การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

MODEL-BASED LEARNING INTEGRATED WITH OPEN APPROACH ACTIVITIES FOR ENHANCE BIOMOLECULE CONCEPT OF MATHAYOMSUKSA 6 STUDENTS

วรวัฒน์ ศีลบุตร[1] และ ผศ.ดร.บุญนาค สุขุมเมฆ[2]

[1]นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[*]E-mail : **jomchembuu.86@gmail.com**

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ในการพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 จำนวน 36 คน ของโรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี เครื่องมือในการประเมินผลได้แก่ แบบวัดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล แบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบบันทึกหลังสอนของผู้สอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความ และสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี มีแนวคิดถูกต้องพัฒนาขึ้นสูงที่สุด และแนวคิดไม่ถูกต้องปรับลดลงในทุกประเด็นศึกษา ประเด็นหมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ มีแนวคิดไม่ถูกต้องปรับลดลงมากที่สุด การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิดที่มีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นคำตอบอย่างยืดหยุ่น ตามข้อสรุปที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นยังเน้นกิจกรรมกลุ่มให้นักเรียนได้สร้างและอภิปรายเพื่อตรวจสอบแบบจำลองจากความคิด ร่วมกับสื่อลักษณะ hands-on ที่หลากหลาย ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรม และสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองทางความคิด ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ให้ถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

คำสำคัญ : การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, วิธีการแบบเปิด, แนวคิดสารชีวโมเลกุล

Abstract

This classroom action research was aimed to study teaching guideline of model based learning integrated with open approach in developing biomolecule concept of 36 mathayomsuksa 6 students of an extra-large high school in Pathum Thani province.

Evaluation tools were biomolecule concept test (BC), student's journals and teacher's reflection. The data were analyzed and interpreted via inductive process. The finding revealed that the model-based learning integrated with open approach activities could enhance students' correct biomolecule concepts in all issues. Functional group with chemical properties' correct concept was developed the most, whereas the most decreasing in the incorrect concepts was the functional groups with physical properties. The characteristic of the learning process through model-based learning integrated with open approach activities in biomolecule topic was open-ended problems which had more than one correct answer. It gave the students' opportunities to explore the correct scientific principals elastically. Besides, it was emphasized on the focus group activities that promoted students for construction and discussion to verify their models. Incorporating with various hands-on activities, could develop students' abstract concepts and link their thinking model: macroscopic, submicroscopic and symbolic levels. Consequently, it could develop more correct science concepts in biomolecule topic.

Keywords: Model-Based Learning, Open Approach, Biomolecule concept

บทนำ

ชีวเคมีเป็นวิทยาศาสตร์เคมี ที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยาของโมเลกุลสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับสมบัติและปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิต ได้แก่ กรดนิวคลีอิก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และไขมัน องค์ความรู้นี้เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ และเกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรม การสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้เกิดการประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน การเรียนเคมีหรือธรรมชาติของเคมีมีความเกี่ยวข้องกับการอธิบายสมบัติ การเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ และปฏิกิริยาเคมีโดยปกติแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 1. การแสดงผลในระดับมหภาค ซึ่งเป็นการอธิบายสมบัติของสารหรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น การเกิดสนิม การเปลี่ยนสี และการละลาย 2. การแสดงผลในระดับจุลภาคหรือระดับโมเลกุล เป็นการอธิบายในระดับที่บ่งบอกว่าสารที่สังเกตนั้นประกอบด้วยอะตอม โมเลกุล หรือไอออนอะไรบ้าง 3. การแสดงผลในระดับสัญลักษณ์ ซึ่งเป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางเคมีด้วยการใช้สัญลักษณ์เคมี เช่น สูตรเคมี สมการเคมีและแบบจำลอง (Johnstone, 1993 อ้างถึงใน ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2555) บทเรียนเรื่อง สารชีวโมเลกุล นักเรียนมักบอกว่าเข้าใจยาก เนื้อหาเยอะ ทำให้ไม่สนใจ ขาดความกระตือรือร้น มองข้ามความสำคัญของการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ส่งผลต่อความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่เรียน (นิศารัตน์ ทองแดง, 2555 ; กุลวรรณ ผาพิมูล, 2555) ตัวอย่างเช่น นักเรียนอธิบายความคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังเช่น การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพกับโครงสร้างระดับโมเลกุล การยกตัวอย่างแหล่งที่พบกับประเภทของสาร การสลายตัวให้พลังงาน การใช้

