



การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้

โดยใช้แบบโมเดลเป็นฐาน

Biology teaching about cell division through model-based inquiry

อรลออ เผือกนอก

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (มอดินแดง) จังหวัดขอนแก่น

Onla-or Phuaknok

Khon Kaen University Demonstration Secondary School (modindaeng),

Khon Kaen Province, Thailand

Corresponding author email: onlapa@kku.ac.th

Received: 31 May 2021

Revised: 15 June 2021

Accepted: 30 June 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบโมเดลเป็นฐาน ที่พัฒนาขึ้นตามแนวทาง Gobert and Buckley (2002) ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นตอนการร่างแบบจำลอง (Model formation) ขั้นนี้แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จะได้รับการร่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน (2) ขั้นสร้างและทบทวนแนวคิดที่จำเป็นต้องการใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Generating ideas for mental model) เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน จากเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (3) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Model construction) นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจ การใช้เหตุผล การใช้แบบโมเดลต่างๆ เช่น สถานการณ์จำลอง แผนภาพ แผนผังแนวคิด คำอธิบาย ตาราง กราฟ เป็นต้น ผ่านการใช้แนวคิดการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) สำหรับสร้างแบบโมเดลของนักเรียน (4) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน (Model use and evaluation) ขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้แบบโมเดลของนักเรียนมานำเสนอโดยใช้อธิบายปรากฏการณ์อาจจะเป็นประสบการณ์ หรือการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้ความคิดที่เป็นเมตาคอกนิชันเพื่อจะพิจารณาว่าแบบโมเดลนั้นสมควรจะได้รับการสนับสนุน หรือปรับปรุงแก้ไข หรือ ถูกปฏิเสธ (5) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปใช้ปรากฏการณ์ใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นประสบการณ์ หรือการทดลอง เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

คำสำคัญ: วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบโมเดลเป็นฐาน ชีววิทยา การแบ่งเซลล์

Abstract

This article clarified Biology Teaching about Cell Division through Model-Based Inquiry (MBI). The MBI cell division unit was developed through Gobert and Buckley (2002) model based learning framework. This framework consists of 5 stages. This included (1) model formation, (2) generating ideas for mental model, (3) model construction, (4) model use and evaluation, and (5) Elaboration. Model formation relates to students' prior knowledge and new information. Generating ideas for mental model allows students to inquire the reasonable ideas of explain their mental model. Mental model construction requires students to develop the understanding, reasoning, and generating models (e.g. simulations, diagrams, concept mapping, explanations, tables, graphs, and so on) through analogous system for constructing a model. Model use foster students to use model to explain phenomena (experiences and experiments). Then, model evaluation allows students to metacognitive thinking in order to decide model reinforcement, model revision, or model rejection. Elaboration is about challenging students to use model to explain new phenomena.

Keywords: model based inquiry, biology, cell division

1. บทนำ

เนื่องจากเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ทุกประเทศจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบการศึกษาเพราะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการช่วยพัฒนาประเทศชาติและส่งเสริมทรัพยากรมนุษย์ให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักการศึกษาทุกประเทศจะต้องตระหนักเพื่อเตรียมความพร้อมทางด้านการศึกษาให้แก่บุคลากร ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้การศึกษามีความเชื่อว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้สร้างแนวคิดหรือองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ (constructivism) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดขึ้น ด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างแนวคิด และความหมายจากประสบการณ์ด้วยตนเอง (โชคชัย ยืนยง, 2561; วรณทิพา รอดแรงคำ, 2540)

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันนี้คือทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ (constructivism) ซึ่งเชื่อกันว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย ก่อนที่ครูจะจัด การเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้นั้นเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (process of learning) ที่แท้จริงของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่าง ๆ ที่มีผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำนวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนแต่ละคนสร้างความหมายโมเดล (โชคชัย ยืนยง, 2561; Tupsai et.al., 2015; Udomkan et.al., 2015; Yuenyong and Thathong, 2015) การสร้างความหมายโมเดลของนักเรียนควรจะได้ทำในทำนองเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งมีกระบวนการพัฒนาความรู้หนึ่งที่สำคัญของการสร้างความหมายผ่านแบบโมเดล เพื่อช่วยให้นักเรียนใช้แนวคิดการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) (Meela and Yuenyong, 2019)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากกิจกรรมการเรียนรู้นำไปสู่ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry, MBI) เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นหลักแล้วใช้แบบจำลองอธิบาย พบว่าสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้นได้ (พัฒน์ดา และร่มเกล้า 2560) โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้นั้นเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดวางแผนและออกแบบการทดลอง ตรวจสอบสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลหลักฐานหลังจากลงมือปฏิบัติการทดลอง การสร้างคำอธิบายและการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ สามารถที่จะอยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง (model) ซึ่งแบบจำลองมีบทบาทสำคัญในการอธิบายข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ (Neilson et al., 2010) อีกทั้งแบบจำลองยังมีความสำคัญต่องานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านการสร้างสมมติฐานเพื่อการทดลอง และเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นและจับต้องได้ (McNeill et.al., 2006; McNeill & Krajcik, 2008) และแบบจำลองยังช่วยให้เนื้อหาที่มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจและเมื่อนักเรียนเข้าใจการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วก็จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557) และการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการที่ช่วยส่งเสริมการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (พัฒน์ดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช, 2560; Grosslight, et.al., 1991)

ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่ของเซลล์และการแบ่งเซลล์ เป็นเนื้อหาสำคัญ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนทางด้านชีววิทยาในเรื่องต่างๆ เช่น การสังเคราะห์โปรตีน พันธุศาสตร์ ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ โครงสร้างและหน้าที่ของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องโครงสร้างหน้าที่ของเซลล์และการแบ่งเซลล์ มีลักษณะเป็นนามธรรม ซับซ้อน และมีปริมาณมาก ยากต่อการเข้าใจ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างเป็นรูปธรรม และมีความชัดเจนมากขึ้นเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Buckley, 2010) นอกจากนั้น พัฒน์ดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช (2560) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากกิจกรรมการทดลอง จนนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และพบว่าหลังเรียนนักเรียนจะมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาผู้เรียนช่วยให้เข้าใจในบทเรียน เกิดมนต์ที่ถูกต้องตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ และเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยเหตุนี้ ผู้เขียนจึงขอเสนอการรูปแบบการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาขึ้นตามแนวทาง Gobert and Buckley (2002) ที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

- (1) ขั้นก่อร่างแบบจำลอง (Model formation) ขั้นนี้แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จะได้รับการก่อร่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน
- (2) ขั้นสร้างและทบทวนแนวคิดที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Generating ideas for mental model) เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน จากเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา
- (3) ขั้นสร้างแบบจำลอง (model construction) นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจ การใช้เหตุผล การใช้แบบโมเดลต่างๆ เช่น สถานการณ์จำลอง แผนภาพ แผนผังแนวคิด คำอธิบาย ตาราง กราฟ เป็นต้น ผ่านการใช้แนวคิดการเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (Analogous system) สำหรับสร้างแบบโมเดลของนักเรียน
- (4) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน (model use and evaluation) ขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้แบบโมเดลของนักเรียนมานำเสนอโดยใช้อธิบายปรากฏการณ์อาจจะจะเป็นประสบการณ์หรือการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้ความคิดที่เป็นเมตาคอกนิชันเพื่อจะพิจารณาว่าแบบโมเดลนั้นสมควรจะได้รับการสนับสนุน หรือปรับปรุงแก้ไข หรือ ถูกปฏิเสธ
- (5) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปใช้ปรากฏการณ์ใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นประสบการณ์ หรือการทดลอง เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ในบทความนี้ขอยกตัวอย่าง การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ได้พัฒนาขึ้นตามแนวทางของ Gobert and Buckley (2002) ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ด้านชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์ และสามารถอธิบายสิ่งที่เข้าใจผ่านแบบจำลองการแบ่งเซลล์ โดยจะมีกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 5 ขั้น ได้แก่ (1) ขั้นก่อร่างแบบจำลอง (Model formation) (2) ขั้นสร้างและทบทวนแนวคิดที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Generating ideas for mental model) (3) ขั้นสร้างแบบจำลอง (model construction) (4) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน (model use and evaluation) (5) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ผู้เขียนจะขออธิบายการจัดกิจกรรมแต่ละขั้น ดังนี้

2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นก่อร่างแบบจำลอง กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ครูอาจจะเริ่มจากให้นักเรียนดูรูปภาพการเจริญโตของสิ่งมีชีวิต ว่าเพราะเหตุใดสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นจึงเจริญเติบโตได้ เพื่อจะกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์การแบ่งเซลล์ โดยให้นักเรียนเขียนการอธิบายเป็นภาพวาด ที่เป็นตัวแทนความคิดของตัวเอง ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นดังนี้

2.1.1 ครูให้นักเรียนดูภาพสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ หรือ พืช ที่มีการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลง

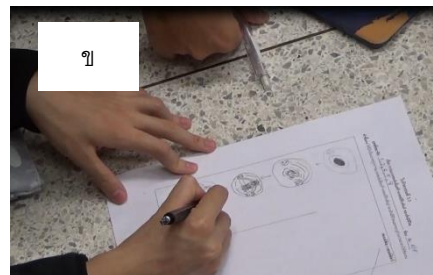
ไป จากนั้นครูใช้คำถามว่า จากภาพเมื่อเวลาผ่านไป สิ่งที่แตกต่างกันจากเดิมคืออะไร (แนวคำตอบ จากภาพสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีการเจริญเติบโต มีอายุมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากความสูงที่เพิ่มขึ้น (คน) และขนาดที่เพิ่มขึ้น (ต้นไม้)

2.1.2 ครูถามนักเรียนว่า การที่สิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเจริญเติบโตนั้น เกิดจากอะไร (แนวคำตอบ เกิดจากสิ่งมีชีวิตมีการแบ่งเซลล์เพื่อการเจริญเติบโต)

