



วารสารอิเล็กทรอนิกส์
ทางการศึกษา

OJED, Vol. 12, No. 1, 2017, pp. 188 - 203

OJED
An Online Journal
of Education
<http://www.edu.chula.ac.th/ojed>

ผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

EFFECTS OF THE USING REPRESENTATION CONSTRUCTION APPROACH ON THE
MODELING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN BIOLOGY SUBJECT OF UPPER
SECONDARY SCHOOL STUDENTS

นางสาว หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล *

Nungruthai Kiatphimon

อ.ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ **

Pornthep Chantraukrit, Ph.D.

ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์ ***

Assist. Prof. Rossarin Pollawatn, Dr.rer.nat

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น ที่มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด และ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษาที่ 2559 จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.89 2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่มีความเที่ยงเท่ากับ 0.87 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.25-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.65 และ 3) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คือ ร้อยละ 80.18 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในระดับดี คือ ร้อยละ 70.49 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 80 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

* นิสิตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: gubgibzn04@gmail.com

** อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Pomthep.Ch@chula.ac.th

*** อาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address: Rossarin.P@chula.ac.th

Abstract

This study was a pre-experimental research. The purposes of this study were to 1) study the scientific modeling ability of upper secondary school students who learned through the representation construction approach, and 2) study the biology learning achievement of upper secondary school students who learned through the representation construction approach. The target group was 27 grade 12 students of an extra-large sized school in Bangkok who studied in the first semester of academic year 2016. The research instruments were 1) a scientific modeling ability evaluation form with a rater agreement index at 0.89, 2) a biology learning achievement test with reliability at 0.87 and level of difficulty between 0.25-0.80 with a level of discrimination between 0.20-0.65, and 3) representation construction approach lesson plans. The collected data was analyzed by arithmetic mean, mean of percentage and standard deviation.

The research findings were as follows: 1) the scientific modeling ability of the students who learned through the representation construction approach was rated at a good level at the percentage of 80.18 which was higher than the criterion set at percentage of 70, and 2) the biology learning achievement of the students who learned through the representation construction approach was rated at a good level at percentage of 70.49 which was lower than the criterion set at a percentage of 80.

คำสำคัญ: แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด/ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

KEYWORDS: REPRESENTATION CONSTRUCTION APPROACH/ SCIENTIFIC MODELING ABILITY/ BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT

บทนำ

ปัจจุบันการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศให้ความสำคัญกับการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific practice/practical work in science) (Schweingruber, H., Keller, T., & Quinn, H., 2012) เช่น มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ของประเทศอเมริกา หรือ Next Generation Science Standards (NGSS) ที่เน้นการสอนวิทยาศาสตร์ไปที่การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (Practices of science and engineering) โดยการปฏิบัติหนึ่งที่ NGSS ให้ความสำคัญ คือ การสร้างและใช้แบบจำลอง (Developing and using models) อันเป็นสิ่งที่สะท้อนการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ สำหรับการศึกษาศาสตร์ของประเทศไทยได้ระบอบองค์ประกอบหนึ่งของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ คือ การสร้างแบบจำลอง ดังปรากฏในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 8 คือ การสร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบเพื่ออธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และการสร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะค้นพบหรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) นอกจากนี้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ยังนำไปสู่การพัฒนาคำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยให้วิทยาศาสตร์สามารถแก้ไขปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ (Nicolaou, C. T., & Constantinou, C., 2014) นอกจากนี้ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจสอบสมมติฐานผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) และแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับการสื่อสารและอธิบายสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบไปยังบุคคลอื่น เพื่อทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขยายวงกว้างออกไป (Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., et al., 2016) แบบจำลองจึงเปรียบเสมือนสะพานช่วยเชื่อมต่อระหว่างทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Prins, G. T., Bulte, A. M., Van Driel, J. H., & Pilot, A., 2009) ในด้านการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ Schwarz et al. (2009) กล่าวถึงประโยชน์ของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า 1) แบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2) แบบจำลองช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้น และสามารถสื่อสารความเข้าใจไปยังบุคคลอื่นได้ และ 3) แบบจำลองช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา วิธีการ และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในทางชีววิทยา เช่น แบบจำลองสายใยอาหาร (food web model) (Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., et al., 2009) ตารางพินเนตต์ (Punnett square) ซึ่งเป็นแผนภาพที่ใช้ช่วยทำนายผลที่ได้จากการทดลองการผสมพันธุ์ แบบจำลองลักษณะของดีเอ็นเอที่มีลักษณะพันเป็นเกลียวคู่ (Double helix) และแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change model) (Schademan, A. R., 2014) เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น แม้ว่าแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญ และเป็นส่วนหนึ่งของแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ (Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงผลการประเมินในระดับนานาชาติที่พิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เข้าเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินนั้น พบว่าผลการประเมินที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

จากการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) โครงการ Programmed for International Student Assessment หรือ PISA กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA ในปี ค.ศ. 2015 ไว้ส่วนหนึ่งว่าเกี่ยวกับสมรรถนะทางด้านการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ในการระบุการใช้ และการสร้างคำอธิบายด้วยแบบจำลองและตัวแทนความคิด พบว่านักเรียนมีผลคะแนนการประเมินดังนี้ คือ คะแนนเฉลี่ย 421 432 429 425 444 และ 421 ในการประเมินในปีค.ศ. 2000 2003 2006 2009 2012 และ 2015 ถือว่าต่ำกว่าคะแนนมาตรฐานที่ 500 คะแนน และต่ำกว่าคะแนนมาตรฐานเฉลี่ยนานาชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2554)

เมื่อพิจารณาการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาในระดับนานาชาติของโครงการ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น โครงการ TIMSS ทำการประเมินครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งกระบวนการคิดที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ หนึ่งในองค์ประกอบที่โครงการ TIMSS ใช้ในการประเมินผลพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการประยุกต์ความรู้ คือ การใช้แบบจำลอง (Use model) ซึ่งหมายถึง การใช้แผนภาพหรือแบบจำลองเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ โครงสร้าง ความสัมพันธ์ กระบวนการ ระบบหรือวัฏจักรทางชีวภาพและทางกายภาพ (เช่น โซ่อาหาร และวัฏจักรน้ำ) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากลาง 500 คะแนน พบว่า คะแนนด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการประยุกต์ความรู้ยังต่ำกว่าคะแนนมาตรฐาน คือในปี ค.ศ. 2007 และ 2011 พบว่านักเรียนไทยทำคะแนนในส่วนนี้ได้ 471 และ 451 คะแนน ตามลำดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2552; 2556)

จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรส่งเสริมหรือพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อันจะนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้แก่ นักเรียน ซึ่งจากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าแนวทางหนึ่งที่นำไปสู่การพัฒนาแบบจำลอง คือ การจัดการเรียนการสอนตามแนวการสร้างตัวแทนความคิด (Representation construction approach) ที่เป็นแนวการสอนที่พัฒนามาจากงานวิจัยของโครงการ Recent Australian Research (ARC) ในประเด็นของตัวแทนความคิดในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หรือ Representations in Learning Science (IRIS 2007-2010) และโครงการ Creating Representation in Science Pedagogy (CRISP 2012-2015) ที่ประสบความสำเร็จในการทดลองและพัฒนาแนวทางการจัดการ

เรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐานผ่านการกระตุ้นให้นักเรียนมีโอกาสร่างความรู้ด้วยการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ หรือที่เรียกว่า “แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด” (Representation construction approach) (Tytler, R., Hubber, P., Prain, V., & Waldrup, B., 2013) แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดประกอบด้วยหลักการที่ช่วยสนับสนุนแนวการสร้างตัวแทนความคิด 4 ข้อ ได้แก่ 1) การลำดับตัวแทนความคิด (Teaching sequences are based on sequences of representation) 2) การอภิปรายตัวแทนความคิดให้ชัดเจน (Representations are explicitly discussed) 3) การเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful learning) และ 4) การประเมินผ่านตัวแทนความคิด (Assessment through representation) ซึ่งเน้นไปที่การกระตุ้นให้นักเรียนลงมือสร้างตัวแทนความคิดและร่วมกันอภิปรายตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้น อันจะนำไปสู่การสำรวจค้นหาและสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปรากฏการณ์

ผลจากการนำตัวแทนความคิดมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน ในรูปแบบของการเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้ การเพิ่มคุณภาพของการเรียนรู้ การเพิ่มมโนทัศน์และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียน (วิญฉัตร พูนพิพัฒน์, 2557) และสำหรับครูผู้สอนในการเพิ่มความรู้เกี่ยวกับศาสตร์การสอน (Pedagogical knowledge) (Hubber, P., 2010) และนำไปสู่สมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแทนความคิดซึ่งมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับการสร้างแบบจำลองอย่างใกล้ชิด (Tytler, R., Hubber, P., Prain, V., & Waldrup, B., 2013)

จากแนวคิด และงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจในการนำแนวการสร้างตัวแทนความคิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางชีววิทยา อันเป็นหนึ่งในแนวทางที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ชีววิทยาที่ดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยแนวการสร้างตัวแทนความคิด
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยแนวการสร้างตัวแทนความคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One Group Posttest Only Design คือ มีการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน

1. การเลือกโรงเรียนและกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

1.1 การเลือกโรงเรียน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีเลือกโรงเรียนแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในเขตพระนคร กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งของกลุ่มที่ใช้ในการวิจัย โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน คือ 1) เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) เป็นโรงเรียนที่มีนักเรียนมากเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และ 3) เป็นโรงเรียนที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

1.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย สำหรับการเลือกกลุ่มที่ศึกษา ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีเลือกกลุ่มที่ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) คือ เลือกนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (ห้องเรียนพิเศษคณิตศาสตร์) ซึ่งมีนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 27 คน นักเรียนทั้งหมดเป็นเพศหญิง โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีพื้นฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีถึงดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (2551) ข้อมูลจากการสังเกตในระหว่างการจัดการเรียนการสอนภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2558 พบว่านักเรียนในห้องเรียนมีความประพฤติที่เรียบร้อย มีความเอาใจใส่ต่อการเรียน และนอกจากนี้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน เมื่อเรียนเนื้อหาผ่านกิจกรรมและการทำปฏิบัติการทดลอง เมื่อสอบถามนักเรียนจากแบบสอบถามทัศนคติต่อการเรียนชีววิทยา พบว่าสิ่งที่เป็นปัญหาต่อการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 6 คือ การสร้างมโนภาพ (visualization) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Representation) ที่กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นการเปลี่ยนรูปของกรอบความคิดให้เป็นภาพหรือรูปแบบที่มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Wu & Puntambekar, 2012)

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวการสร้างตัวแทนความคิด เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ จำนวน 7 แผน ใช้เวลาในการสอน คือ 20 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ซึ่งประกอบด้วยหลักการที่ใช้ในการสอน 4 หลักการ คือ 1) การลำดับตัวแทนความคิด 2) การอธิบายตัวแทนความคิดให้ชัดเจน 3) การเรียนรู้อย่างมีความหมาย และ 4) การประเมินผ่านตัวแทนความคิด และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบประเมินการปฏิบัติและผลงานของนักเรียนจากพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การประเมินแบบจำลอง และ 4) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยแบบประเมินนี้นำไปใช้เพื่อวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนการสอน 4 ครั้งเป็นรายกลุ่ม ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุวิศวกรรมและการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอ กำเนิดสปีชีส์และวิวัฒนาการมนุษย์ และความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพ โดยการจัดการเรียนรู้ 1 ครั้งในคาบสุดท้าย คือ แผนจัดการเรียนรู้เรื่องความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพใช้สำหรับประเมินผลความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาที่มีประสบการณ์ในการนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้ในห้องเรียน อาจารย์มหาวิทยาลัย คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และอาจารย์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.67-1.0 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.89

