การพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน

The Development of Grade 10 Students' Conception in The Chemical Basis of Life Unit Using Context–Based Learning

วิไลพร แซ่ลิ้ม[*] เอกรัตน์ ทานาค[**] และ กันทิมา ณีประเดิมวงศ์[***]

Wilaiporn Saelim, Akarat Tanak and Kantimanee Pradermwong

* นิสิตปริญญาโทสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

***ภาควิชาสัตววิทยาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 43 คน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลแนวคิดของนักเรียนในระหว่างการเรียนรู้โดยใช้ใบกิจกรรมและหลังจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนการเรียนรู้แล้ววัดแนวคิดของนักเรียนโดยใช้แบบวัดแนวคิดแบบ 2 ชั้น วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดโดยจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มและคิดร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตเพิ่มขึ้นจากความรู้เดิมที่พบในขั้นนำเสนอบริบท โดยพบว่านักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) รวมกันคิดเป็นร้อยละ 40 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน โครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิก โครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตและโครงสร้างและคุณสมบัติของของน้ำตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน(PU&MU) คิดเป็นร้อยละ 42 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่อง สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์ และเรื่องโครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่านักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MU) คิดเป็นร้อยละ 18 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่อง การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์ โครงสร้างและหน้าที่ของลิพิด และประเภทของวิตามิน ตามลำดับ

คำสำคัญ: แนวคิดการพัฒนานักเรียน การเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน

Abstract

This research aimed to develop 43 grade 10th students conception of Chemical Basis of Life in a large secondary school in Nonthaburi Province using context–based learning. The students' conceptions were collected by using work sheets during teaching and using two–tiertest at the end of teaching. Students' conceptions were analyzed by grouping into 5 categories and calculated the percentage of students in each group. The results showed students' concept of chemical basis of life Unit was increased from their prior knowledge launch in the Context orientation stage. The percent of students in 2 groups including scientific understanding and partial understanding were 40 percent; the majority in topic of structure and function of protein, nucleic acid, carbohydrate and structure and properties of water. In the other hand, most of student had partial

understanding with misunderstanding in 42 percent; the majority in topic of organic and inorganic substance, mineral up take into cell, and structure and properties of water. It also found that student had misunderstanding in 18 percent; the majority in topic of mineral up take into cell, structure and function of lipid and kinds of vitamin.

Keyword: The development students' conception, Context–Based Learning, Concept of Chemical Basis of Life

บทนำ

จากการที่ผู้วิจัยได้ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี โดยผู้วิจัยได้รับผิดชอบสอนในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาเป็นระยะเวลา 1 ภาคเรียน พบว่ามีนักเรียนที่ผู้วิจัยสอนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ห้องหนึ่งซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 43 คน เป็นนักเรียนชาย 13 คน นักเรียนหญิง 20 คน โดยนักเรียนกลุ่มนี้ชอบทำกิจกรรม พูดคุยในชั้นเรียนและกล้าแสดงออก แต่นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการเรียนในรายวิชาชีววิทยาของภาคเรียนที่ผ่านมาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.0–3.5และยังพบว่ามีนักเรียนที่มีผลคะแนนสอบปลายภาคต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า 50 % ของนักเรียนทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนมีปัญหาเรื่องการอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องที่เป็นนามธรรมนักเรียนจะค่อนข้างเข้าใจยาก ครูต้องอธิบายและยกตัวอย่างหลายครั้งและนักเรียนมักจะจดตามที่ครูสอนโดยไม่ได้ทำความเข้าใจ เมื่อครูถามนักเรียนก็ไม่สามารถอธิบายได้ ตัวอย่างแนวคิดคลาดเคลื่อนที่สังเกตได้จากการให้นักเรียนทำใบกิจกรรม เช่น แนวคิดเรื่องการแพร่และการออสโมซิส เช่น "ที่จุดสมดุลของการแพร่โมเลกุลของสารจะหยุดการเคลื่อนที่" หรือนักเรียนเข้าใจว่า "การออสโมซิส คือการแพร่ของน้ำจากสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า" ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดจึงใช้การท่องจำและอาจจำสับสนระหว่างการแพร่และการออสโมซิสได้ เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดนี้ก็จะส่งผลต่อการเรียนแนวคิดอื่นที่ซับซ้อนขึ้น เช่น แนวคิดเรื่องการรักษาดุลยภาพน้ำในสิ่งมีชีวิต เช่น นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดเมื่อใส่ปุ๋ยให้ต้นพริกมากเกินไปต้นพริกจึงตาย นักเรียนเข้าใจว่า "เพราะการได้รับปุ๋ยมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช" ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนไม่สามารถนำความรู้พื้นฐานเรื่องการออสโมซิสมาใช้ในการอธิบายเรื่องสมดุลน้ำในพืชได้

จากปัญหาการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนที่เกิดขึ้นผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียนที่เรียนในรายวิชาชีววิทยากับผู้วิจัยเกี่ยวกับสาเหตุที่นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดและการสอนของครูที่ผ่านมา นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่า เนื่องจากวิชาชีววิทยามีเนื้อหาค่อนข้างมากและยากแก่การเข้าใจ ส่วนการสอนของครูที่ผ่านมานั้น นักเรียนให้ความคิดเห็นว่าชอบตอนที่ครูสอนโดยใช้สื่อวีดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวและการทำกิจกรรม การทดลอง แต่บางเรื่องครูยังสอนไม่ค่อยน่าสนใจทำให้ง่วงนอน ปัญหาดังกล่าวนี้สอดคล้องกับปัญหาในการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมาที่พบว่าครูส่วนไม่ทราบว่าจะจัดการเรียนการสอนอย่างไรให้น่าสนใจทำให้เลือกใช้การบรรยายแทน ส่งผลให้นักเรียนขาดโอกาสในการคิดและทำความเข้าใจด้วยตนเองและเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนและไม่เข้าใจแนวคิดอย่างแท้จริง (ศรวณีย์ ลาเต, 2553; สุรเดช, 2554)