2.1.3 ครูชี้แจงว่า ในคาบนี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์และการแบ่งเซลล์ ซึ่งการแบ่งเซลล์แบ่งเป็นการแบ่งนิวเคลียสและการแบ่งไซโทพลาสซึม การแบ่งนิวเคลียสยังแบ่งเป็นการแบ่งแบบไมโทซิสและไมโอซิส

2.1.4 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส โดยการวาดภาพลงในใบกิจกรรม ดังภาพที่ 1 (ก) และ (ข) เป็นภาพกิจกรรมระดมความคิดขณะสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์

2.1.6 ครูให้นักเรียนออกมานำเสนอภาพแบบจำลองการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งแบบ ไมโทซิส และ ไมโอซิส โดยเลือกอธิบายอย่างใดอย่างหนึ่งดังตัวอย่างในภาพที่ 2 (ก) การนำเสนอแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ข) การนำเสนอแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส



ภาพที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (ก), (ข) ภาพกิจกรรมสร้างแบบจำลองทางความคิด จากความรู้เดิม

2.2 กิจกรรมในชั้นสร้างและทบทวนแนวคิดที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ในขั้นนี้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินและทบทวนแบบจำลองการแบ่งเซลล์ โดย ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองการแบ่งเซลล์ของกลุ่มตัวเองและแบบจำลองการแบ่งเซลล์ของกลุ่มอื่นว่ามีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไรบ้าง ครูให้นักเรียนทำคู่มือสื่อประกอบการเรียน เรื่อง วัฏจักรของเซลล์ และ การแบ่งเซลล์ ซึ่งมี รายละเอียดและประเด็นที่นักเรียนควรเข้าใจ ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นดังนี้ความสำคัญของการแบ่งเซลล์

วัฏจักรเซลล์ : ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ที่ประกอบด้วยระยะย่อย G1, S, G2

วัฏจักรเซลล์ : ระยะเวลาแบ่งนิวเคลียส (Division phase) ที่ประกอบด้วยระยะย่อย 4 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะโปรเฟส (prophase) (2) ระยะเมทาเฟส (metaphase) (3) ระยะแอนาเฟส(anaphase) และ (4) ระยะเทโลเฟส (telophase)

2.2.1ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบาย โดยใช้สื่อการสอน power point และคำถามนำ ร่วมกับการ อธิบายดังนี้

การแบ่งเซลล์คืออะไร

(แนวคำตอบ การแบ่งเซลล์เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ซึ่งผลการแบ่งเซลล์ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง แต่มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเจริญเติบโตขึ้น)

วัฏจักรเซลล์ หมายถึงอะไร และประกอบด้วยระยะอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ วัฏจักรเซลล์ คือ วงจรที่เซลล์มีกิจกรรมระหว่างช่วงที่ไม่มีการแบ่งเซลล์ หรือระยะอินเตอร์เฟส และช่วงที่เซลล์มีกิจกรรมการแบ่งเซลล์ หรือ ระยะเวลาแบ่งเซลล์ (Division phase)

2.2.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ วัฏจักรของเซลล์ ดังนี้ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยระยะใหญ่ ๆ 2 ระยะ คือ ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase) ระยะที่เซลล์เตรียมพร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์ แบ่งออกเป็น ระยะย่อย 3 ระยะ คือ

(1) ระยะ G1(G1-Phase) เป็นระยะพักของเซลล์ก่อนที่จะมีการสังเคราะห์ DNA ในระยะนี้เซลล์ มีการสะสมสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ DNA

(2) ระยะ S (S- phase) เป็นระยะที่มีการจำลองตัวเองของ DNA (DNA duplication หรือ DNA replication)

(3) ระยะ G2 (G2-Phase) เป็นระยะสิ้นสุดการสังเคราะห์ DNA DNA จะมีลักษณะเป็นเส้นใย เรียก เส้นใยโครมาติน (Chromatin network)

ระยะการแบ่งเซลล์ (Division phase) เซลล์มีกิจกรรมการแบ่งเซลล์ โดยเกิดการแบ่งนิวเคลียสก่อนจึงเกิดการ แบ่งไซโทพลาซึมการแบ่งนิวเคลียสมีวิธีการแบ่งที่แตกต่างกัน 2 แบบ ซึ่งส่งผลให้ได้ เซลล์ผลลัพธ์ของแต่ละแบบที่มีสมบัติที่แตกต่างกัน ได้แก่การแบ่งแบบไมโทซิสกับการแบ่งแบบไมโอซิส

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสคืออะไร (แนวคำตอบ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส เป็นวิธีการแบ่งที่ทำให้จำนวนโครโมโซมในนิวเคลียสเท่าเดิม มักเป็น การแบ่งเซลล์ของร่างกายหรือเป็นการแบ่งเพื่อการเจริญเติบโต เช่น ในเซลล์พืชจะพบในปลายรากและปลายยอด หรือเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอหรือเสียหายไป เช่น เซลล์ผิวหนัง เป็นต้น)

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยระยะย่อยกี่ระยะ อะไรบ้าง(แนวคำตอบ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสประกอบด้วยระยะต่าง ๆ 4 ระยะ ดังนี้

