การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

นิลุบล สาระ

การค้นคว้าอิสระเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มิถุนายน 2562

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

มิถุนายน 2562

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้อุตสาห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการการค้นคว้าอิสระทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของการค้นคว้าอิสระด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

กราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสา เจนรุ่งโรจน์สกุล อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และคุณครูสมรัศมิ์ สายทอง คุณครูผู้สอนวิชาเคมี โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจแก้ไขเครื่องมือวิจัย ขอขอบพระคุณคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการทำการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีต่อไป

นิลุบล สาระ

ชื่อเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

ผู้วิจัย นิลุบล สาระ

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

ประเภทสารนิพนธ์ การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แบบจำลองความคิด

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล และศึกษาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน ได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจร เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิด แบบสัมภาษณ์ประกอบภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และแบบบันทึกหลังสอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ต้องเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดจากประสบการณ์ที่ได้รับและมีการอภิปรายร่วมกันให้ได้มากที่สุดผ่านการใช้โปรแกรม ChemDraw ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง 2) ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง 3) ขั้นการทดสอบแบบจำลอง และ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดถูกต้องเพิ่มขึ้น และมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, แบบจำลองความคิดไม่เชื่อมโยง และไม่แสดงแบบจำลองความคิดลดลง

Title	ENHANCING MENTAL MODELS OF BIOMOLECULE OF 11^{TH} GRADE STUDENTS BY USING MODEL-BASED LEARNING INTEGRATED WITH CHEMDRAW PROGRAM
Author	Nilubol Sara
Adivisor	Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ed.D.
Academic Paper	Independent Study M.ED. Science Education Naresuan University, 2018
Kewords	Model-Based Leaning with ChemDraw, Mantel models

ABSTRACT

This research aims to study the characteristics of learning activities by using model-based learning intergraded with ChemDraw program to enhance mental models of Biomolecule and study mantel models of Biomolecule of 11^{th} grade students. The participants were 38 students, selected by purposive sampling from 11th grade students. The methodology of this research was classroom action research in 3 cycles. The research instruments included a Biomolecule mental models questionnaire, interview about instants, artifacts and post-lesson reports. The data were analyzed by content analysis. The results of this research indicated that aspect of this learning management have to emphasize students to create mental models from the experiences they receive and having the most discussion together through ChemDraw program and consists of 4 steps as 1) Model creation 2) Simulation design 3) Model testing and 4) Model evaluation. In addition, found that students are more developing mental models in group of correct mental model and decrease mental model in groups of flawed mental model, incoherent mental model and no response.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	คำถามวิจัย	4
	ขอบเขตของงานวิจัย	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	7
	หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	7
	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw	14
	แบบจำลอง	25
	แบบจำลองความคิด	31
	งานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ	37
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	41
	บริบทของโรงเรียน	41
	รูปแบบการวิจัย	41
	กลุ่มเป้าหมาย	41
	ตัวแปรที่ศึกษา	42
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	53
	การวิเคราะห์ข้อมูล	55
4	**ผลการวิจัย**	60
	ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	60
	ผลการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw.	77

5 **บทสรุป**.. 111
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.. 111
ข้อเสนอแนะ.. 118

บรรณานุกรม.. 120

ภาคผนวก.. 127

ประวัติผู้วิจัย.. 191

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

1 แสดงการวิเคราะห์จำนวนคำถามในแบบวัดแบบจำลองความคิด 43
เรื่อง สารชีวโมเลกุล..

2 แสดงการวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องสารชีวโมเลกุล
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.................................... 45

3 แสดงรายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล.. 47

4 แสดงการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดตามแนวคิดของ Chi and Roscoe 51

5 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล... 54

6 แสดงเกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบจำลองความคิด
เรื่อง สารชีวโมเลกุล แนวคิดย่อย การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของ
พันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน... 56

7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทาง
ความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม
การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw 78

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 แสดงกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของ Buckley and Boulter (2000).. 15

2 แสดงกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 17

3 แสดงชุดเครื่องมือหลักของโปรแกรม ChemDraw 21

4 แสดงให้โปรแกรมระบุชื่อสารจากโครงสร้างหรือให้โปรแกรม วาดโครงสร้างสารเคมีจากชื่อ.. 23