นอกจากตัวอย่างแนวคิดที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีอีกแนวคิดหนึ่งที่ถือว่าเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดที่ซับซ้อนขึ้นหลายแนวคิด แนวคิดดังกล่าวนี้ คือ แนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเกี่ยวกับสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในสิ่งมีชีวิต ซึ่งนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของสารประเภทต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสาร อนินทรีย์ เช่น น้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ หรือ สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิกและวิตามิน ซึ่งเป็นแนวคิด

พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้แนวคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น หลายแนวคิด เช่น แนวคิดเรื่องสารพันธุกรรมและการถ่ายลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเรื่องการย่อยอาหารและการสลายอาหารระดับเซลล์ แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง แนวคิดเรื่องการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในพืช แนวคิดเรื่องดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างความสำคัญของแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานที่มีต่อการเรียนเนื้อหาที่ยากขึ้น เช่น ในงานวิจัยของ Canal (1999) ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการจัดการเรียนการสอนในแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น นักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ หน้าที่ของสารอินทรีย์ที่ให้พลังงานและเกี่ยวข้องกับการทำงานในกระบวนการต่างๆ และในกระบวนการสร้างอาหารของพืชจำเป็นต้องใช้สารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น จากในดินและในอากาศเพื่อสังเคราะห์สารอินทรีย์ซึ่งจะเป็นอาหารให้กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป เป็นต้น หรือในแนวคิดเกี่ยวกับการย่อยอาหารและการสลายอาหารระดับเซลล์ นักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างของสารอาหารต่าง ๆ ว่ามีหน่วยย่อยอะไรบ้าง เช่น คาร์โบไฮเดรตเมื่อถูกย่อยแล้วจะได้หน่วยที่เล็กที่สุดเป็นน้ำตาล มอโนแซ็กคาไรด์ โปรตีนเมื่อถูกย่อยแล้วจะได้หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดเป็นกรดอะมิโน ส่วนไตรกลีเซอไรด์ถูกย่อยแล้วได้เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน 3 โมเลกุล เป็นต้น จากนั้นอาหารที่ถูกย่อยแล้วจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์แล้วนำไปใช้ในการสลายอาหารระดับเซลล์เพื่อให้ได้พลังงานต่อไป (ไตรรัตน์รัตนเดช, 2551) หรือในแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลนักเรียนจำเป็นต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างและความแตกต่างของ DNA และ RNA ก่อนซึ่งจะนำไปสู่การอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตต่อไปได้ (พิคเนตร อุทัยไชย, 2554)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังพบว่านักเรียนมีปัญหาความไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานซึ่งส่งผลต่อการเรียนชีววิทยา เช่น ในงานวิจัยของพัชรินทร์ ชูกลิ่น (2554) ได้กล่าวถึงปัญหาการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่าเนื้อหาส่วนที่นักเรียนยังมีความสงสัยมากที่สุด คือ เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เพราะเนื้อหามีความเป็นนามธรรม ต้องใช้จินตนาการ อีกทั้งเกิดจากครูสอนบรรยายทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

ปัญหาดังกล่าวมีโอกาสเกิดขึ้นกับนักเรียนของผู้วิจัยเช่นกันเพราะนักเรียนกลุ่มที่ผู้วิจัยสอนมีปัญหาเรื่องอธิบายแนวคิดที่เป็นนามธรรมไม่ได้ จากปัญหาเรื่องการไม่เข้าใจแนวคิดและความสำคัญของแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อการเรียนรู้แนวคิดชีววิทยาของนักเรียนทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเมื่อพิจารณาเนื้อหาเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตแล้วพบว่าสามารถเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือประเด็นที่อยู่ในความสนใจของผู้เรียนหลายเรื่อง โดยเฉพาะเรื่องของสุขภาพร่างกาย การดูแลรูปร่างซึ่งกำลังเป็นที่สนใจของวัยรุ่น และจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแนวทางดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการจัดการเรียนการรู้แบบบริบทเป็นฐาน คือ การนำเอาสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ไม่ว่าจะเป็นบริบทของสังคม วัฒนธรรม ข่าว เหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดที่เรียนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ วิธีการดังกล่าวนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหาที่เรียนและยังทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับแนวคิดที่เรียนได้ง่ายส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (Gilbert, 2006; เอกรัตน์ ศรีตัญญู, 2555; Wieringa *et al.*, 2011)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบบริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 และวัดแนวคิดของนักเรียนที่ผ่านการจัดการ

เรียนรู้แบบบริบทเป็นฐานว่ามีแนวคิดเป็นอย่างไร สำหรับในบทความนี้ผู้วิจัยจะขอนำเสนอในส่วนของการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เท่านั้นโดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางสำหรับครูในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตโดยใช้บริบทเป็นฐาน

2. ได้แนวทางสำหรับครูในการจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐานเพื่อพัฒนาแนวคิดในรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยมุ่งเน้นการพัฒนาการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัยในฐานะครูคนหนึ่ง และพัฒนาแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 43 คน เรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐาน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแนวคิดของ Kemmis and Mctaggart(1990) อ้างใน สุวิมล ว่องวาณิช (2555) โดยมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ(Act) ขั้นสังเกตการณ์ (observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ 7 แผน ดังนี้ แผนที่ 1 แนวคิดเรื่องสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ (2 คาบ) แผนที่ 2 แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของน้ำต่อสิ่งมีชีวิต (1 คาบ) แผนที่ 3 เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต (2 คาบ) แผนที่ 4 แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน (2 คาบ) แผนที่ 5 เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของลิพิด (2 คาบ) แผนที่ 6 แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิก (2 คาบ) และแผนที่ 7 แนวคิดเรื่องประเภทและความสำคัญของวิตามินและแร่ธาตุ (2 คาบ) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและสามารถสรุปได้ว่าแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต หมายถึง การอธิบายของนักเรียนที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยเกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล โดยแนวคิดอาจมีลักษณะเป็นรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของวัตถุหรื อเหตุการณ์ต่าง ๆที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเรื่องสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรมและแบบวัดแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นแบบวัด 2 ชั้นชนิดเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบซึ่งมีรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

ในการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนของผู้วิจัยมีใบกิจกรรมให้นักเรียนบันทึกข้อมูลในระหว่างการสำรวจค้นหาและใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์แนวคิดร่วมกับแบบวัดแนวคิด

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการอ่านคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดอย่างละเอียดและจัดกลุ่มคำตอบ จากนั้นจัดกลุ่มคำตอบเป็นระดับแนวคิดต่าง ๆ 5 ระดับตามแบบของ Haidar (1997) โดยแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Understanding: SU) คือ ตอบตัวเลือกถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

2) กลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding: PU) คือตอบตัวเลือกถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องแต่ยังอธิบายไม่สมบูรณ์

3) กลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Misunderstanding: PU & MU) คือ ตอบตัวเลือกถูกต้องแต่ให้เหตุผลผิดหรือให้เหตุผลถูกและผิดปนกัน หรือตอบตัวเลือกถูกและผิดปนกันและให้เหตุผลถูกหรือผิด หรืออาจให้เหตุผลถูกและผิดปนกัน

4) กลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Misunderstanding: MU) คือ ตอบตัวเลือกและให้เหตุผลผิดหรือไม่ตรงตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

5) กลุ่มที่ไม่ตอบคำถาม หรือตอบคำถามว่าไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)

จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนแต่ละกลุ่มและจัดทำตารางแสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดต่าง ๆ 5 กลุ่ม โดยนำเสนอใน 2 แบบ คือ แบบภาพรวมของแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด และแบบแยกตามแนวคิดย่อย จากนั้นเขียนอธิบายในรูปของความเรียงอีกครั้ง

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตซึ่งประกอบด้วยแนวคิดหลักทั้งหมด 8 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดเรื่องสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ โครงสร้างและคุณสมบัติของคาร์โบไฮเดรต โครงสร้างและคุณสมบัติของโปรตีน โครงสร้างและคุณสมบัติของลิพิด โครงสร้างและคุณสมบัติของกรดนิวคลีอิก ประเภทของวิตามินและการนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์ โดยจัดกลุ่มแนวคิดตามแบบของHaidar (1997) ออกเป็น 5 กลุ่มได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตในกลุ่มแนวคิดต่าง ๆ

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด (คน) (%)				
	SU	PU	PU&MU	MU	NU
1. สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์	**1(2.33)**	**13(30.23)**	**28(65.11)***	**1(2.33)**	**0(0)**
2. โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ	**0(0)**	**18(42.64)**	**19(44.19)***	**6(13.18)**	**0(0)**
2.1 น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว	0(0)	33(76.74)*	5(11.63)	5(11.63)	0(0)
2.2 น้ำช่วยในการลำเลียงสารที่มีขั้ว	0(0)	13(30.23)	27(62.79)*	3(6.98)	0(0)
2.3 น้ำมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะ ไฮโดรเจน	0(0)	9(20.93)	25(58.13)*	9(20.93)	0(0)
3. โครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต	**4(6.98)**	**18(42.64)***	**17(39.53)**	**5(12.40)**	**0(0)**
3.1 ลักษณะสำคัญของโครงสร้างคาร์โบไฮเดรต	1(2.33)	19(44.19)	21(48.84)*	4(9.30)	0(0)
3.2 โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตประเภทต่างๆ	6(13.95)	14(32.56)	20(46.51)*	3(6.98)	0(0)
3.3 คุณสมบัติและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต	2(4.65)	22(51.16)*	10(23.26)	9(20.93)	0(0)
4. โครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน	**5(10.85)**	**21(48.84)***	**10(23.26)**	**7(17.05)**	**0(0)**
4.1 ลักษณะสำคัญของโครงสร้างโปรตีน	0(0%)	18(41.86)*	15(34.88)	10(23.26)	0(0)
4.2 โครงสร้างของโปรตีนและความแตกต่างของกรดอะมิโน	14(32.56)	17(39.53)*	9(20.93)	3(6.98)	0(0)
4.3 หน้าที่และความสำคัญของโปรตีน	0(0%)	28(65.11)*	6(13.95)	9(20.93)	0(0)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด (คน) (%)				
	SU	PU	PU&MU	MU	NU
5. **โครงสร้างและหน้าที่ของลิพิด**	**4(8.84)**	**12(27.44)**	**14(32.09)***	**14(31.63)**	**0(0)**
5.1 คุณสมบัติการละลายของลิพิด	4(9.30)	9(20.93)	9(20.93)	21(48.84)*	0(0)
5.2 ประเภทของลิพิด	3(6.98)	5(11.63)	35(81.40)*	0(0)	0(0)
5.3 โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว	11(25.58)	15(34.88)*	7(16.27)	10(23.26)	0(0)
5.4 คุณสมบัติการหลอมเหลวของไขมันหรือน้ำมัน	1(2.32)	16(37.21)*	16(37.21)	10(23.26)	0(0)
5.5 ความสำคัญของลิพิด	0(0)	14 (32.55)	2 (4.65)	27(62.79)*	0(0)
6. โครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิก	**4(8.53)**	**20(45.74)***	**15(34.88)**	**5(10.85)**	**0(0)**
6.1 ลักษณะสำคัญของโครงสร้างกรดนิวคลีอิก	1(2.33)	20 (46.51)*	16(37.21)	6(13.95)	0(0)
6.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของ DNA และ RNA	2(4.65)	20(46.51)*	20(46.51)*	1(2.33)	0(0)
6.3 ความสำคัญของกรดนิวคลีอิก	8(18.60)	19(44.19)*	9(20.93)	7(16.28)	0(0)
7. ประเภทของวิตามิน	**7(16.28)**	**8 (18.60)**	**18(41.86)***	**10(23.26)**	**0(0)**
8. การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์	**2(4.65)**	**2(4.65)**	**25(58.14)***	**14(32.56)**	**0(0)**
รวม	**3(7.30)**	**14(32.60)**	**18(42.38)***	**8(17.91)**	**0(0)**

