานในปฏิกริยา มีผู้ไม่ตอบมากที่สุด แสดงถึงความเข้าใจในหัวข้อที่มีเนื้อหาในการคำนวน ผู้เรียนมีความเข้าใจได้น้อย

นอกจากนี้ การศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในหัวข้อเกี่ยวกับปฏิกริยาเคมี ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากมีเนื้อหาที่ตรงกับที่เรียนในหลักสูตรและในระดับอุดมศึกษาจะเป็นชั้นปีที่หนึ่ง เนื่องจากยังเรียนเนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐาน ตัวอย่างการศึกษา เช่น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 [16,17] ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [18,19] นักศึกษาชั้นปีที่ 1 [20] เป็นต้น ซึ่งในทุกการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นแสดงผลการศึกษาที่มีแนวโน้มว่าหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้จึงสรุปให้เห็นว่า แนวคิดพื้นฐานเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปต่อยอดความรู้ที่ลึกซึ้งต่อไปในอนาคตได้ ดังนั้นการที่ผู้สอนมีความเข้าใจในผู้เรียนว่าเนื้อหาส่วนใดที่ผู้เรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่ จะทำให้ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ผู้เรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเพื่อเติมเต็มเนื้อหาให้การจัดการเรียนรู้ประสบผลสำเร็จได้มากขึ้น

## สรุป

การศึกษาความเข้าใจเรื่องปฏิกริยาเคมีโดยใช้ปฏิกริยาการต้านอนุมูลอิสระดีพีพี เอชของสารสกัดมะหาด ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ นักศึกษาเข้าใจเรื่องการคำนวณร้อยละการต้านอนุมูลอิสระมาก แต่เข้าใจเรื่องแนวทางการคำนวณพลังงานในการเกิดปฏิกริยา น้อยที่สุด เนื่องจากขาดทักษะด้านการคำนวณในเชิงลึก ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจของนักศึกษา เพื่อการออกแบบ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้ทุนวิจัย การเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม ปีงบประมาณ 2562

## เอกสารอ้างอิง

1. กรมวิชาการ. หนังสือสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ครุสภากาดพระวัว; 2545.
2. ณพธอร บัวฉุน, นฤมล ยุตากม, พจนารถ สุวรรณรุจิ. สภาพการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต หมวดวิชาศึกษาทั่วไป. วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2559;11:97-109.
3. รพีพรรณ เอกสุภาพันธุ. การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน: ทฤษฎีการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: กองทุนสงเคราะห์การศึกษาเอกชน; 2541.
4. สำนักพัฒนาการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม เขตการศึกษา 6. การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาเขตการศึกษา 6. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมเขตการศึกษา 6; 2541.
5. กองนโยบายและแผน สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน. การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนเอกชน ประเภทสามัญศึกษา. กรุงเทพฯ: กองนโยบายและแผน สำนักงานคณะกรรมการศึกษาเอกชน; 2545.

6. จันทร์ชลี มาพุทธ. การประเมินประสิทธิภาพการเรียนการสอนของอาจารย์ระดับบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ตามกรอบการประกันคุณภาพของทบทวนมหาวิทยาลัย. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา; 2545.
7. Abraham M, Williamson V, Westbrook S. A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *J Res Sci Teach* 1994;31:147-65.
8. วีไควรรณ ภัยรี, พงศ์ประพันธ์ พงษ์สกุล, สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช. ความเข้าใจเรื่องการถ่ายทอดทางพัฒนกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6; 8-9 ธันวาคม 2552; นครปฐม.
9. Haida AH. Prospective chemistry teachers' conceptions of conservation of matter and related conceptions. *J Res Sci Teach* 1997;34:181-97.
10. Taepongsorat L, Rattana S. Antioxidant activities of ethanolic and aqueous extracts of *Asparagus racemosus* root. *Phcog J* 2018;10:1129-32.
11. van Welzen PC. Sapindaceae. In: Santisuk T, Larsen K. Flora of Thailand. Bangkok: The Forest Herbarium; 1999.
12. Kemmis S, McTaggart R. The action research planner. 3<sup>rd</sup> ed. Waurn Ponds: Deakin University Press; 1988.
13. วีระยุทธ์ ชาตากัญจน์. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี 2558;2:29-49.
14. สุวนิทย์ บุญเพ็ง, เอกรัตน์ ทนาค, อภิสิทธิ์ คงชนะ. การพัฒนาแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53; 3-6 กุมภาพันธ์ 2558; กรุงเทพฯ.
15. ชิดารัตน์ คำแพง, กัญญาเรือง โคงร, สุจินต์ อังกราวิรุทธ. การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb โดยยึดรูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI. *Veridian E-Journal Silpakorn University* 2560;10:567-84.
16. สุภาพ ตาเมือง, งานตตระรัตน์ วุฒิเสลา, ศักดิ์ศรี สุภาษร. การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ. ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2560;1:1-15.
17. พิกุล คำภีระปวงศ์, เฉลิมพร ทองพูน. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS) เรื่องปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมความสามารถใน

- การคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว 2559;32:239-56.
18. ลำพูน สิงห์ชา, ไพบูล สุวรรณน้อย. การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2555;35:93-102.
19. อโณทัย ดาทอง, บุรินทร์ จาธุรัส, สุภาพ ตามือง, มะลิวรรณ อมตรังไชย, เสนอ ชัยรัมย์. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แผนผังตัว喻ในอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ 2558;6:14-31.
20. พิมประภา อินต์หล่อ, พิทักษ์ อุย่มี. การพัฒนาชุดกิจกรรมระดับความคิดทางเคมี เรื่องปฏิกิริยาเคมี. วารสารวิชาการ สถาบันการพลศึกษา 2561;10:39-51.