5 แสดงการให้โปรแกรมระบุข้อมูลทั่วไปของสาร.. 23

6 แสดงตัวอย่างการวาดโครงสร้าง propane-2-one หรือ acetone 24

7 แสดงตัวอย่างการสร้างลูกศรและสัญลักษณ์อื่น ที่ใช้ในการเขียนปฏิกิริยาเคมี.. 25

8 แสดงตัวอย่างชิ้นงาน 3 มิติแสดงโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงของ นักเรียน ST4.. 62

9 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดอะมิโนของนักเรียน ST10 และ ST 16.. 63

10 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงพันธะเพปไทด์ของนักเรียน................ 64

11 แสดงนักเรียนบางคนขาดความกระตือรือร้นในการทำการทดลอง ทดสอบเปรียบเทียบปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัว........................ 67

12 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวของ นักเรียน ST21.. 68

13 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวของ นักเรียน ST31.. 68

14 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่มีสีตามมาตรฐานที่กำหนด................... 69

15 แสดงนักเรียนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการทำการทดลองเรื่องคาร์โบไฮเดรต..... 72

16 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของ DNA และ RNA ของนักเรียน.. 73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
17	แสดงร้อยละโดยเฉลี่ยของแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw	80
18	แสดงภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	81
19	แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	82
20	แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) วาดภาพก่อนเรียน	82
21	แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน	83
22	แสดงแบบจำลองการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	84
23	แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	85
24	แสดงตัวอย่างแบบจำลองการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน	86
25	แสดงตัวอย่างแบบจำลองการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน	87
26	แสดงแบบจำลองโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส	88
27	แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

28 แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน........................ 90

29 แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน.............................. 90

30 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของน้ำตาลซูโคส.. 92

31 แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์... 93

32 แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน........................ 94

33 แสดง ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน.............................. 94

34 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของเซลลูโลส.. 96

35 แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์... 97

36 แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน.............................. 98

37 แสดงแบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน........................ 99

38 แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน................................ 100

39 แสดงตัวอย่างแบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันของกลุ่มนักเรียนที่แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน....... 101

40 แสดงตัวอย่างแบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน..... 102

41 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว.. 103

42 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว.. 103

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

43 แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว.............................. 104

44 แสดงตัวอย่างแบบจำลองรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน..... 105

45 แสดงแบบจำลองโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก.. 107

46 แสดงร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก.. 108

47 แสดงตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มี แบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน................................ 109

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ตั้งแต่อดีตนักวิทยาศาสตร์ใช้ความพยายามในการสร้าง ทดสอบ เปรียบเทียบและแก้ไขแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของโลกทั้งทางกายภาพและทางชีวภาพ ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองอะตอมของโบร์ แบบจำลองชั้นบรรยากาศของลอเรนซ์ หรือแบบจำลองโครงสร้างดีเอ็นเอ จะเห็นได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นและพัฒนามาจากแบบจำลองความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Norbert M. Seel, 2017, p 931) ซึ่งแบบจำลองความคิดเป็นโครงสร้างทางความคิดของเฉพาะบุคคล (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000, p 3-17) โดยในด้านจิตวิทยาการศึกษา กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้คนสร้างตัวอย่างที่มีความหมาย เช่น แบบจำลองความคิดที่มีความสอดคล้องกัน ที่สามารถเป็นตัวแทนในการสื่อสารประสบการณ์ ความคิดและความรู้สึกของบุคคลได้ (Norbert M. Seel, 2017, p 936)

การเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความเข้าใจในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสาร โดยนักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาและพยายามที่จะใช้แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นมานี้ เพื่อที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนพบในระหว่างที่เรียน ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน (Chittleborough et al., 2004, p 1-20) หรือสื่ออื่น ๆ เช่น โทรทัศน์และวิทยุ (Chiu and Lin, 2007, p 771-803) เป็นต้น สอดคล้องกับวิทยา อินโท ที่กล่าวว่า เมื่อบุคคลรับรู้ปรากฏการณ์ บุคคลจะสร้างความคิดขึ้นมาภายในตนที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิด จากนั้นบุคคลจะแสดงแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่อยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ออกมาเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนโครงสร้างทางปัญญาของบุคคล (2559, หน้า 1)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทย กำหนดให้นักเรียนได้เรียนวิชาเคมีโดยจัดเนื้อหาวิชาเคมี อยู่ในสาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 110 - 113) โดยศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ โครงสร้าง สมบัติของสสาร รวมไปถึงปฏิกิริยาเคมี อีกทั้งเนื้อหาวิชาเคมีส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระดับจุลภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงทำให้นักเรียนจำนวน

มากมีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ณัชกฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง, 2554, หน้า 306) เกี่ยวกับวิชาเคมี เช่น โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน การเกิดพันธะเพปไทด์ รวมถึงโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและโมเลกุลคู่ โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว และโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกในเนื้อหาสารชีวโมเลกุล ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหานี้ด้วยวิธีการท่องจำแทนการทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ซึ่งหากนักเรียนมีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลต่อการเรียนในระดับที่สูงขึ้นต่อไปตามคำกล่าวของ Coll and Taylor (2002 p. 184)

ผลการประเมินของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ ในภาพรวมพบว่าผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 รายวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 29.37 เมื่อแยกตามสาระ ในสาระที่ 3 ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับสารและสมบัติของสาร พบว่ามีคะแนนเฉลี่ย 26.32 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2560) อีกทั้งประสบการณ์ของผู้วิจัย ในฐานะผู้สอนรายวิชาเคมีก็เผชิญปัญหาดังกล่าวเช่นกัน โดยผู้วิจัยได้ปฏิบัติการสอนในรายวิชาเคมีพื้นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นเวลา 1 ปี โดยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาสารชีวโมเลกุลด้วยวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองและนำเสนอหน้าชั้นเรียนมาโดยตลอด เมื่อพิจารณาจากคะแนนสอบปลายภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 51.62 อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ซึ่งยังไม่ประสบความสำเร็จตามเกณฑ์ของโรงเรียนที่ตั้งไว้ (รายงานงานทะเบียนและวัดผล, 2560) เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งมีเนื้อหาในลักษณะของการสร้างแบบจำลองคล้ายกับเนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุล ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้เรียนเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี จากปีการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดในวิชาเคมีที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองที่ถูกต้องที่ได้รับการยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการที่นักเรียนจะมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ นักเรียนจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาก่อน การมีแบบจำลองความคิดที่คลาดเคลื่อนจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) และคะแนนสอบปลายภาคนักเรียนไม่เป็นไปตามความคาดหวัง สอดคล้องกับคำกล่าวของ Hestenes ที่ว่า “การเรียนรู้ที่ยอดเยี่ยมของวิทยาศาสตร์คือการสร้างแบบจำลองในโลกแห่งความเป็นจริง” (1992, p 732)