ความคล้ายของชื่อเฉพาะ และความคล้ายของปฏิกิริยาเคมีสรุปผลแบบนิรนัยถึงสมบัติของสารชีวโมเลกุล (Karen E. Bledsoe, 2013) ทั้งนี้ การจดจำเนื้อหา หรือจำทั้งเนื้อหาและเหตุผลมาตอบคำถามโดยขาดการเชื่อมโยงอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการอธิบาย จึงควรต้องปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ ให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Chamrat, 2009) จากการค้นคว้าวรรณกรรมพบว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจากการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ทางกายภาพ ประกอบด้วยรูปธรรมและลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของปรากฏการณ์นั้น นำไปสู่การแสดงออกถึงความเข้าใจปรากฏการณ์ช่วยให้นักเรียนมีกลไกในการสร้างความเข้าใจที่ดีขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2557; Loucas และ Zacharia, 2012) และการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด เป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีคำตอบถูกต้องหลายคำตอบ มีความยืดหยุ่นของกระบวนการแก้ปัญหา หรือเป็นสถานการณ์ปัญหาที่พัฒนาเป็นปัญหาอื่นได้ วิธีการแบบเปิดมีแนวคิดสำคัญในการสอนอยู่ 3 ประการ คือการเปิดใจของนักเรียน ชนิดของปัญหาปลายเปิด และแนวทางในการพัฒนาปัญหาแบบเปิด (Nohda, 2000 อ้างถึงใน ไมตรีอินทร์ประสิทธิ์, 2547) จากที่มาและความสำคัญของปัญหา ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาและออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยเน้นศึกษาเทคนิควิธีการและกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดที่ถูกต้อง เรื่อง สารชีวโมเลกุล

คำถามการวิจัย

1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดที่สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นอย่างไร
2. แนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนเป็นอย่างไร หลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดที่สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนเพศชาย 16 คน เพศหญิง 20 คน รวมทั้งสิ้น 36 คน ที่เรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551ประเด็นที่ศึกษาคือ การจัดเรียงตัวของโครงสร้างกับสมบัติทางกายภาพ การจัดเรียงตัวของ

โครงสร้างกับสมบัติทางเคมี หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี และหมู่ฟังก์ชันกับการจัดเรียงตัวของโครงสร้าง รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด 2. ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ประกอบด้วย 2.1 การสร้างแบบจำลอง 2.2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง 3. ขั้นการอภิปรายทั้งชั้นเรียน สู่การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง 4. ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน 5. ขั้นการขยายแบบจำลอง กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ประกอบด้วยหัวข้อ โปรตีน 3 แผนการเรียนรู้ 5 คาบ คาร์โบไฮเดรต 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 3 คาบ ลิพิด 2 แผนการจัดการเรียนรู้ 5 คาบ และกรดนิวคลีอิก 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 2 คาบ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมทั้งสิ้น 15 คาบ (คาบละ 50 นาที) รวมทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบวัดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิด ให้นักเรียนวาดภาพและเขียนบรรยายเหตุผลประกอบจำนวน 12 ข้อ แบบวัดแนวคิดและเกณฑ์การจำแนกแนวคิด ผ่านการตรวจสอบเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย สาขาชีวเคมี สาขาเคมี สาขาวิจัยทางการศึกษา และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา (มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5) หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของการจำแนก และหาข้อตกลงร่วมกันกับอาจารย์ที่ปรึกษา ปรับปรุงเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง

2. แบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนได้เขียน สิ่งที่ได้เรียนรู้และแสดงความรู้สึกและความคิดเห็นต่างๆ ที่มีต่อเนื้อหาที่เรียนและ กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละเรื่อง

3. แบบบันทึกหลังสอน ผู้วิจัยบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนอย่างละเอียด โดยมีกรอบการบันทึกดังนี้ ความต่อเนื่องของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการมีส่วนร่วมระหว่างการเรียนรู้ของนักเรียน พร้อม หลักฐานที่ ปัญหาของการจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง สาเหตุของปัญหาและแนวทางการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือ รับฟังคำแนะนำแก้ไขปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ ภาควิชาอาชีวศึกษาและพัฒนาสังคม และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา นำไปทดลองใช้กับนักเรียนซึ่งมีบริบทคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความเข้าใจทางด้านภาษาที่ใช้ การสื่อความหมายของ คำชี้แจงต่างๆ ตลอดจนตรวจสอบเวลาที่เหมาะสม จากนั้นผู้วิจัยหาข้อตกลงร่วมกันกับอาจารย์ที่ปรึกษา ปรับปรุงเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ซึ่งผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการวิจัย การวิจัยเน้นการศึกษาเชิงลึกด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน ชิ้นงาน แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงแบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละครั้ง การบันทึกวิดีโอในกิจกรรม เป็นต้น