2.2.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านพุทธิพิสัย โดยวัดจากพฤติกรรมการเรียนรู้โดยมีองค์ประกอบ 4 ประการตามแนวคิดของ Klopfer คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ดำเนินการตรวจสอบความตรงและความเหมาะสมของแบบสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ครูที่มีประสบการณ์สอนวิชาชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการในโรงเรียนมัธยมศึกษา อาจารย์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญในวิชาชีววิทยา และเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ และอาจารย์มหาวิทยาลัย คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยา การวัด และประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบความตรงเนื้อหา ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.67-1.0 หลังจากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 40 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อในด้านของความยากซึ่งอยู่ระหว่าง 0.32 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 – 0.65 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลกับนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (ห้องเรียนพิเศษคณิตศาสตร์) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลารวม 22 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็นก่อนดำเนินการทดลอง 1 คาบ ระหว่างการทดลอง 20 คาบ และหลังการทดลอง 1 คาบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 **ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง** ผู้วิจัยทำการแนะนำรายวิชา วัตถุประสงค์ของรายวิชา การวัดและประเมินผลให้นักเรียน และแนะนำวิธีการเรียนการสอนด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดให้นักเรียนเข้าใจใน 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ลักษณะการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด 2) บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอน และ 3) จุดประสงค์ของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.2 **ขั้นดำเนินการทดลอง** ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดเป็นจำนวน 20 คาบ คาบละ 50 นาที และดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรม ดังตาราง 1

ตาราง 1 เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรมการเรียนการสอน

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	พันธุวิศวกรรมและการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอและการโคลนนิ่งโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย	2
2	การโคลนนิ่งในหลอดทดลองการวิเคราะห์ดีเอ็นเอและการศึกษาจีโนม	4
3	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอ	2
4	หลักฐานที่บ่งบอกถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	4
5	พันธุศาสตร์ประชากร	2
6	ปัจจัยที่ทำให้เกิดความถี่อัลลีล	2
7	กำเนิดสปีชีส์และวิวัฒนาการมนุษย์	2
8	ความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพ	2
รวม		20

3.2.1 คาบสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด คือ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่องความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพ ทำการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยการปฏิบัติและผลงานของนักเรียนเพื่อใช้สำหรับการตัดสินผล

3.2.2 เมื่อดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียนนักเรียนโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา จำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้ 50 นาที

3.3.3 นำผลคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยสถิติเชิงบรรยาย (Descriptive statistics) วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้านการสร้าง การใช้ การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดในการดำเนินการจัดการเรียนรู้

4.1.2 นำคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นำมาวิเคราะห์ระดับความสามารถโดยการเปรียบเทียบจากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด (Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., et al., 2009)

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ด้วยสถิติเชิงบรรยาย (Descriptive Statistics) วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.2.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลอง

4.2.2 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามาวิเคราะห์ระดับผลการเรียน โดยการเปรียบเทียบจากเกณฑ์ประเมินระดับผลการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