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งเป็นรูปแบบที่ทำให้ผู้เรียนสร้างและพัฒนาแบบจำลองความคิดโดยตัวผู้เรียนเอง (Buckley, 2004, p 23) ซึ่งพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ ได้กล่าวเกี่ยวกับหลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และการสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ค้นพบข้อความรู้และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (2556 อ้างอิงใน วิทยา อินโท, 2559, หน้า 1) ซึ่งความเข้าใจเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา หลังจากได้แก้ปัญหา ลงข้อสรุป หรือให้เหตุผลด้วยแบบจำลอง โดยบุคคลจะสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมและสารสนเทศใหม่ที่ได้รับระหว่างการสร้างแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ และเมื่อบุคคลประเมินแบบจำลองแล้วพบว่ามีข้อบกพร่อง อาจปรับปรุงแก้ไข หรือสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่ แต่ถ้าแบบจำลองมีความถูกต้องจะคงแบบจำลองไว้ (โกเมศ นาแจ้ง, 2554 อ้างอิงใน วิทยา อินโท, 2559, หน้า 1) อีกทั้งการนำเทคโนโลยีซอฟต์แวร์เข้ามาจัดการเรียนรู้ จะเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาความรู้ความสามารถของครู รวมถึงอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี (ภาสกร เรืองรองและคณะ, 2557, หน้า 203) ซึ่งโปรแกรม ChemDraw เป็นเครื่องมือสำหรับการแสดงแนวคิดทางเคมีและชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานทางด้านการสร้างแบบจำลองทางเคมีและชีววิทยา (PerkinElmer, 2017, p 1) สอดคล้องกับบทความวิชาการของ Jamal Raiyn และ Anwar Rayan เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนเคมีในวิทยาลัยการศึกษา ที่ได้ข้อสรุปว่า การบูรณาการเครื่องมือการสร้างแบบจำลอง เช่น โปรแกรม ChemDraw ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา และมีการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่ใช้โปรแกรม ChemDraw ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่กล่าวว่า โปรแกรม ChemDraw ทำให้พวกเขามีประสบการณ์ในการเรียนรู้ พวกเขามีความประทับใจ มีความคิดเห็นเชิงบวก และสนับสนุนให้ใช้โปรแกรม ChemDraw ตั้งแต่วันแรกของการจัดการเรียนรู้ (2015, p 4)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความคิด ดังเช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของ ศุภกาญจน์ รัตนกร (2552) และณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง (2554) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยของ นิภาภรณ์ จันทะโยธา (2557) ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่า

นักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และมีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2557) ที่พบว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยพบว่าการใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดในบริบทของประเทศไทยยังมีน้อยมาก ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกันโปรแกรม ChemDraw เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีว-โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำถามวิจัย

จุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้ คือ การศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีคำถามวิจัยในงานวิจัยนี้ 2 ข้อ คือ

1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เป็นอย่างไร ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน
2. แบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนเป็นอย่างไร เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีสายการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งกลุ่มเป้าหมายมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 38 คน เป็นนักเรียนชาย 8 คน และนักเรียนหญิง 30 คน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง เกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.00 – 3.00 มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี โดยห้องเรียนมีทั้งสื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ และเครื่องฉายสไลด์ อีกทั้งโรงเรียนยังมีห้องเครือข่ายไร้พรมแดนสำหรับให้บริการการค้นหาข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

2. สิ่งที่ศึกษา ได้แก่

2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีวโมเลกุล

2.2 แบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุล ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน เคมี สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของกระทรวงศึกษาธิการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ โปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ช่วงเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ 2561 จำนวน 15 คาบ คาบละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถามหรือการทำการทดลอง

1.2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล ของตนเองในรูปแบบของการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม ChemDraw

1.3 ขั้นทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลที่สร้างขึ้นแล้วผ่านโปรแกรม ChemDraw ไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่

1.4 ขั้นประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

แบบจำลองความคิด หมายถึง ภาพสะท้อนถึงจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนแต่ละคน แสดงออกมาในรูปแบบของภาพวาด 2 มิติ และแบบจำลอง 3 มิติ ที่สร้างโดยใช้โปรแกรม ChemDraw วัดโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทาง

ความคิด แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ และชิ้นงานนักเรียน นำมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด 6 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593)

ชิ้นงานนักเรียน หมายถึง ภาพวาดแบบจำลอง 3 มิติ ที่วาดด้วยโปรแกรม ChemDraw แสดงโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล ตรวจและนำมาจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด 6 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593)

โปรแกรม ChemDraw หมายถึง โปรแกรมสำหรับสร้างแบบจำลอง 3 มิติ สำหรับการแสดงแนวคิดทางเคมีและชีววิทยา ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม ChemDraw ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อแสดงโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่าง ๆ แล้วนำมาสรุป เรียบเรียง และนำเสนอเป็นลำดับดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw
    2.1 ความหมายและลักษณะโดยทั่วไปของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.2 รูปแบบของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
    2.3 ลักษณะและตัวอย่างการใช้โปรแกรม ChemDraw
3. แบบจำลอง
    3.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง
    3.2 ประเภทของแบบจำลอง
    3.3 รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก
    3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง
4. แบบจำลองความคิด
    4.1 ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองความคิด
    4.2 ประเภทของแบบจำลองความคิด
    4.3 การวัดแบบจำลองทางความคิด
5. งานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 3-6, 10-12) ได้กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งสรุปรายละเอียดดังนี้