หมายเหตุ: SU = แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง, PU = แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน, PU&MU = แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน, MU = แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน, NU = ไม่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ * หมายถึงร้อยละสูงสุดในแถวเดียวกันของตาราง

จากผลการวิเคราะห์แนวคิดในภาพรวมทั้ง 8 แนวคิดพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU & MU) มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.38 รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 32.60 กลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) ร้อยละ 17.91 และกลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) คิดเป็นร้อยละ 7.30 เมื่อพิจารณาในแต่ละแนวคิดหลักพบว่ามีนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

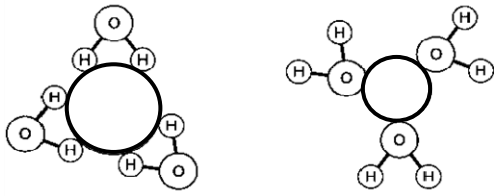
1. สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถจำแนกประเภทของสารที่เป็นองค์ประกอบในสิ่งมีชีวิตตามโครงสร้างได้ แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) คิดเป็นร้อยละ 65.11 รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 30.23 ตัวอย่างคำตอบที่แสดงว่านักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วนที่พบมาก เช่น

นักเรียนตอบว่า กรดอะมิโน กรดคาร์บอนิกกรดไขมัน และเอทิลีนเป็นสารอินทรีย์โดยให้เหตุผลว่า สารอินทรีย์จะมีโครงสร้างของ C,H ส่วนสารอนินทรีย์จะไม่มีโครงสร้าง C,H แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายว่าในโครงสร้างจะต้องมีพันธะระหว่าง C กับ H ด้วยทำให้นักเรียนเข้าใจว่ากรดคาร์บอนิกจัดเป็นสารอินทรีย์ ส่วนตัวอย่างของแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) เช่น นักเรียนตอบได้ว่าจากโครงสร้างที่กำหนดให้มีโครงสร้างที่เป็นสารอินทรีย์ คือ กรดอะมิโน กรดไขมัน และเอทิลีน โดยให้เหตุผลว่าสารอินทรีย์จะมีพันธะระหว่าง C กับ H ส่วนสารอนินทรีย์จะไม่มีพันธะระหว่าง C กับ H แต่นักเรียนไม่อธิบายว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ คือ มีธาตุ C และ H เป็นหลัก ส่วนสารอนินทรีย์ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหรืออาจมีคาร์บอนแต่ไม่ได้สร้างพันธะกับไฮโดรเจน

2. โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าน้ำเป็นช่วยในการลำเลียงสารอาหารและช่วยในการรักษาสมดุลของร่างกาย และบอกได้ว่าน้ำมีสูตรโมเลกุลเป็น H_2O แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดโครงสร้างน้ำเกี่ยวข้องกับประโยชน์ของน้ำอย่างไร แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเรื่องโครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดย่อย ได้แก่ แนวคิดเรื่องน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วแนวคิดเรื่องน้ำช่วยในการลำเลียงสารที่มีขั้วแนวคิดเรื่องน้ำมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนโดยรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ร้อยละ 44.19ร องลงมาเป็นกลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 42.64 ตัวอย่างแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) พบมากในแนวคิดย่อยเรื่องน้ำช่วยในการลำเลียงสารที่มีขั้ว โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าถ้าขาดน้ำมีผลต่อการลำเลียงกลูโคส แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าถ้าขาดน้ำจะส่งผลต่อการลำเลียงไขมันด้วยและให้เหตุผลคลาดเคลื่อนว่าเพราะกลูโคสและไขมันมี O และ H แสดงว่ามีน้ำเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล จึงสามารถลำเลียงโดยใช้น้ำได้ เป็นต้นส่วนตัวอย่างแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน(PU) พบมากที่สุดในแนวคิดย่อยเรื่องน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว เช่น จากการให้นักเรียนพิจารณาภาพการละลายของสาร AB ในน้ำ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การแตกตัวของสารตัวถูกละลายในน้ำ

จากนั้นให้นักเรียนอธิบายว่า A และ B ควรมีประโยชน์อย่างไร นักเรียนตอบว่า A คือ Cl^-และ Na^+ เพราะ Cl^-มีขั้วเป็นลบ H มีขั้วเป็นบวกจึงทำให้ Cl^-อยู่ติดกับ H ส่วน Na มีขั้วเป็นบวก และ O มีขั้วเป็นลบจึงทำให้ O อยู่ติดกับ Na^+โดยนักเรียนไม่ได้อธิบายว่าโมเลกุลของน้ำมีขั้วเพราะออกซิเจนสามารถดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดีกว่าไฮโดรเจนทำให้ออกซิเจนแสดงความเป็นขั้วบวกและไฮโดรเจนแสดงความเป็นขั้วลบ