2. ขั้นตอนดำเนินการเป็นวงจรต่อเนื่องกัน (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) ประกอบด้วย 4 ขั้น คือ 1) ขั้นวางแผน (plan) 2) ขั้นปฏิบัติ (act) 3) ขั้นสังเกต (observe) 4) ขั้นสะท้อนผล (reflect)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1 ให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 90 นาที

3.2 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดจำนวน 7 แผน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (plan) ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (act) โดยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในกิจกรรมเมื่อสิ้นสุดการสอนในแต่ละแผน บันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากการจัดการเรียนรู้ (observe) และประเมิน ชิ้นงานในแต่ละกิจกรรม เอกสารสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละเรื่องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไข และปรับปรุงกิจกรรมการสอนต่อไป (reflect) เป็นวงจรต่อเนื่องจนครบทุกหัวข้อ

3.3 ภายหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยทำการวัดแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนอีกครั้ง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากแบบบันทึกหลังสอน และแบบสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดมาตีความเพื่อหาลักษณะร่วมของข้อมูลรูปธรรม และสร้างข้อสรุปที่เป็นนามธรรมแล้วสังเคราะห์เป็นประเด็นเพื่อสรุปเป็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

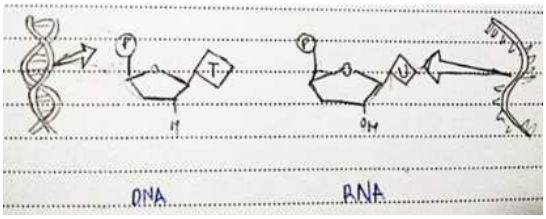
4.2 วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล อย่างละเอียดเป็นรายข้อเพื่อตีความและจัดจำแนกคำตอบของนักเรียน ออกเป็น 5 กลุ่ม (Haidar, 1997 อ้างถึงใน อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ, 2551) (1) คือ แนวคิดถูกต้อง (2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (3) แนวคิดคลาดเคลื่อน (4) แนวคิดไม่ถูกต้อง (5) ไม่มีแนวคิด เพื่ออ้างอิงคำตอบในการรายงานผลวิจัย เกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียน เมื่อผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดแล้ว นอกจากนี้ผู้วิจัยให้รหัสแทนชื่อของนักเรียนเพื่อรักษาสิทธิ์ของกลุ่มที่ศึกษา เช่น S09 หมายถึง นักเรียนหมายเลขที่ 9 ในชั้นเรียน

ผลการวิจัย

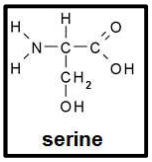
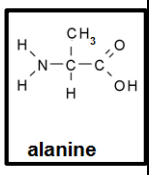
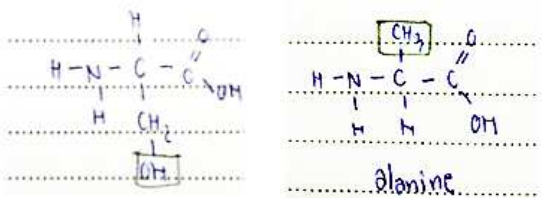
เมื่อนำผลที่ได้จากแบบวัดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล หลังนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดแล้ว มาวิเคราะห์เนื้อหาโดยจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง และแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ก่อนเรียนมีแนวคิดถูกต้องร้อยละ 12.22 และแนวคิดถูกต้องบางส่วนร้อยละ 21.30 หลังจากเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดแล้ว มีแนวคิดถูกต้อง และแนวคิดถูกต้องบางส่วน เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.09 และ 29.54 ตามลำดับ และพบว่า แนวคิดคลาดเคลื่อน แนวคิดไม่ถูกต้อง และไม่มีแนวคิด ลดลง กล่าวคือ ก่อนเรียนนักเรียนมีแนวคิด

คลาดเคลื่อนร้อยละ 6.58 ความคิดไม่ถูกต้องร้อยละ 29.54 และไม่มีแนวคิดร้อยละ 30.09 หลังจากเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดแล้ว นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน แนวคิดไม่ถูกต้อง และไม่มีแนวคิด ลดลง เป็นร้อยละ 3.61, 11.30, และ 12.41 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแนวคิดถูกต้องของนักเรียนทุกประเด็นศึกษา คือ การจัดเรียงตัวของโครงสร้างกับสมบัติทางกายภาพ การจัดเรียงตัวของโครงสร้างกับสมบัติทางเคมี หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี และหมู่ฟังก์ชันกับการจัดเรียงตัวของโครงสร้าง ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดแล้ว สูงขึ้นทุกประเด็น โดยประเด็นที่ได้รับการพัฒนาสูงขึ้นมากที่สุดคือ หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแนวคิดไม่ถูกต้องของนักเรียนในทุกประเด็น พบว่าลดลงในทุกประเด็นเช่นกัน และประเด็นที่มีการลดลงมากที่สุดคือ หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงและมีความเข้าใจในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ได้ดียิ่งขึ้น เนื่องด้วยนักเรียนต้องเข้าใจตำแหน่งของหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งเป็นระดับสัญลักษณ์ ที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเป็นระดับมหภาพ และส่งผลต่อสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไปในระดับโมเลกุลในระดับจุลภาค ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการพัฒนาแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนเมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด

ประเด็นศึกษา	**แนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน**	
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**
หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี “นิวคลีโอไทด์มีกี่ประเภท อะไรบ้าง อะไรที่ทำให้นิวคลีโอไทด์แตกต่างกัน พร้อมทั้งวาดภาพจำลองแสดงโครงสร้างประกอบการอธิบาย”	รูปภาพจำลอง – อธิบาย – 	รูปภาพจำลอง 

ตารางที่ 1 (ต่อ)

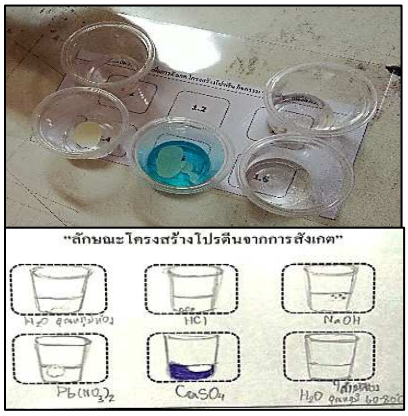
หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางเคมี	**แนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน**	
	ก่อนเรียน	**หลังเรียน**
	คำตอบของ S14	อธิบาย "มี 2 ประเภท นั่นก็คือนิวคลีโอไทด์ของ DNA และ RNA โดยที่ DNA จะเป็นเกลียวสายคู่ ส่วน RNA จะเป็นเกลียวสายเดี่ยว และDNA ที่น้ำตาล C 5 อะตอมตัวที่ 2 จะมี -H แต่ถ้าเป็น RNA จะเป็น -OH แทน" **คำตอบของ S14**
หมู่ฟังก์ชันกับสมบัติทางกายภาพ "จากโครงสร้างที่กำหนดให้กรดอะมิโนชนิดใดละลายในน้ำได้ดีกว่ากัน จงอธิบายเหตุผลประกอบโดยละเอียด"  serine  alanine	กรดอะมิโนที่ละลายน้ำได้ดีกว่า คือ Serine เหตุผลประกอบ จำนวนตัวทำละลายใน serine เยอะกว่า alanine **คำตอบของ S24**	กรดอะมิโนที่ละลายน้ำได้ดีกว่า Serine  เหตุผลประกอบ "serine มีส่วนของ OH อยู่ในโครงสร้าง ซึ่ง OH มีขั้วทำให้จับกับน้ำได้ดี" "alanine มีส่วน CH_3 อยู่ในโครงสร้างซึ่ง CH_3 ไม่มีขั้วจะจับกับพวกไขมันได้ดีกว่าน้ำ" **คำตอบของ S24**

*ข้อความที่ขีดเส้นใต้แสดงแนวคิดไม่ถูกต้องของนักเรียน

จากผลการวิจัยสามารถสรุปประเด็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบกิจกรรมการทดลองแบบเปิด

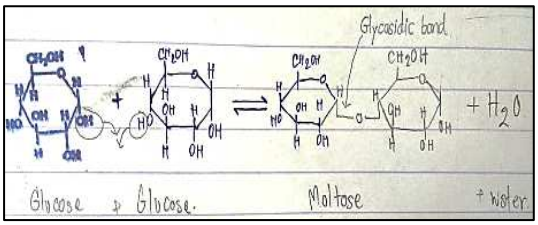
จากแผนที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของโปรตีน ขั้นการนำเสนอการทดลองแบบเปิดผ่านกิจกรรม ศึกษาการแปลงสภาพของโปรตีน (ไข่ขาว) เมื่อผสมปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ น้ำร้อน สารละลายกรด-เบส สารละลายไอออนของโลหะหนัก สมาชิกแต่ละกลุ่มต้องนำสารละลายคนละหนึ่งชนิดไม่ซ้ำกัน และตัวแทนของกลุ่ม 1 คน นำหลอดฉีดยามาดูดไข่ขาวไปใส่ในแก้วสารละลาย ดังภาพที่ 1 ทุกคนสังเกตผลโดยการวาดภาพและบันทึกการเปลี่ยนแปลง เพื่อสร้างแบบจำลองของตนเองให้เป็นพื้นฐานของกิจกรรมถัดไป นั่นก็คือการทดสอบโปรตีนโดยใช้สารละลายไบยูเร็ต (Cu^{2+} และ OH^-) การทดสอบนี้ถูกออกแบบให้ตอนอภิปรายผล เชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว เกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้โปรตีนแปลงสภาพ เนื่องจากสารละลายเบสเข้าไปแปลงสภาพโปรตีนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงการทดสอบโปรตีน โดยมีเงื่อนไขของการทดสอบทุกวิธีต้องหยดสารครบ 3 ชนิด คือ นมจืด สารละลาย Cu^{2+} และสารละลาย OH^- สิ่งสำคัญคือลำดับขั้นของการทำกิจกรรมซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ การออกแบบวิธีการทดสอบสาร และการทดลองตามวิธีที่ออกแบบพร้อมบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง โดยต้องออกแบบวิธีทดสอบให้มากที่สุด นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการร่วมกันออกแบบวิธีการทดลองอย่างหลากหลาย พูดคุยปรึกษาว่าสารแต่ละชนิดควรจะให้ผลเช่นไร เพื่อที่จะตอบเงื่อนไข ซึ่งก็สอดคล้องกับการสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน กล่าวคือ "กิจกรรมฝึกให้รู้ขั้นตอนต่างๆ ในการทดลอง รู้จักวางแผน แบ่งงานกับเพื่อนในกลุ่ม ช่วยกันวิเคราะห์ แบบสะท้อนการเรียนรู้ครั้งที่ 1 S08" "วันนี้เป็นคนหยดสารตามลำดับที่เพื่อนๆ กำหนดไว้ โดยใช้หูในการรับฟังว่าให้หยดสารใดก่อน แบบสะท้อนการเรียนรู้ครั้งที่ 1 S11" เมื่อถึงขั้นอภิปรายเชื่อมโยงความรู้จึงอภิปรายเชื่อมโยงถึงสารละลายเบส OH^- ทำให้โปรตีนในนมแปลงสภาพ จึงมีโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการเกิดสารเชิงซ้อนสีม่วงนั่นเอง การออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้สังเกตเรียนรู้การเปลี่ยนจากสภาพจริง ผ่านกิจกรรมการทดลองแบบเปิดทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดการแปลงสภาพของโปรตีน สามารถอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ จากการตอบคำถามของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเบื้องต้นเพื่อรักษาชีวิตสัตว์เลี้ยงที่กินยาพิษที่เจือปนกับอาหาร คือ"ไข่ดิบที่เป็นโปรตีนเมื่อเข้าไปในร่างกายสัตว์ ไม่สามารถย่อยได้ จึงเข้าไปนำโลหะหนักที่อยู่ในยาพิษพร้อมกับการอวกออกมา แบบประเมินโปรตีนครั้งที่ 1 S23" เป็นต้น