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิตโดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดมุ่งหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัยครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญามีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมาย เพื่อก่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร

เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด

เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา

เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานนะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเรียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์

3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้การวัดและประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปี เป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1 - มัธยมศึกษาปีที่ 3)
2. ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต
สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
สาระที่ 3 สารและสมบัติ
สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่
สาระที่ 5 พลังงาน
สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก
สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ
สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

สาระที่ ๑ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว ๑. ๑ เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๒ ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว ๒.๑ เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ ๓ สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว ๓.๑ เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๓.๒ เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๔ แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว ๔. ๑ เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว ๔.๒ เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๕ พลังงาน

มาตรฐาน ว ๕. ๑ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวน การสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๖ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว ๖. ๑ เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๗ ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๗. ๑ เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพการปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๗.๒ เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ ๘ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๘. ๑ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา โดยใช้มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 ตัวชี้วัด ม.4-6/7 – ม.4-6/9 เป็นแนวทางในการจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เช่น ข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ แนวทางการวัดและประเมินผล รวมไปถึงนำมาใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น กำหนดตัวชี้วัดในการเรียน กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เป็นต้น

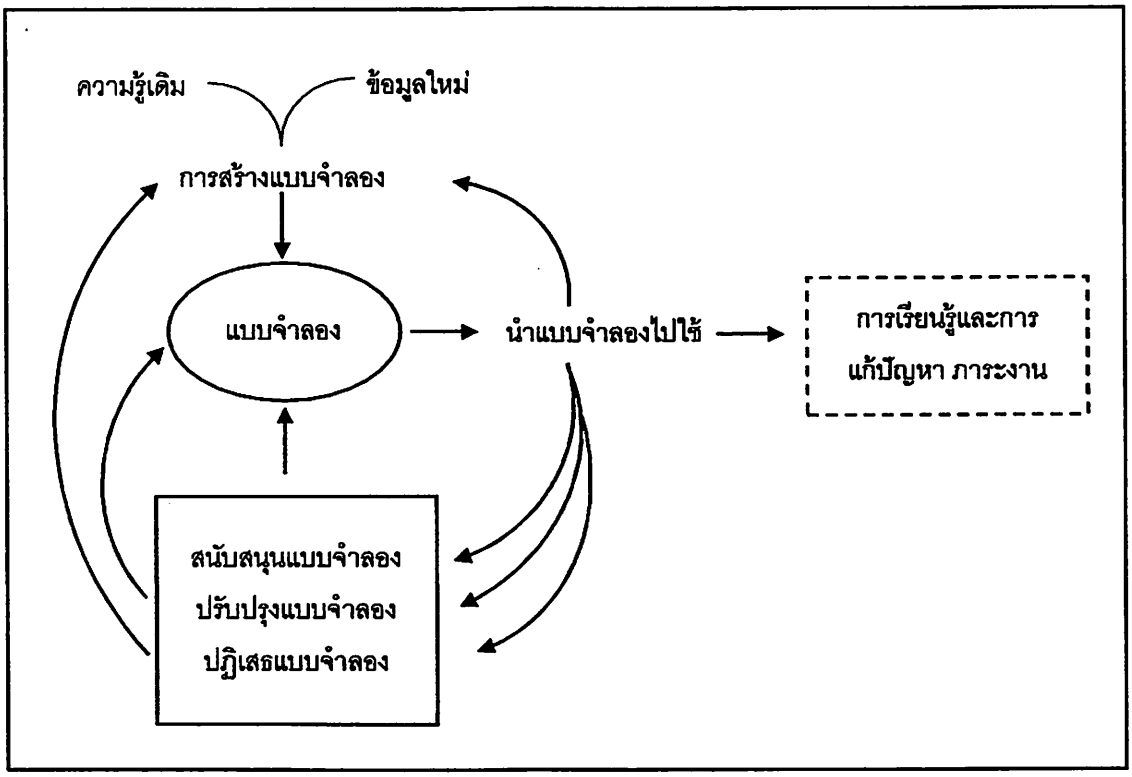
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีความเหมาะสมกับเนื้อหาแต่ละเนื้อหาแตกต่างกันออกไป การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นอกจากจะมุ่งให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือต้องให้นักเรียนเข้าใจและสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วย ซึ่งวิธีการสอนหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายดังกล่าวได้ คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) และจากการตรวจสอบเอกสารทางวิชาการและงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การใช้เทคโนโลยีซอร์ฟแวร์เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งก็คือ โปรแกรม ChemDraw จะช่วยอำนวยความสะดวกและสร้างความแม่นยำในการสร้างแบบจำลองความคิดในเนื้อหาเกี่ยวกับเคมีและชีววิทยา อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ได้อีกด้วย (Jamal Raiyn and Anwar Rayan, 2015, p 4) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาวิธีการสอนดังกล่าว เพื่อนำมาใช้พัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความหมายและลักษณะโดยทั่วไปของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) เป็นวิธีเรียนซึ่งให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร (Buckley and Boulter, 2000, p 41-57) การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อาจกล่าวได้ว่าเป็นอีกลักษณะหนึ่งของการเรียนรู้อันเนื่องมาจากนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะใช้สิ่งที่รู้แล้วหรือความรู้เดิมรวมเข้ากับข้อมูลใหม่และจะขยายความรู้ของตนเองเพิ่มมากขึ้นกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 1 คือแบบจำลองความคิดจะถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยการรวมกันของความรู้ซึ่งมาจากหลาย ๆ แหล่ง เช่น จากประสบการณ์ตรง จากสื่อที่จำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ แบบจำลองที่ครูแสดงออกใน