ระยะโปรเฟส (prophase) โครโมโซมจะหดสั้นเข้ามามีลักษณะเป็นแท่งเห็นชัดว่า 1 โครโมโซม ประกอบด้วย 2 โครมาทิด ระยะนี้เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มสลายไปในเซลล์สัตว์เซนทริโอล(centriole) จะสร้างไมโทติกสปินเดิล (mitotic spindle) เป็นรัศมีที่เรียกว่าแอสเทอร์ (aster) ในพืชชั้นสูงไม่มีเซนทริโอล แต่จะมีการสร้างไมโทติกสปินเดิลจากบริเวณขั้วของเซลล์เรียก โพลาร์แคป (Polar cap)

ระยะเมทาเฟส (metaphase) เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไป ไมโทติกสปีนเดิลจะมาเกาะที่เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม โครโมโซมจะเรียงตัวกันตามแนวกึ่งกลางเซลล์ ทำให้เห็นโครโมโซม ชัดเจนที่สุด

ระยะแอนาเฟส (anaphase) ไมโทติกสปีนเดิลหดตัวสั้นเข้า ดึงโครมาทิดให้แยกออกจากกันไป คนละขั้วของเซลล์ ทำให้โครโมโซมมีรูปร่างต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเซนโทรเมียร์

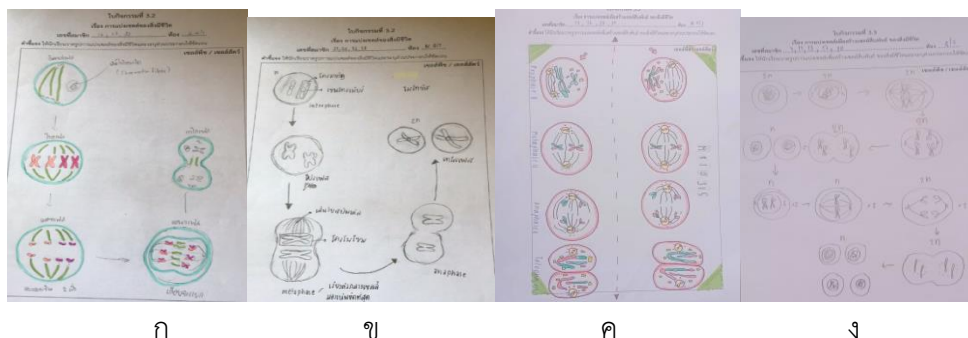
ระยะเทโลเฟส (terophase) โครโมโซมเคลื่อนที่ไปคนละขั้วของเซลล์จะคลายตัวออกมีลักษณะ คล้ายเส้นใย เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ เป็นการเสร็จสิ้น

การแบ่งนิวเคลียส หลังจากนั้นจะแบ่งไซโทพลาซึม หลังจากที่มีการแบ่งนิวเคลียสเสร็จสิ้นแล้วขั้นตอนต่อไปของการแบ่งเซลล์ คืออะไร

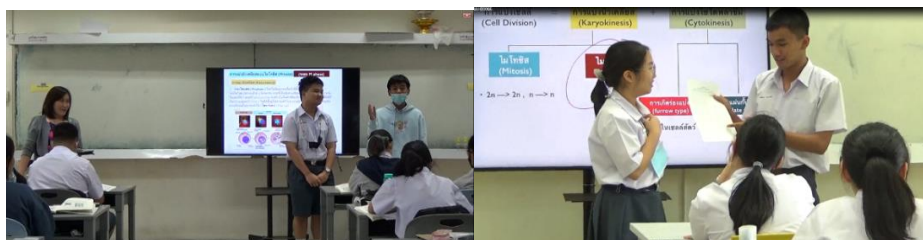
(แนวคำตอบ การแบ่งไซโทพลาซึม ในสัตว์จะมีการคอดเว้าของเยื่อหุ้มเซลล์โดยการทำงานของไมโครฟิลาเมนต์ ส่วนพืชจะมีการสร้างผนังเซลล์ที่เรียกว่า (cell plate)

2.2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่า การแบ่งนิวเคลียสแบบ ไมโทซิสและการแบ่งไซโทพลาซึมเกิด 1 ครั้งใน 1 วัฏจักรเซลล์ และได้เซลล์ผลลัพธ์ 2 เซลล์ที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมที่เหมือนกันทุกประการและเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น

2.2.4 ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองการแบ่งเซลล์ของกลุ่มตัวเองและกลุ่มอื่นว่ามีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร ดังภาพที่ 3 (ก) (ข) ตัวอย่างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ค) (ง) ตัวอย่างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส พร้อมทั้งประเมินแบบจำลองของกลุ่มตัวเอง ว่าควรมีการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบจำลองหรือไม่ อย่างไร



ภาพที่ 3 (ก) (ข) ตัวอย่างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากประสบการณ์เดิม
(ค) (ง) ตัวอย่างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากประสบการณ์เดิม



ภาพที่ 2 การนำเสนอแบบจำลองการแบ่งเซลล์จากประสบการณ์เดิม (ก) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ข) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