ภาพที่ 1 การบันทึกการทดลอง S22

2. การใช้กิจกรรมปัญหาปลายเปิดส่งเสริมการเชื่อมโยงแนวคิด

จากแผนที่ 3 เรื่อง โครงสร้างของโปรตีน ผู้สอนให้นักเรียนจับคู่ลักษณะของระดับโปรตีน กับแรงระหว่างโมเลกุล หรือแรงทางพันธะเคมีที่ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยแต่ละรูปภาพจะแสดงลักษณะโครงสร้างโปรตีนทั้ง 4 ระดับ นักเรียนใช้วิธีการสืบค้นจากแบบเรียน หรือแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เมื่อให้นักเรียนอธิบายลักษณะโครงสร้างของโปรตีนแต่ละระดับว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร นักเรียนจะประหม่าไม่กล้าแสดงความคิดเห็น อาจเป็นเพราะลักษณะปัญหามีคำตอบที่ตายตัว คือโครงสร้างแต่ละระดับก็จะมีการอธิบาย ที่เฉพาะเจาะจงถูกต้องเพียงหนึ่งอยู่แล้ว ฉะนั้นการตอบโดยการอธิบายนักเรียนย่อมทราบดีว่าครูผู้สอนรู้ความรู้ ที่เฉพาะเจาะจงนั้น การแสดงความคิดเห็นในการอธิบายโครงสร้างจึงตอบแบบประหม่ากลัวถูกตัดสินถูก-ผิดในทันทีแม้จะมีข้อมูลคำอธิบายที่ตนจับคู่และรูปภาพประกอบระดับโครงสร้างโปรตีนที่ให้ไว้แล้วก็ตาม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อมาในแผนที่ 4 ไดแซกคาร์ไรด์ ปรับเปลี่ยนกิจกรรมเป็นการกำหนดข้อสรุปมาให้และให้นักเรียนใช้แบบจำลองตัวปั๊มแอลฟ่ากลูโคส และเบต้ากลูโคส ในการสร้างไดแซกคาร์ไรด์ของตนเอง พร้อมทั้งแสดงสมการเคมีอธิบายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไดแซกคาร์ไรด์และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งเห็นได้ว่าการสร้างประเด็นปัญหานี้ นักเรียนมีโอกาสสร้างแบบจำลองของตนเองได้ถูกต้องมากกว่าหนึ่งรูปแบบที่ตายตัวเนื่องจาก ไดแซกคาร์ไรด์ในธรรมชาตินั้นพบมีอยู่มากกว่า 1 ชนิด นักเรียนมีโอกาสได้เลือกตามความสนใจ นอกจากนี้พบว่านักเรียนสามารถสร้างสมการการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดไดแซกคาร์ไรด์ และอธิบายระบุการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างได้ถูกต้องและชัดเจนขึ้น อธิบายเชิงลึกลงไปถึงขึ้นตำแหน่งที่เกิดการเปลี่ยนแปลง และระบุ ตำแหน่งพันธะไกลโคสิดิกได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สมการ การเกิดไดแซกคาร์ไรด์ S31

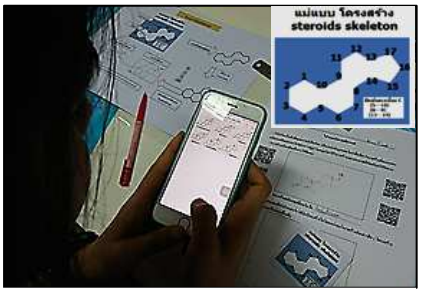
3. แบบจำลองเชื่อมโยงสู่ความเข้าใจความรู้ที่เป็นนามธรรม

จากแผนที่ 2 ชนิดและหน้าที่โปรตีน การฝึกอธิบายเชื่อมโยงข้อมูล ผู้สอนต้องคำนึงถึงเนื้อหาข้อมูลที่ไม่ยากไป หรือเป็นความรู้เฉพาะเจาะจง ซึ่งทำให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ไม่ต่อเนื่องเพราะเชื่อมโยงข้อมูลไม่ได้ ในที่นี้ผู้สอนจะมีภาพซึ่งนักเรียนเองสามารถพบเห็นกระบวนการนั้นได้ในชีวิตประจำวัน และเป็นความรู้ที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ง่าย เมื่อแต่ละกลุ่มเลือกภาพสองภาพที่ตนเองจะอธิบายความสัมพันธ์กันได้แล้วก็จะรวมกันมาอธิบายให้กับครูผู้สอน ดังภาพที่ 3 เมื่อผู้สอนตรวจรับรองว่าผ่านการอธิบายให้กลุ่มของนักเรียนกลับไปเรียบเรียงใส่เอกสารส่งอีกครั้งหนึ่ง จากการสังเกตการดำเนินไปของกิจกรรมพบว่านักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้สอดคล้องถูกต้องทุกกลุ่ม และนักเรียนจะเลือกข้อมูลที่สื่อความได้ง่ายมาอธิบาย พบว่าส่วนใหญ่นักเรียนจะเลือกอธิบายรูปภาพสมการเคมีกระบวนการหมัก กับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น "จากภาพเมื่อนำน้ำตาล/กลูโคส ทำปฏิกิริยากับ zymase (เอนไซม์ที่ได้จากยีสต์) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็น

ภาพที่ 3 การอธิบายความสัมพันธ์ข้อมูล

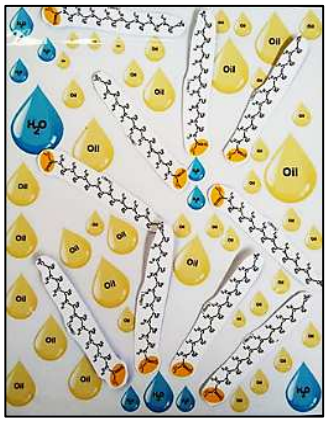
ethanol คือแอลกอฮอล์ที่สามารถรับประทานได้ และได้ carbondioxide คือจะทำให้มีลักษณะเป็นฟองและให้รสซ่าซึ่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์คือไวน์และเบียร์ เอกสารสรุปหลังการอธิบาย กลุ่มนักเรียน S17 S18 S20 S30" กิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนมีการฝึกคิดเชื่อมโยงข้อมูลได้อย่างหลากหลาย และยังอธิบายชิงนามธรรมได้ จากกิจกรรมจะเห็นได้ว่าการใช้วิธีการกลุ่มในการให้นักเรียนเสนอแบบจำลองผ่านการสังเกต อธิบายความรู้ระหว่างกันร่วมกับสื่อที่เหมาะสม เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