ขณะที่อยู่ในห้องเรียนหรือข้อมูลใหม่ นักเรียนจะใช้แบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นมานี้ในการสร้างแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งสามารถแสดงออกมาสู่ภายนอกได้ในหลายรูปแบบ เช่น ภาษาหรือลักษณะท่าทางจากนั้นนักเรียนจะนำแบบจำลองความคิดนี้ไปใช้ในการทำความเข้าใจและประเมินแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งสร้างขึ้นมาด้วยการตรวจสอบแบบจำลองโดยการบรรยาย การอธิบาย การทำนายปรากฏการณ์เฉพาะ ซึ่งถ้าแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง นักเรียนจะหาสาเหตุว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้มีอะไรผิดหรือจะเปลี่ยนแปลงแบบจำลองอย่างไร ต้องการปรับปรุงแก้ไขหรือขยายแบบจำลองหรือไม่หรือ จะปฏิเสธแบบจำลองเดิมแล้วสร้างแบบจำลองใหม่ แต่ถ้าแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นมา เมื่อนำไปใช้แล้วประสบความสำเร็จตามที่คาดหวังไว้จะทำให้แบบจำลองนี้ได้รับการสนับสนุนและจะถูกเรียบเรียงรวบรวมไว้กลายเป็นส่วนของคลังแห่งความรู้ที่มั่นคงและแบบจำลองนี้จะถูกนำออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว



ภาพ 1 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Buckley and Boulter (2000)

สรุปได้ว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้เพื่อประเมินแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้ดีก็จะได้รับการสนับสนุน แต่ถ้าใช้ไม่ได้ผลอาจมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองใหม่หรือปฏิเสธแบบจำลองนั้น