2.3 ขั้นสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทบทวนแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่ามีความเหมาะสมหรือยังและนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ จากผลการทดลอง และ การสรุปผลการทดลอง มาใช้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองการแบ่งเซลล์ โดยกำหนดให้ ใช้การวาดภาพสำหรับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ส่วนการสร้างแบบจำลองแบบไมโอซิสให้ใช้ อุปกรณ์ที่กำหนดให้ ได้แก่ ดินน้ำมัน ฟิวเจอร์บอร์ด ไม้จิ้มฟัน กาว กระดาษสี และ เทปกาว ปากกา ดินสอ ดินสอสี ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้เป็นดังนี้

2.3.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน เพื่อทำการทดลองในกิจกรรม เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์รากหอม และการแบ่งไมโอซิสจากดอกกุยช่าย

2.3.2 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอวิธีการปฏิบัติกรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์รากหอม และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากดอกกุยช่าย

2.3.3 ครูมอบหมายให้ นักเรียนศึกษาใบงานจากนั้น ร่วมกันอธิบาย และตอบคำถามเกี่ยวกับประเด็นดังต่อไปนี้การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ประกอบด้วยระยะต่างๆ ดังนี้

(1) การแบ่งไมโอซิสครั้งแรก (meiosis I) มีระยะต่างๆ ดังนี้

(1.1) ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะนี้ มีการเตรียมสารต่างๆ เช่นโปรตีน เอนไซม์ เพื่อใช้ในระยะต่อไป จึงมีเมแทบอลิซึมสูง มีนิวเคลียสใหญ่ มีการจำลองโครโมโซมใหม่แบบชิดกับโครโมโซมเดิมและเหมือนเดิมทุกประการ โครโมโซมเป็นเส้นบางยาวๆ พันกันเป็นกลุ่มร่างแห

(1.2) ระยะโพรเฟส I (prophase I) ใช้เวลานานและซับซ้อนมากที่สุด มีเหตุการณ์ที่สำคัญ คือ

- โครโมโซมหดสั้นเป็นแท่งหนาขึ้น
- โครโมโซมคู่เหมือน (homologous chromosome) มาจับคู่กันเป็นคู่ๆ แนบชิดกันเรียก ซิแนพซิส (synapsis) คู่ของโครโมโซมแต่ละคู่เรียก ไบวาเลนต์ (bivalent) แต่ละโครโมโซมที่เข้าคู่กัน มี 2 โครมาทิด มีเซนโทรเมียร์ยึดไว้ ดังนั้น 1 ไบวาเลนต์มี 4 โครมาทิด
- โครมาทิดที่แนบชิดกันเกิดมีการไขว้กัน เรียก การไขว้เปลี่ยน (crossing over) ตำแหน่งที่ไขว้ทับกัน เรียกไคแอสมา (chiasma)
- เซนทริโอลแยกไปยังขั้วเซลล์ทั้ง 2 ข้าง
- มีเส้นใยสปินเดิล ยึดเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซมกับขั้วเซลล์
- โครโมโซมหดตัวสั้นและหนาขึ้น เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสค่อยๆ สลายไป

(1.3) ระยะเมทาเฟส I (metaphase I) แต่ละไบวาเลนต์ของโครโมโซม มาเรียงอยู่กลางเซลล์เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไปหมดแล้ว

(1.4) ระยะแอนาเฟส I (anaphase I) โครโมโซมคู่เหมือนที่จับคู่กัน ถูกแรงดึงจากเส้นใยสปินเดิลให้แยกตัว ออกจากกันไปยังขั้วเซลล์ที่อยู่ตรงข้าม การแยกนั้นแยกไปทั้งโครโมโซมที่มี 2 โครมาทิด และการแยกโครโมโซมนี้มีผลทำให้การสลับชิ้นส่วนของโครมาทิด

ตรงบริเวณที่มีการไขว้เปลี่ยนช่วยทำให้เกิดการแปรผัน (variation) ของลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีประโยชน์ในแง่วิวัฒนาการจากการแยกกันของโครโมโซมไปยังขั้วเซลล์แต่ละ ข้างมีโครโมโซมเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม

(1.5) ระยะเทโลเฟส I (telophase I) ในระยะนี้จะมีโครโมโซม 2 กลุ่มแต่ละกลุ่ม จะมีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม แต่ละ เซลล์มีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์

(2) ไมโอซิส ครั้งที่ 2 (meiosis II)

ไมโอซิสครั้งที่ 2 เกิดต่อเนื่องไปเลยไม่มีพักและผ่านระยะอินเทอร์เฟสไป ไม่มี การจำลองโครโมโซมใหม่อีก เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

(2.1) ระยะโพรเฟส II (prophase II) แต่ละโครโมโซมในนิวเคลียส แยกเป็น 2 โครมาทิด มีเซนโทรเมียร์ยึดไว้ เซนทริโอลแยกออกไปขั้วเซลล์ทั้ง 2 ข้าง มีเส้นใยสปินเดิล ยึดเซนโทรเมียร์กับขั้วเซลล์ เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไป

(2.2) ระยะเมทาเฟส II (metaphase II) โครโมโซมทั้งหมดมารวมอยู่กลาง เซลล์

(2.3) ระยะแอนาเฟส II (anaphase II) เส้นใยสปินเดิลหดตัวสั้นเข้าและดึงให้ โครมาทิดของแต่ละโครโมโซมแยกออกจากกันไปขั้วเซลล์ตรงกันข้าม

(2.4) ระยะเทโลเฟส II (terophase II) เกิดนิวคลีโอลัส เยื่อหุ้มนิวเคลียส ล้อมรอบ โครมาทิดกลุ่มใหญ่ แต่ละโครมาทิดก็คือ โครโมโซม นั่นเอง เมื่อจบการแบ่งเซลล์ใน ระยะเทโลเฟส 2 แล้วได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ แต่ละเซลล์มีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์

2.3.4 ครูให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลอง โดยการอธิบายความเข้าใจจากการทดลองผ่าน แบบจำลองการแบ่งเซลล์ โดยกำหนดให้ ใช้การวาดภาพสำหรับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ส่วน การสร้างแบบจำลองแบบไมโอซิสให้ใช้ อุปกรณ์ที่กำหนดให้ ได้แก่ ดินน้ำมัน ฟิวเจอร์บอร์ด ไม้ จิ้มฟัน กาว กระดาษสี และ เทปกาว ปากกา ดินสอ ดินสอสี ดังภาพที่ 4 (ก) (ข) (ค) และ (ง) ภาพการระดมความคิดเพื่อสร้างแบบจำลอง



ภาพที่ 4 (ก) (ข) (ค) และ (ง) ภาพกิจกรรมชั้นสร้างแบบจำลอง

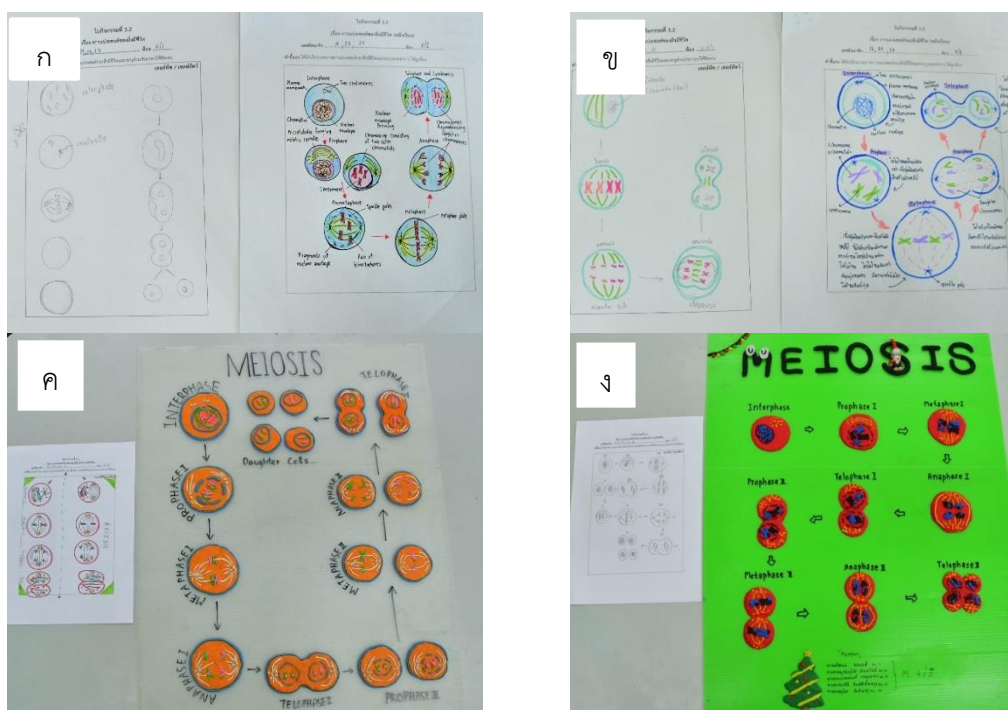
2.4 ขั้นนำแบบจำลองไปทดลองใช้ และ ประเมิน ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยครูนำภาพระยะต่างๆของการแบ่งเซลล์ของเซลล์รากหอมและดอกกุยช่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วให้นักเรียนใช้โมเดลอธิบายเกี่ยวกับภาพนั้นว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ และครบถ้วนทุกระยะหรือไม่ หากไม่ครบถ้วนและไม่สอดคล้องตามการทดลองและแนวคิดนักวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองนั้นใหม่อีกครั้ง ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้อาจเป็นดังนี้

2.4.1 ครูและนักเรียน ร่วมประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างสามารถเป็นตัวแทนความคิดในเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิสได้หรือไม่ มีความคลาดเคลื่อนจากมโนคติทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