4. การพัฒนาสื่อให้มีความเป็นรูปธรรม



ภาพที่ 4 บล็อกโครงสร้างหลักของสเตียรอยด์

ในขั้นการสร้างแบบจำลองสื่อที่เป็นรูปธรรมจะทำให้นักเรียนมีความคล่องตัวในการแสดงออกซึ่งความรู้ความเข้าใจของตนเอง แผนที่ 4 การสมบัติทางเคมีเมื่อน้ำตาลเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์ นักเรียนต้องเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำตาลคีโทสที่จับสลากได้ ให้เป็นแอลโดส ซึ่งต้องเขียนโครงสร้างหลายขั้นตอน แม้นักเรียนจะได้สื่อการเรียนรู้ที่ชัดเจน ปรับเปลี่ยนโครงสร้างได้ถูกต้อง กลับพบว่าความคล่องตัวไม่ดีนัก เพราะบางคนใช้เวลานาน ในแผนที่ 5 โครงสร้างเตียรอยด์ จึงออกแบบสื่อรูปธรรมลักษณะเป็นบล็อกโครงสร้างหลัก ดังภาพที่ 4 เพิ่มช่องทางในการสืบค้นไว้อย่างหลากหลาย ให้นักเรียนเลือกแสดงโครงสร้างสเตียรอยด์ที่ตนเองสนใจ 1 โครงสร้าง วาดภาพโดยทาบบล็อกและลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างวงก็จะได้โครงสร้างหลักแล้ว ส่วนที่เป็นหมู่ฟังก์ชันก็ให้เขียนเติมขึ้น พร้อมวงล้อมรอบบริเวณที่แสดงความมีขั้วในโมเลกุล และอธิบายลักษณะของลิพิดประเภทสเตียรอยด์ จากการเดินตรวจและสังเกตการทำกิจกรรมพบว่านักเรียนมีความคล่องตัวในการเขียนอธิบายงานเพิ่มขึ้นเพราะเขียนโครงสร้างได้สะดวกขึ้น และแผนเดียวกันขั้นประเมินออกแบบสื่อให้ช่วยในการประเมิน เป็นการจัดเรียงโมเลกุลสบู่ในผังสถานการณ์ นักเรียนนำโมเลกุลสบู่ (ประกอบด้วยส่วนมีขั้ว และไม่มีขั้ว) จัดเรียงลงไปในตำแหน่งที่เหมาะสม ในผังจะมีการจำลองลักษณะของบริเวณน้ำ (มีขั้ว) และบริเวณน้ำมัน (ส่วนที่ไม่มีขั้ว) สื่อสะท้อนผลความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างทันที ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพที่ 5 ท้ายนี้จึงขอเสนอให้ครูผู้สอนเลือกใช้สื่อนอกจากจะให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดความเข้าใจได้อย่างชัดเจนเป็นรูปธรรมแล้ว ควรคำนึงถึงการเลือกใช้สื่อที่สร้างความคล่องตัวช่วยในการดำเนินกิจกรรม ก็จะทำให้การออกแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ทำให้นักเรียนเรียนรู้พัฒนาตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ



ภาพที่ 5 การจัดเรียงโมเลกุลสบู่

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองร่วมกับวิธีการแบบเปิด ช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะกิจกรรมแบบเปิดที่กระตุ้นให้นักเรียนออกแบบ ตรวจสอบเพื่อปรับปรุงแบบจำลองที่ถูกต้องไปใช้ขยายความรู้อย่างหลากหลาย สอดคล้องกับการศึกษาของ