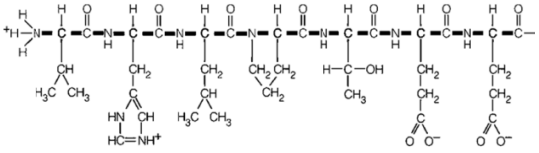
3. โครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่าคาร์โบไฮเดรตพบในข้าว แป้ง เผือกมัน และน้ำตาล และทราบว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดย่อย ได้แก่ แนวคิดเรื่องลักษณะสำคัญของโครงสร้างคาร์โบไฮเดรต แนวคิดเรื่องโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ และแนวคิดเรื่องคุณสมบัติและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต โดยรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) คิดเป็นร้อยละ 48.84

รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ร้อยละ 34.88 ตัวอย่างแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) พบมากในแนวคิดเรื่องคุณสมบัติและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตโดยจากกำหนดโครงสร้างเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืชมาให้นักเรียนอธิบายว่าโครงสร้างสารนี้เหมาะกับหน้าที่ใดเพราะเหตุใด นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่าโครงสร้างดังกล่าวทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์เพราะโมเลกุลยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน จึงทำให้มีความแข็งแรงจึงเหมาะที่จะเป็นโครงสร้างในผนังเซลล์พืชแต่นักเรียนไม่ได้อธิบายอีกเหตุผลหนึ่ง คือ เพราะมีโครงสร้างเป็นสายยาวเรียงตัวกันแน่นทำให้มีความแข็งแรงเหมาะแก่การเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ ส่วนตัวอย่างกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) นั้นพบมากในแนวคิดย่อยเรื่องลักษณะสำคัญของโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตโดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าโครงสร้างของซูโครสเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตแต่นักเรียนให้เหตุผลคลาดเคลื่อน โดยบอกธาตุที่เป็นองค์ประกอบ ไม่ถูกต้อง ตัวอย่าง เช่น นักเรียนตอบว่า “เพราะมีธาตุ O H เป็นองค์ประกอบหลัก” หรือไม่ระบุสัดส่วนของ H:O ว่าส่วนใหญ่เป็น 2:1 ตัวอย่าง เช่น “เป็นโครงสร้างของน้ำตาล ที่มีองค์ประกอบ คือ อะตอม H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม” หรือตอบแต่ชื่อของสารแต่ไม่บอกลักษณะสำคัญตามโครงสร้าง ตัวอย่าง เช่น “มีมอนอเมอร์รวมกัน 2 มอนอเมอร์จึงได้คาร์โบไฮเดรตเป็นกลูโคส+กลูโคส ได้มอลโทส” เป็นต้น

4. โครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่าแหล่งโปรตีนได้แก่อะไรบ้าง ทราบว่าโปรตีนเป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อและเป็นแหล่งพลังงาน แต่ไม่สามารถบอกโครงสร้างของโปรตีนได้ แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเรื่องโปรตีนทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดย่อย ได้แก่ แนวคิดเรื่องลักษณะสำคัญของโครงสร้างโปรตีน แนวคิดเรื่องโครงสร้างและความแตกต่างของกรดอะมิโน และแนวคิดเรื่องหน้าที่และความสำคัญของโปรตีน โดยภาพรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ในทุกแนวคิดย่อยคิดเป็นร้อยละ 48.84ตัวอย่างแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่องหน้าที่และความสำคัญของโปรตีนซึ่งเห็นได้จากการให้นักเรียนอธิบายว่าอาการผมหงอก ผมร่วง ผิวหยาบกร้าน เล็บแห้งฉีกขาดง่าย รูปร่างผอมและเหี่ยวแห้ง แผลหายช้าป่วยบ่อยและหายช้าเกิดจากการขาดสารอาหารประเภทใด นักเรียนตอบว่าเป็นอาการขาดโปรตีนและให้เหตุผลว่า โปรตีนช่วยในการเจริญเติบโต ช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ช่วยทำให้ผมเงางามและไม่ร่วง เล็บมีความแข็งแรง แต่นักเรียนไม่อธิบายว่าโปรตีนชนิดใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่ดังกล่าวและทำหน้าที่อย่างไร หรือตัวอย่างที่พบในแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างและความแตกต่างของกรดอะมิโนจากการให้นักเรียนวิเคราะห์โครงสร้างส่วนหนึ่งของโปรตีนแล้วถามนักเรียนว่าโครงสร้างต่อไปนี้ประกอบด้วยหน่วยย่อยกี่หน่วยและกี่ชนิดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างส่วนหนึ่งของพอลิเพปไทด์

นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่ามีหน่วยย่อย 7 หน่วย 6 ชนิด และให้เหตุผลว่ามีหน่วยย่อยทั้งหมด 7 โมเลกุล มีชนิดที่ซ้ำกัน 1 ชนิด เลยมี 6 ชนิด โดยที่นักเรียนไม่อธิบายว่าพิจารณาจากโครงสร้างส่วน R-group หรือ side chain ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนจำไม่ได้ว่าจะเรียกส่วนดังกล่าวว่าอะไร แต่สามารถแยกความแตกต่างของกรดอะมิโนได้