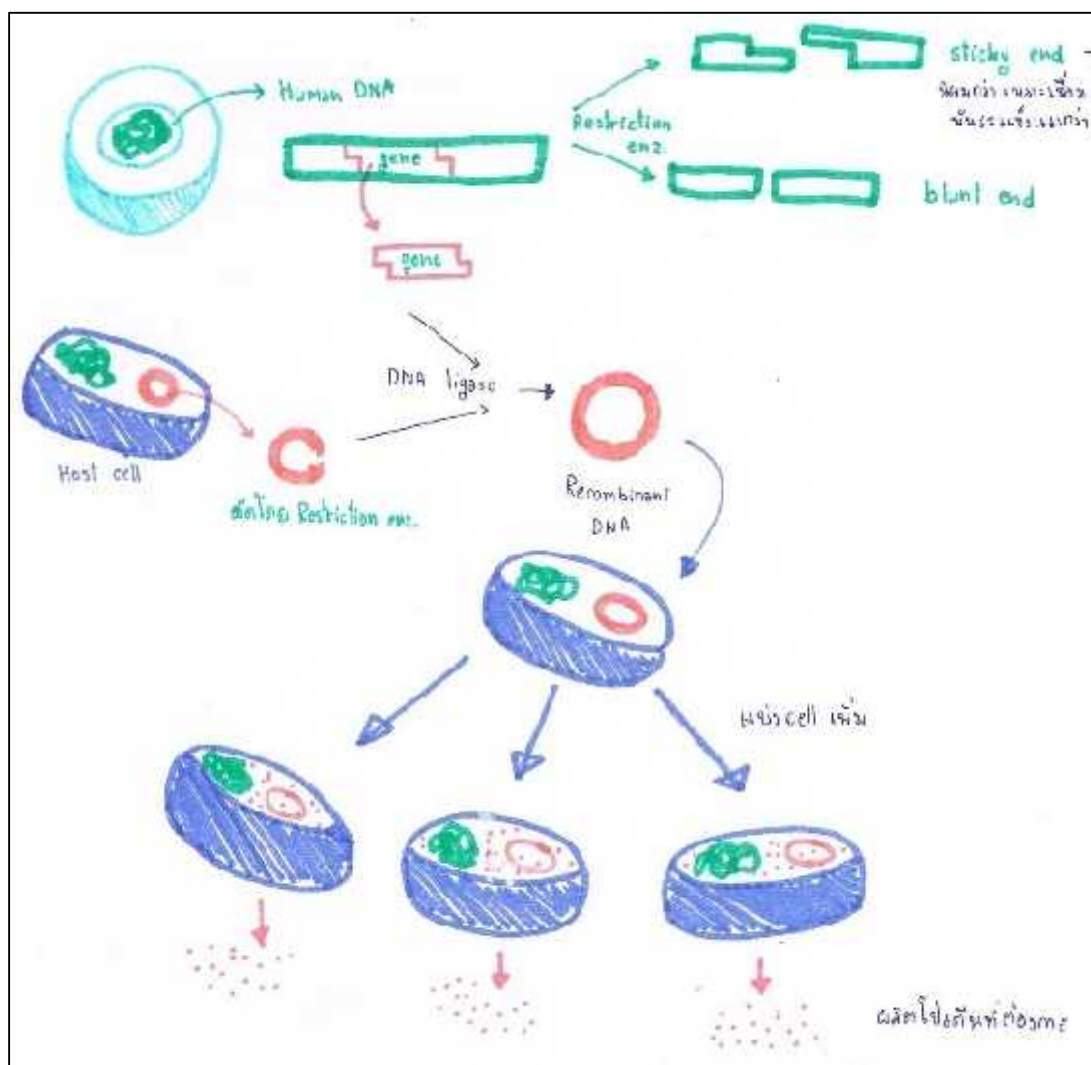
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1) การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 13.35 คิดเป็นร้อยละ 83.4 อยู่ในระดับดี ซึ่งตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในระดับดี คือ ร้อยละ 70 ดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับความสามารถของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ครั้งที่	เนื้อหาเรื่อง	ค่าเฉลี่ย (x)	ค่าเฉลี่ยร้อยละ (xร้อยละ)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับ ความสามารถ
1	พันธุวิศวกรรมและการสร้าง รีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ	8.33	52.08	0.52	พอใช้
2	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอ	9.67	60.43	1.033	พอใช้
3	กำเนิดสปีชีส์และวิวัฒนาการมนุษย์	11.33	70.81	1.033	ดี
4	ความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพ	12.83	80.18	0.89	ดี

2) ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง มีดังนี้



จากตัวอย่างแสดงความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในระดับดี และมีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) นักเรียนสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดี เนื่องจากแสดงการเป็นตัวแทนของขั้นตอนการสร้างรีคอมบีแนนท์ดีเอ็นเอได้ครอบคลุม สามารถระบุขั้นตอนได้ครบถ้วน และมีการใช้ลูกศรเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนหลัง แต่นักเรียนสร้างแบบจำลองเชิงภาษา โดยการระบุเพียงข้อความสั้น ๆ ทำให้แบบจำลองไม่สามารถแสดงถึงความเข้าใจของนักเรียนต่อหลักการสร้างรีคอมบีแนนท์ดีเอ็นเอได้

2) นักเรียนใช้แบบจำลองอยู่ในระดับดี โดยเลือกแบบจำลองเชิงภาพและแบบจำลองเชิงภาษา ประกอบการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้แบบจำลองแสดงขั้นตอนของการสร้างรีคอมบีแนนท์ดีเอ็นเอได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ยังขาดการอธิบายถึงสัญลักษณ์บางอย่างในภาพ เช่น การใช้จุดเล็ก ๆ ในภาพ