นิภาภรณ์ จันทะโยธา (2558) ในการจัดกิจกรรม เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับภายหลังการทดลอง ทำให้นักเรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเข้าใจในวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้กิจกรรมที่หลากหลายทั้งสังเกตปรากฏการณ์จริง การทดสอบวิธีการทดลอง เกิดจากการที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งผ่านการจัดกิจกรรมเดี่ยว สู่การหลอมรวมแบบจำลอง สู่แบบจำลองตัวแทนกลุ่ม พบว่าช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้มีการพัฒนา และปรับปรุงแบบจำลองได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (รวีวรรณ เมืองรามัญ และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2556; Buckley B.C., 2012) รวมทั้งมีการส่งเสริมกิจกรรมลักษณะปัญหาปลายเปิดที่มีคำตอบมากกว่าหนึ่ง ที่สอดคล้องกับการกำหนดข้อจำกัดการสร้างแบบจำลอง ผนวกการเลือกใช้สื่อที่มีความหลากหลาย เช่น ภาพโครงสร้างสารโมเลกุล แบบจำลองกระดาษ การอุปมาอุปมัย หรือบทบาทสมมุติ แบบจำลองแอนิเมชันหรือ ใช้ซอฟแวร์ออนไลน์ แสดงโครงสร้างองค์ประกอบเชิงโครงสร้าง ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยเชื่อมโยงความเข้าใจทางเคมี 3 ระดับคือมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนสามารถพิจารณาจุดเด่นจุดด้อยของแบบจำลองแต่ละชนิดต่อความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองวิทยาศาสตร์ (ธณัฏฐา คงทน, 2557; Canning, D.R., & Cox, J.R., 2001) การเปิดโอกาสให้เกิดการอภิปรายหรือนำเสนอข้อมูลฝึกให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้และเชื่อมโยงข้อมูลจากที่กำหนดเป็นกิจกรรมกลุ่มที่เน้นการนำเสนองาน การสื่อสารพูดคุย การช่วยกันตอบคำถาม การอธิบายเหตุผล และอภิปรายข้อคิดเห็นต่างๆ สะท้อนข้อมูลที่เป็นประโยชน์กับผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้ถูกต้องตามความเข้าใจในแบบจำลองของตน (ธณัฏฐา คงทน, 2557; Canning, D.R., & Cox, J.R., 2001) เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความรู้ และเนื้อหาที่เป็นนามธรรม สู่แนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ สื่อที่ใช้ควรถูกพัฒนาให้มีลักษณะที่ให้ข้อมูลแผนภาพ อธิบายหลายรูปแบบ เพื่อให้นักเรียนอ้างอิงเห็นการเปลี่ยนแปลง สองมิติ และสามมิติสู่การเชื่อมโยงความรู้ได้ง่ายขึ้น สื่อประเมินควรสะท้อนการใช้งานที่ต่อเนื่อง เพื่อให้นักเรียนใช้ตรวจสอบความเข้าใจกับข้อเท็จจริงได้ทันที ร่วมกับการลดภาระการรู้จำ โดยการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการร่วมกิจกรรมนำเสนอไว้อย่างชัดเจน จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีและพัฒนาขึ้นได้ (Wu, H.K., & Shah, P., 2004) จะเห็นได้ว่าลักษณะสื่อข้างต้นทำให้เกิดความคล่องตัวในการดำเนินกิจกรรม จากการนำเข้าบทเรียนด้วยปัญหาปลายเปิด สู่การสร้างแบบจำลองแบบเปิดใช้กิจกรรมกลุ่มอภิปรายเพื่อตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเรียนรู้และพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ได้อย่างเต็มศักยภาพของตนสอดคล้องกับแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การจัดกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิดในลักษณะการจัดกิจกรรมข้างต้นจะช่วยพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้อง และหลากหลายมากขึ้น จึงสนับสนุนให้ครูผู้สอนใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ในรายวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ นอกจากในวิชาเคมี ทั้งนี้กลุ่มครูผู้สอนเคมีก็สามารถนำกิจกรรม ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับหัวข้อ หรือบทเรียนอื่นที่มีลักษณะยากต่อความเข้าใจได้เช่นกัน ครูควรเลือกใช้สื่อที่หลากหลายเพื่อเสริมความ

เข้าใจในการสร้างแบบจำลองแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และควรตระหนักถึงความคล่องตัวในการดำเนินกิจกรรม เพื่อให้การเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับนักเรียน

รายการอ้างอิง

ธณัฏฐา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ, และชาตรี ฝ่ายคำตา (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 62-76.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา. (2558). *การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการ จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส*. วิทยานิพนธ์ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น. *KKU Journal of Mathematics Education*, *1*(January-June), 1-17.

รวีวรรณ เมืองรามัญ และศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2556). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกของเรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 4(1), 38-45.

อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ. (2551). *การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณใน เรื่อง การตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Buckley, B.C. (2012) Model-Based Learning. In: Seel N.M. (eds) Encyclopedia of the Sciences of Learning. Springer, Boston, MA.

Canning, D.R., and Cox, J.R. (2001). Teaching the structural nature of biological molecules: molecular visualization in the classroom and in the hands of students. *Chemistry Education and Practice in Europe*, *2*(2), 109–122.

Louca, L.T., and Zacharia, Z.C. (2012). Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*. *64*(4), 471–492.

Wu, H.K., and Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, *88*(3), 465–492.