2.4.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยครูนำภาพระยะต่างๆของการแบ่งเซลล์ของเซลล์รากหอมและดอกกุยช่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วให้นักเรียนใช้โมเดลอธิบายเกี่ยวกับภาพนั้นว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ หากแบบจำลองไม่สอดคล้อง ไม่สมบูรณ์ ไม่สามารถอธิบายได้ครบถ้วน ครูให้นักเรียนกลุ่มนั้นแก้ไขแบบจำลองอีกครั้ง ดังภาพที่ (ก) (ข) ภาพกิจกรรมการทดลองใช้แบบจำลอง (ค) (ง) ภาพแบบจำลองการแบ่งเซลล์ที่ผ่านการแก้ไขและปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 5 (ก) (ข) ภาพกิจกรรมการทดลองใช้แบบจำลอง (ค) (ง) ภาพแบบจำลองการแบ่งเซลล์ที่ผ่านการแก้ไขและปรับปรุงแล้ว



ภาพที่ 6 (ก) (ข) การเปรียบเทียบแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจากประสบการณ์เดิม และแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ของกลุ่มที่ 1 และ 5 ส่วนภาพ (ค) (ง) การเปรียบเทียบแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากประสบการณ์เดิม และแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว ของกลุ่มที่ 3 และ 6

2.5 ขั้นขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส ก่อนเรียนและหลังเรียนว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ดังภาพที่ 6 จากนั้นครูให้นักเรียนใช้แบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว มาอธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส เหมือนและแตกต่างในประเด็นใดบ้าง และ นำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ด้วยวิธีสืบเสาะความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ในการตอบใบกิจกรรมต่อไป ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ อาจเป็นดังนี้

2.5.1 หลังจากทีนักเรียนได้แก้ไขแบบจำลองกระบวนการแบ่งเซลล์แล้ว ให้นักเรียนนำแบบจำลองกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มาอธิบายความเหมือนและแตกต่างกันของการแบ่งเซลล์ทั้งแบบไมโทซิสและไมโอซิส เช่น กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะเกิดในเซลล์ปลายรากหอม(เซลล์ร่างกาย) ส่วนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จะเกิดในเซลล์ดอกกุหลาบ(เซลล์สืบพันธุ์)

2.5.2 ขั้นนี้ นักเรียนจะต้องสามารถเปรียบเทียบได้ว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสที่นอกจากจะได้เซลล์ลูกแตกต่างกันแล้ว ยังมีกระบวนการต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างไบบ้าง โดยนักเรียนจะต้องสามารถเปรียบเทียบและอธิบายได้

2.5.3 ครูและนักเรียน ร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุป ความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

Mitosis	Meiosis
1. การแบ่งเซลล์ร่างกาย	1. การแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. แบ่งจาก 1 เซลล์ ได้ 2 เซลล์	2. แบ่งจาก 1 เซลล์ ได้ 4 เซลล์
3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 2 เซลล์สามารถแบ่งแบบไมโทซิสต่อได้	3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 4 เซลล์ไม่สามารถแบ่งแบบไมโอซิสต่อได้
4. ระยะตั้งแต่ zygote ต่อเนื่องมาเรื่อย ๆ	4. เมื่อมีอวัยวะสืบพันธุ์เจริญเติบโตเต็มที่
5. จำนวนโครโมโซมหลังแบ่งเซลล์ จะเท่าเดิม (2n)	5. จำนวนโครโมโซมหลังการแบ่งเซลล์ ลดลงครึ่งหนึ่ง (n)
6. ไม่มีการครอสซิงโอเวอร์	6. มีการครอสซิงโอเวอร์
7. ลักษณะของสารพันธุกรรมและโครโมโซมในเซลล์ใหม่จะเหมือนเดิม	7. ลักษณะของสารพันธุกรรมและโครโมโซมในเซลล์ใหม่อาจมีการเปลี่ยนแปลง

2.5.3 ครูยกตัวอย่างข้อสอบเข้าศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เรื่อง การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

- (1). ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (O-net 2552)
 - ก. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ แต่การแบ่งแบบไมโทซิสจะได้เซลล์ใหม่สองเซลล์
 - ข. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ใหม่ที่มีโครโมโซมเท่าเดิม แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะได้เซลล์ใหม่ที่มีโครโมโซมเพิ่มขึ้น 2 เท่า
 - ค. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในร่างกาย แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
 - ง. การแบ่งแบบไมโอซิสทำให้ได้เซลล์ใหม่ที่มีพันธุกรรมเหมือนเซลล์ตั้งต้น แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทำให้ได้เซลล์ใหม่ที่มีพันธุกรรมต่างไปจากเดิม

(แนวคำตอบ: ก. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ แต่การแบ่งแบบไมโทซิสจะได้เซลล์ใหม่สองเซลล์)
- (2). ข้อใดต่อไปนี้ไม่มี Homologous Chromosome (PAT 2 2555)
 - ก. เม็ดเลือดแดงที่มีอายุน้อย
 - ข. เซลล์สืบพันธุ์ (Gamete)
 - ค. เซลล์ประสาท
 - ง. เซลล์เม็ดเลือดขาว

(แนวคำตอบ: ข. เซลล์สืบพันธุ์ (Gamete))
- (3). ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ถ้าในระยะอินเตอร์เฟสมีโครโมโซม 12 แท่ง ระยะแอนนาเฟส 1 จะมีโครโมโซมกี่แท่ง (รับตรง มก.)
 - ก. 6
 - ข. 12
 - ค. 24
 - ง. 48