3) นักเรียนประเมินแบบจำลองอยู่ในระดับพอใช้ โดยนักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักการและขั้นตอนของการสร้างรีคอมบีแนนท์ดีเอ็นเอได้ดีกว่าจากการลงมติของกลุ่ม แต่นักเรียนไม่ได้ระบุเหตุผลว่าแบบจำลองนั้นดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ อย่างไร รวมถึงนักเรียนเลือกแบบจำลองจากความสวยงาม ดังที่ระบุไว้ว่า “แบบจำลองของกลุ่มที่ 1 มีสีสันสวยงาม วาดภาพได้เป็นระเบียบ”

4) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากนักเรียนปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้องขึ้น โดยการระบุหมายเลขในขั้นตอน และปรับปรุงให้แบบจำลองมีความสวยงามขึ้น

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด ศึกษาจากพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้ไปใช้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเท่ากับ 21.15 คิดเป็นร้อยละ 70.49 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.05 อยู่ในระดับดี ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในระดับดีมาก คือ ร้อยละ 80 ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับผลสัมฤทธิ์ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ

พฤติกรรมการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับ ผลสัมฤทธิ์
1. ความรู้ความจำ	4.37	72.83	1.36	ดี
2. ความเข้าใจ	5.56	69.50	1.50	พอใช้

3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	7.67	76.70	1.41	ดี
4. การนำความรู้ไปใช้	3.56	44.50	1.28	ไม่ผ่าน
รวม	21.148	70.49	4.05	ดี

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดในวิชาชีววิทยา พบว่าแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดอยู่ในระดับดี เนื่องจากแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีจุดเด่น 2 ประการ ดังนี้

ประการแรก แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างและใช้แบบจำลอง เพื่อแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ รวมถึงทำให้นักเรียนสามารถประเมินและปรับปรุงแบบจำลองได้ จากการอภิปรายตัวแทนความคิดผ่านการระบุข้อดี-ข้อจำกัดของแบบจำลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Löhner, van Joolingen, and Savelsbergh. (2003) ที่ทำการศึกษาผลของการใช้ตัวแทนความคิดที่มีต่อกระบวนการในการสร้างแบบจำลอง และพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยตัวแทนความคิดส่งผลต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองในรายวิชาฟิสิกส์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประการที่สอง การอภิปรายตัวแทนความคิดให้ชัดเจน โดยการแสดงข้อสนับสนุนหรือข้อโต้แย้งพร้อมทั้งการให้เหตุผลประกอบ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือนักเรียนสามารถเลือกใช้ประเภทของแบบจำลองได้เหมาะสม และครอบคลุมกับการอธิบายปรากฏการณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะณัฐ นันทการณ (2551) ที่ทำการศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อโน้ตทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการได้รับผลการสะท้อนกลับ (Reflection) จากครูและเพื่อน ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์สามารถนำความรู้ไปพัฒนาแบบจำลองของตนเอง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และวิวัฒนาการ ผลการวิจัยสรุปว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนที่เรียนด้วยการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดอยู่ในระดับดี ซึ่งต่ำกว่าสมมติฐานข้อที่ 2 ที่วางไว้ คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีระดับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับดีมาก อาจเนื่องมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ แต่เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้เฉพาะด้านพบว่า นักเรียนมีคะแนน

เฉลี่ยด้านพฤติกรรมความรู้ความจำและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดทำให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ ทำให้เนื้อหาที่อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Windschitl, M., 2013) และการลงมือปฏิบัติในกิจกรรมทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นข้อมูล เป็นต้น (Wu & Puntambekar, 2012)

ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยา เนื่องจากแนวคิดนี้มีความยืดหยุ่น สามารถนำไปปรับใช้กับบริบทเนื้อหาอื่น ๆ และสามารถปรับเปลี่ยนลักษณะของกิจกรรมให้เหมาะสมกับระดับชั้นและความสามารถของนักเรียนได้ และถึงแม้ว่าแนวคิดนี้จะไม่มีขั้นตอนที่เป็นแบบแผน แต่มีลำดับของหลักการที่ค่อนข้างชัดเจนซึ่งช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีข้อเสนอแนะ มีดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1) ครูผู้สอนควรเตรียมตัวในขั้นของการเตรียมการสอนล่วงหน้าทั้งในส่วนของบริบทเนื้อหา ตัวแทนความคิดที่มีความเหมาะสมต่อบริบทเนื้อหา กิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ การเตรียมอุปกรณ์ให้มีความพร้อมเพียงพอต่อจำนวนนักเรียน ตลอดจนการทดลองทำกิจกรรมก่อนที่จะทำการเรียนการสอน

2) ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนควรกำหนดระยะเวลาของการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนในห้องเรียนดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน และควบคุมเวลาที่ใช้สำหรับการอภิปรายตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้น เพื่อให้ช่วงเวลาในการอภิปรายมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินความสามารถในการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดควรใช้ร่วมกับการจัดการเรียนสอนแบบปกติหรือสลับกับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปความเข้าใจที่มีต่อได้มากขึ้น แต่ด้วยข้อจำกัดของเวลาเนื่องจากการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการทำกิจกรรมที่มากขึ้น และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มากเกินไปอาจทำให้นักเรียนมองว่าเป็นการเพิ่มภาระงานเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนแบบปกติ

4) ครูผู้สอนควรพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองแต่ละแบบกับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากแบบจำลองแต่ละแบบมีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) การทำวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยวิธีอื่น ๆ ประกอบ เช่น แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ร่วมกับการสะท้อนคิด (Reflection) จากนักเรียนเพิ่มเติม เนื่องจากเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนอาจมีความยากง่ายต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่เท่ากัน

2) ในงานวิจัยครั้งต่อไป อาจนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการการสร้างตัวแทนความคิดไปพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในหลักการที่ 2 การอธิบายตัวแทนความคิดให้ชัดเจน นักเรียนมีการแสดงการโต้แย้ง โดยการแสดงความคิดเห็นและประเมินเกี่ยวกับข้อดี-ข้อบกพร่องของตัวแทนความคิด/แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์พร้อมการแสดงเหตุผลประกอบ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ

ปิยะณัฐ นันทการณ. (2551). *ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

วิญฉัตร พูนพิพัฒน์. (2557). *ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องสารและสมบัติของสารและความสามารถในการวิเคราะห์* ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา (OJED)*, 9(1), 370-382.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2552). *คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทย สังเคราะห์ การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2006 และ TIMSS 2007*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2554) *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2556). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สมุทรปราการ สืบค้นจาก http://research.ipst.ac.th/files/executiveTIMSS2011_G8.pdf

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ภาษาอังกฤษ

- Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., et al. (2016). Exploring models in the biology classroom. *The American Biology Teacher*, 78(1), 35-42.
- Hubber, P. (2010). *Year 8 students' understanding of astronomy as a representational issue: Insights from a classroom video study*. Paper presented at the Physics community and cooperation: Selected contributions from the GIREP-EPEC & PHEC 2009 International Conference.
- Löhner, S., van Joolingen, W. R., & Savelsbergh, E. R. (2003). The effect of external representation on constructing computer models of complex phenomena. *Instructional Science*, 31(6), 395-418.
- Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.
- Prins, G. T., Bulte, A. M., Van Driel, J. H., & Pilot, A. (2009). Students' involvement in authentic modelling practices as contexts in chemistry education. *Research in Science Education*, 39(5), 681-700.
- Schademan, A. R. (2014). Building connections between a cultural practices and modeling in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1425-1448.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., et al. (2009). Developing a learning for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Schweingruber, H., Keller, T., & Quinn, H. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Tytler, R., Hubber, P., Prain, V., & Waldrup, B. (2013). A representation construction approach. in R. Tytler, V. Prain, P. Hubber, & B. Waldrup (Eds.), *Constructing Representations to Learn in Science* (pp. 31-50). Rotterdam: SensePublishers.
- Windschitl, M. (2013). *Models and modeling: An introduction*. *Tools for Ambitious Science Teaching*. Retrieved from [http:// ambitiousscienceteaching.org/wp-content/uploads/2014/09/Modelsand-Modeling-An-Introduction1.pdf](http://ambitiousscienceteaching.org/wp-content/uploads/2014/09/Modelsand-Modeling-An-Introduction1.pdf)

Wu, H. K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767.