5. โครงสร้างและหน้าที่ของลิพิด

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่าส่วนใหญ่บอกได้ว่าแหล่งอาหารประเภทใดมีไขมันเป็นองค์ประกอบ ทราบว่าไขมันเป็นแหล่งพลังงานและหากมีมากเกินไปจะทำให้อ้วน ทราบว่าไขมันมีลักษณะมันวาว ไม่ละลายน้ำ แต่นักเรียนยังไม่สามารถแยกความแตกต่างของลิพิดประเภทต่างๆ และไม่ทราบว่ามีโครงสร้างอย่างไร แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างและคุณสมบัติของลิพิดทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย 5 แนวคิดย่อยได้แก่ แนวคิดเรื่องคุณสมบัติการละลายของลิพิด แนวคิดเรื่องประเภทของลิพิด แนวคิดเรื่องโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว แนวคิดเรื่องจุดหลอมเหลวของไขมันหรือน้ำมัน และแนวคิดเรื่องความสำคัญของลิพิดพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) คิดเป็นร้อยละ 32.09 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่องประเภทของลิพิดโดยนักเรียนเข้าใจว่าไตรกลีเซอไรด์ชนิดที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดเป็นลิพิดเชิงเดี่ยว แต่นักเรียนนักเรียนจัดไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบว่าเป็นลิพิดเชิงซ้อน เพราะนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าลิพิดเชิงเดี่ยวจะมีโครงสร้างพันธะที่ต่อกันเป็นพันธะเดี่ยวไม่ซับซ้อน ลิพิดเชิงเดี่ยวมีโครงสร้างที่สั้นกว่าและน้อยกว่าลิพิดเชิงซ้อน และลิพิดอนุพันธ์ รองลงมาเป็นกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) คิดเป็นร้อยละ **31.63** โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่องความสำคัญของลิพิด ตัวอย่าง เช่น จากการกำหนดสถานการณ์สารอาหารที่ว่าหญิงคนหนึ่งที่ร่างกายซูบผอม ผิวหนังแห้งกร้านเป็นแผลหายช้า มีอาการอักเสบที่ผิวหนัง มีอาการหนาวสั่นเมื่อสัมผัสกับอากาศเย็น และยังพบว่ามีอาการมองไม่เห็นในที่สลัวและเกล็ดเลือดต่ำแล้วให้นักเรียนอธิบายว่าอาการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการขาดสารใด นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าเป็นอาการขาดวิตามินC โดยให้เหตุผลว่าวิตามิน C ทำหน้าที่เกี่ยวกับผิวหนังแห้งกร้านแผลหายช้า ทำหน้าที่เกี่ยวกับเกล็ดเลือดต่ำหรือโลหิตจาง มองไม่เห็นในที่สลัวและหลายคนเข้าใจว่าเป็นอาการขาดกรดอะมิโนโดยให้เหตุผลว่า ร่างกายซูบผอมและหายช้าเป็นผลมาจากการขาดโปรตีน อีกทั้งผิวหนังแห้งกร้านและเกล็ดเลือดต่ำ เพราะขาดกรดอะมิโน ขาดอาหารที่ทำให้มีกำลัง แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่ทราบว่าไขมันนั้นมีประโยชน์หลากหลายอย่างไร และนักเรียนใช้การท่องจำทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าไขมันหรือลิพิดมีความสำคัญอย่างไร

6. โครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิก

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมโดยสารพันธุกรรม คือ DNA แต่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่า DNA เป็นสารจำพวกกรดนิวคลีอิก ไม่สามารถบอกโครงสร้างของสารได้ แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิกทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดย่อยได้แก่ แนวคิดเรื่องลักษณะสำคัญของโครงสร้างกรดนิวคลีอิก แนวคิดเรื่องความแตกต่างของ DNA และ RNA และแนวคิดเรื่องความสำคัญของกรดนิวคลีอิก โดยรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 45.74 รองลงมาเป็นแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ร้อยละ 34.88 ตัวอย่างแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ที่พบมากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องลักษณะสำคัญของโครงสร้างกรดนิวคลีอิก โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าโครงสร้างของ RNA ที่กำหนดให้ คือ สารจำพวกกรดนิวคลีอิก แต่นักเรียนให้เหตุผลเพียงว่าสังเกตจากเบสกรุ๊ป C G A และ U โดยที่นักเรียนไม่อธิบายถึงหน่วยย่อยที่สำคัญอื่น ๆ ของกรดนิวคลีอิก และไม่อธิบายถึงโครงสร้างของพอลินิวคลีโอด์ส่วนกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) พบมากที่สุดในแนวคิดย่อยเรื่องความแตกต่างของ DNA และ RNA โดยนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า DNA มีพันธะคู่มีเบส T ไม่มีเบสUมีน้ำตาลดีออกซีไรโบส ส่วน RNA

มีพันธะเดี่ยวพบเบส U ไม่พบเบสT มีน้ำตาลไรโบสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่า DNA ต้องมีพันธะคู่ และ RNA ต้องมีพันธะเดี่ยว แต่แนวคิดที่ถูกต้อง คือ DNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ส่วน RNA เป็นพอลินิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว

7. ประเภทของวิตามิน

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่าส่วนใหญ่เข้าใจว่าวิตามินและแร่ธาตุเป็นสารจำพวกเดียวกัน และต้องผ่านการย่อยก่อนร่างกายจึงนำไปใช้ได้ นักเรียนบางส่วนบอกได้ว่าวิตามินแบ่งเป็นวิตามินที่ละลายในน้ำและในไขมันแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าแต่ละประเภทมีวิตามินอะไรบ้าง แต่จากการวิเคราะห์แนวคิดหลังเรียนเกี่ยวกับประเภทของวิตามินที่ละลายในน้ำและประเภทที่ละลายในไขมัน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ร้อยละ 41.86ตัวอย่างที่พบมาก คือ นักเรียนสามารถตอบได้ว่าวิตามินที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ คือ วิตามิน A วิตามิน D วิตามิน E และวิตามิน K แต่นักเรียนให้เหตุผลคลาดเคลื่อนว่า “วิตามิน A D E และ K สามารถละลายในน้ำได้”แต่แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ วิตามินทั้ง 4 ชนิดนี้เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน นอกจากนี้ยังพบกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) ร้อยละ 23.26 ซึ่งตัวอย่างแนวคิดที่พบมาก เช่น นักเรียนอธิบายว่าวิตามินที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ คือ วิตามิน B คอมเพล็กซ์และวิตามิน C โดยให้เหตุผลว่า “วิตามิน B คอมเพล็กซ์และวิตามิน C สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งต่างจากวิตามิน A วิตามิน D วิตามินE และวิตามิน K ที่ไม่สามารถละลายในน้ำได้ ทำให้วิตามิน B คอมเพล็กซ์และวิตามิน C สามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง”จากคำตอบนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสามารถแยกประเภทของวิตามินได้แต่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เพราะนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยลิพิดเป็นหลักทำให้วิตามินที่ละลายในไขมันสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้โดยตรง

8. การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์

จากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน พบว่ามีนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่าแร่ธาตุต้องผ่านการย่อยก่อนเข้าสู่เซลล์และพบว่านักเรียนไม่สามารถอธิบายรูปแบบของธาตุที่สามารถเข้าสู่เซลล์ได้ จากการวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับการนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) ร้อยละ 58.14 ตัวอย่างเช่น จากการให้นักเรียนอธิบายว่าแร่ธาตุที่อยู่ในรูปใดที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ทันที นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่าถูกต้องว่า K^+ เป็นแร่ธาตุที่สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ทันที โดยให้เหตุผลว่า “K^+ เป็นสารประกอบไม่มีพันธะ มีเพียง 1 อะตอมจึงไม่ต้องใช้เวลาในการสลายพันธะ” ส่วนตัวอย่างแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบมาก คือ นักเรียนตอบว่า $CaCO_3$ เป็นแร่ธาตุในรูปที่สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ทันทีและให้เหตุผลว่า “มีขนาดเล็ก จึงทำให้ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้เลย” หรือตอบว่า $Ca(PO_4)_2$ เพราะอยู่ในรูปของไอออน สามารถนำไปใช้ได้เลยซึ่งจากคำตอบนี้แสดงว่านักเรียนยังไม่ทราบว่าไอออน คือ อะไร แต่จำได้ว่าแร่ธาตุต้องอยู่ในรูปของไอออนรองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (MU) ร้อยละ 32.56 ตัวอย่าง เช่น นักเรียนเข้าใจว่าโดยตัวอย่างแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบมาก คือ นักเรียนตอบว่า $CaCO_3$ เป็นแร่ธาตุในรูปที่สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ทันทีและให้เหตุผลว่า “เพราะมีขนาดเล็กจึงทำให้ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้เลย” หรือตอบว่า $Ca(PO4)_2$ เพราะอยู่ในรูปของไอออน สามารถนำไปใช้ได้เลยซึ่งจากคำตอบนี้แสดงว่านักเรียนยังไม่ทราบว่าไอออน คือ อะไร แต่จำได้ว่าแร่ธาตุต้องอยู่ในรูปของไอออน

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) รวมกันคิดเป็นร้อยละ 40 โดยพบว่านักเรียนมีแนวคิดในกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดในแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของโปรตีน แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของกรดนิวคลีอิกแนวคิดเรื่อง

โครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต และโครงสร้างและคุณสมบัติของของน้ำเท่ากัน ตามลำดับ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (PU&MU) คิดเป็นร้อยละ 42 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่อง สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์ โครงสร้างและคุณสมบัติของน้ำ และโครงสร้างและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MU) คิดเป็นร้อยละ 18 โดยพบมากที่สุดในแนวคิดเรื่อง การนำแร่ธาตุเข้าสู่เซลล์ โครงสร้างและหน้าที่ของลิพิดและประเภทของวิตามิน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสาเหตุที่นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) จำนวนน้อยแต่พบกลุ่มแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) มากกว่านั้นอาจเนื่องมาจากธรรมชาติของนักเรียนที่ไม่ชอบการเขียนอธิบาย และนักเรียนไม่เคยทำแบบวัดที่มีลักษณะเป็น 2 ชั้นที่มีทั้งส่วนของตัวเลือกและส่วนที่เขียนอธิบายทำให้ต้องใช้เวลานานอีกทั้งเวลาในการทำข้อสอบมีจำกัดทำให้นักเรียนไม่มีเวลาคิดและไตร่ตรองคำตอบอาจทำให้วัดผลได้ไม่ตรงกับความสามารถของนักเรียน (พรทิพย์ ไชยโส, 2545) ส่วนสาเหตุที่ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนบางส่วน (PU&MU) จำนวนมาก และยังพบว่านักเรียนบางส่วนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (MU) นั้นอาจเนื่องมาจากการบริหารเวลาในการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำชิ้นงานที่มีรายละเอียดซับซ้อนทำให้ต้องยกกิจกรรมบางส่วนไปไว้ในคาบถัดไปและเริ่มบทเรียนใหม่ทันทีจึงอาจทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไม่ต่อเนื่องและขาดเวลาในการจัดระบบความคิดของตนเอง (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537; พิคเนตร อุทัยไชย, 2554) นอกจากนี้จากการตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ พันธะเคมี ความแตกต่างของไอออนกับโมเลกุล การมีขั้ว และการละลาย ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้เรื่องคุณสมบัติของสารและมีผลต่อการอธิบายแนวคิดของผู้เรียน สอดคล้องกับกาญจนา ดังคะประดิษฐ์ (2547) และ อรวรรณ จันทร์ฟู (2554) ที่พบว่าแม้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมแล้วก็ตามนักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดในเรื่องพันธะเคมี การมีขั้วของสารโคเวเลนซ์อยู่ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาเป็นนามธรรมยากที่นักเรียนจะจินตนาการได้ถูกต้องซึ่งจุดนี้อาจมีผลต่อการเรียนรู้แนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตได้

แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาความรู้เดิมเกี่ยวกับเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนเคยเรียนรู้เพียงประเภทของสารอาหารและโครงสร้างของสารอาหารในภาพรวมยังไม่ทราบเกี่ยวกับลักษณะของหน่วยย่อย การเกิดพันธะ และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติและโครงสร้างของสารที่มีความเกี่ยวข้องกับหน้าที่ของสารในเซลล์ และกระบวนการต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต ประกอบกับนักเรียนขาดความรู้พื้นฐานทางเคมี อีกทั้งเนื้อหาเรื่องเคมีพื้นฐานยังเป็นหนึ่งในเนื้อหาทางชีวเคมีที่จัดว่าเป็นเรื่องยากและซับซ้อนต้องใช้จินตนาการสูง (Wood, 1990) แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบบริบทเป็นฐานแล้วพบว่านักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเพิ่มขึ้นจากความรู้เดิม โดยพบว่านักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 40 นั้นถือว่าเป็นการพัฒนาแนวคิดที่เพิ่มขึ้นอย่างสอดคล้องกับธรรมชาติและความรู้เดิมของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์แนวคิดและกิจรรมที่ใช้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าในการพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตควรให้ความสำคัญกับแนวคิดพื้นฐานทางเคมีเกี่ยวกับพันธะ ความแตกต่างของโมเลกุล ไอออน การมีขั้วและการละลายของสาร การใช้บริบทที่อยู่ในความสนใจของวัยรุ่นช่วยเร้าความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนได้ดี ซึ่งครูควรใช้คำถามประเภทคิดวิเคราะห์ช่วยให้นักเรียนสังเกตและเปรียบเทียบความแตกต่างของโครงสร้างเพื่อนำไปสู่การจำแนกประเภทได้ และควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของสารด้วยซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของความรู้ที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน

การสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้น่าสนใจนอกจากใช้บริบทใกล้ตัวผู้เรียนแล้ว การใช้สื่อรูปภาพและการสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพโครงสร้างของสารและสามารถเชื่อมโยงไปสู่หน้าที่ของสารในสิ่งมีชีวิตได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนและครู และฝึกให้นักเรียนทำข้อสอบแบบ 2ชั้นและเขียนอธิบายเหตุผลเพื่อให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับการทำแบบวัดก่อน และในการวัดแนวคิดควรใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่นนอกจากการใช้แบบวัดแนวคิดแล้วอาจต้องสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมด้วยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา คังคะประดิษฐ์. 25467. **การสอนให้เกิดแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ตามแนวคอนสตรักติวิซึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551. **การพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิพย์ ไชยโส, 2545. **เอกสารคำสอนวิชา 153521 หลักการวัดและประเมินผลการศึกษาขั้นสูง**. คณะศึกษาศาสตร์:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรินทร์ ชูกลิ่น. 2554. **การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน วิชาชีววิทยาเรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิคเนตร อุทัยไชย. 2554. **การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภพ เลาหไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

ศรวณีย์ ลาเต. 2553. **การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องความหลากหลายทางชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีสรรคนิยมและการใช้แหล่งการเรียนรู้ในท้องถิ่น.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรเดช ศรีทา. 2554.**การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องระบบหมุนเวียนในเลือด.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิมล ว่องวาณิช. 2555. **การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน.** พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ จันทร์ฟู. 2554. **การศึกษาแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม.** วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกรัตน์ ศรีตัญญู. 2555. การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาเคมี. **ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์.** 27(2): 33-47.

References

CakirM. 2008. Constructivist Approaches to Learning in Science and Their Implications for Science Pedagogy: A Literature Review. **International Journal of Environmental &Science Education**, 3(4): 193–206.

Canal, P. 1999. Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? **International Journal of Science Education** 21(4),363–371.

Chaiso, P. 2002. Teaching Document in 153521 Principal of Educational Measurement and Evaluation in High Level.Faculty of Education, Kasetsart University. (in Thai).

Chooklin, P. 2011. Classroom Action Research in Learning Activity Development in Problem Based Learning in Biology Subject in Basic Chemistry of Living Things for Matayom 4 Students. Master of thesis in Science Education, Khomkhan University. (in Thai).

Chunfoo, A. 2011.Education in Chemistry Concept of Matayom 4 Students by Learning Activity based on Constructivism. (in Thai).

Dungkapradit, K. 2003. Concept Teaching in Chemistry based on Constructivism for Matayom 4 Students. Master of Thesis in Science Teaching, Kasetsart University. (in Thai).

Gilbert, J.K. 2006. "On the nature of"Context" in chemical education." **International Journal of Science Education**, *28*(9), 957 – 976.

Haidar, A.H. 1997. Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conservation of Matter and Related Concepts. **Journal of Research in Science Education** 34(2): 181–197.

Laokapaiboon, P. 1997. Teaching in Science.2nd Edition. Bangkok: WantanaPanich Printing House. (in Thai).

Late, S. 2010.Development of Science Concept in Varity Biogas of Mattayom 4 Students by Learning Management Theory and Learning Source in Local Area.Mater of Thesis in Science Education, Kasetsart University. (in Thai).

Ruttanadej, T. 2008. Development t in Cell Breathing Concept of Matayom 6 Students by Using Investigative Instruction.Master of Thesis in Science Education, Kasetsart University. (in Thai).

Srita, S. 2011. Development in Science Concept in Circulatory System in Blood.Master of Thesis in Science Teaching, Kasetsart University. (in Thai).

Sritunyoo, A. 2012.Learning Management in Context Basement in Chemistry Subject.Kasetsart Educational Review. 27(2): 33–47. (in Thai).

Uthaichai, P. 2011. Concept Development of Matayom 6 Students in GeneticsMolecule by Investigative Instruction.Master of Thesis in Science Education, Kasetsart University. (in Thai).

Vonvanich, S. 2012. Classroom Action Research.16th Edition. Bangkok: Chulalongkorn Printing House. (in Thai).

Wieringa, N., F. M. Janssen, and J. H. Van Driel. 2011. Biology Teachers Designing Context–Based Lessons for Their Classroom Practice—The importance of rules–of–thumb. **International Journal of Science Education** 33 (17): 2437 – 2462.

Wood, E.J. 1990. Biochemistry is a Difficult Subject for Both Student and Teacher. **Biochemical Education** 18(4): 170–172.