(แนวคำตอบ: ก. 12)

3. สรุปความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based inquiry: IBM)

เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 จึงมีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาและบริบทของแต่ละรายวิชา หนึ่งในกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะชีววิทยา ที่นำมาใช้อย่างกว้างขวางคือแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) โดยจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้ทำให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง จากการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการตั้งสมมุติฐาน ตรวจสอบสมมุติฐาน สรุปผลการตรวจสอบสมมุติฐาน จนเกิดการสร้างองค์ความรู้ขึ้นมาด้วยตัวเอง หลังจากนั้นอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้โดยอาศัยแบบจำลอง เนื่องจากเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะชีววิทยาหลายหัวข้อมีลักษณะเป็นนามธรรม เข้าใจได้ยาก อาทิ บทเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่เซลล์, การแบ่งเซลล์, การสังเคราะห์โปรตีน, การสลายโมเลกุลอาหารระดับเซลล์ เมื่อผู้เขียนนำรูปแบบการสอนแบบนี้มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถใช้แก้ปัญหาในการเรียนชีววิทยาที่มี

ลักษณะเป็นนามธรรมได้ดี ตรงกับแนวคิดของ Coll, France & Taylor (2005) กล่าวว่า การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองต่างๆ ถือเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเราจะเห็นได้จากการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์แทบทุกสาขาวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาชีววิทยามีการใช้แบบจำลองที่หลากหลายทั้งนี้เพราะเนื้อหา วิชาชีววิทยาส่วนใหญ่ค่อนข้างซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ แต่หากนักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองก็จะสามารถเข้าใจแนวคิดในวิชาชีววิทยาได้มากขึ้น ดังคำกล่าว ที่ว่า “เป็นการยากที่จะเข้าใจวิชาชีววิทยา หากปราศจากความเข้าใจแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลอง”

อีกทั้งการสร้างแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อนำเสนอแนวคิด ร่วมกับการมีโอกาสได้เรียนรู้ร่วมกัน การอภิปรายร่วมกัน การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเพื่อให้ได้รับความรู้จากการเข้าใจสิ่งใหม่ๆ และแบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดของตน แสดงออกในสิ่งที่ป็นรูปธรรม สามารถทำให้มองเห็นความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ (Windschitl, 2006) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่างๆ รวมทั้งเป็นการนำเอาข้อเท็จจริงมาอธิบายให้เข้าใจได้โดยง่าย แบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผู้สอนเข้าใจถึงความเชื่อ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ (Acher et al., 2007)

อย่างไรก็ตามแบบจำลองเซลล์มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกต่อผลการเรียน อย่างมีนัยสำคัญ การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งเป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองและนำผลของแบบจำลองไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาและการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น (กานต์ชนก เพ็งวงษา, 2560, จุติมา กันชัยภูมิ, 2560)

4. เอกสารอ้างอิง

- กานต์ชนก เพ็งวงษา. (2560). การจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 29(3), 86-99.
- โชคชัย ยืนยง (2561) ยุทธวิธีการจัดการเรียนรู้โมเดลฟิสิกส์. ขอนแก่น: โรงพิมพ์ขอนแก่นการพิมพ์
- พัฒน์นิดา มีลา และ ร่มเกล้า อัจฉเดช (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างคามหมายในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3): 1-12.

- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). Constructivism. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Acher, A., Arca, M., and Sanmati, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education*, 91, 398-418.
- Buckley, B.C. (2010). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.
- Coll, R., France, B. and Taylor, I. (2005) The role of models and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27, 183-198
- Gobert, J.D., and Buckley, B.C. (2002). Introduction to Model-based teaching and learning in Science Education. *International Journal of Science Education*, 22(9): 891 – 894.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In Luft, J., Bell, R. and Gess-Newsome, J. (Eds.). *Science as inquiry in the secondary setting* (pp. 121-134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153-191.
- Meela, P., and Yuenyong, C., (2019). The study of grade 7 mental model about properties of gas in science learning through model based inquiry (MBI). *AIP Conference Proceedings*. 2081, 030028-1–030028-6. (View online: <https://doi.org/10.1063/1.5094026>)
- Neilson D., Campbell T., and Allred B. (2010) Model-based inquiry in physics: A buoyant force module. *The Science Teacher*; 77(8): 38-43.
- Tupsai, J., Yuenyong, C., Taylor, P.C. (2015). Initial implementation of constructivist physics teaching in Thailand: A case of bass pre-service teacher. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(2), 506-513.
- Udomkan, W., Suwannoi, P., Chanpeng, P., Yuenyong, C. (2015). Thai Pre-service Chemistry Teachers' Constructivist Teaching Performances. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4 S3), 223-232.

- Yuenyong, C. and Thathong, K. (2015). Physics teachers' constructing knowledge base for physics teaching regarding constructivism in Thai contexts. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(2), 546-553.
- Windschitl, M. and Thompson. (2006). Beyond the Scientific Method: Model-based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. Published online 4 January 2008 in Wiley Inter Science (Online). www.interscience.wiley.com, November 28, 2010