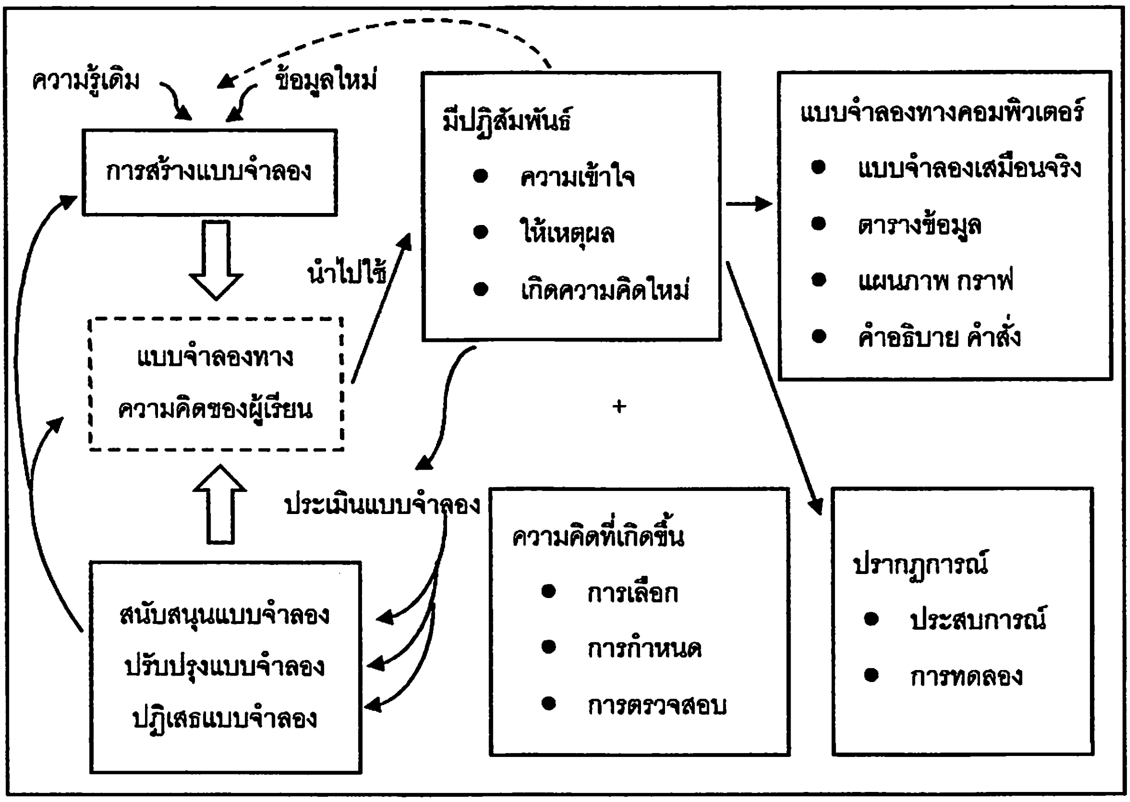
รูปแบบของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการสอนที่ได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมาก เนื่องจากวิธีการสอนนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาแบบจำลองความคิด แนวคิดวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้และธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ตลอดจนพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Kenyon et al., 2008, p 41-44) ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงได้พยายามพัฒนารูปแบบวิธีการสอนดังกล่าวเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ด้วยเหตุนี้วิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงเป็นรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

Gobert และ Buckley ได้อธิบายขั้นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับ (2000, p 891-894) ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูทำได้เพียงสรุปอ้างอิงแบบจำลองความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบาย เนื่องจากแบบจำลองความคิดเป็นของแต่ละบุคคล
3. นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างหน้าที่การทำงานและสาเหตุของการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิดโดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง
4. นำแบบจำลองไปใช้และประเมินในขั้นนี้นักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาอาจจะถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ
5. ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น
6. ขยายแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

จากข้อมูลข้างต้น Buckley และคณะ (2004, p 23-41) ได้สรุปกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร ซึ่งแสดงได้ดังภาพ



ภาพ 2 กรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา : Buckley et al., 2004, p 23-41

จากกรอบแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะเห็นได้ว่าต้องอาศัยความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ในการสร้างแบบจำลอง กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองเพื่อสนับสนุน ปรับปรุงหรือปฏิเสธแบบจำลองหากไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้น ๆ เมื่อนักเรียนได้ทำการปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้มีความเหมาะสมแล้วจึงนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นต่อไป

Kenyon และคณะ ได้เสนอแนวคิดในการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน (2008, p 41-44) ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็น โดยครูจะต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่นักเรียนมีอยู่จริง ๆ แบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจจะเป็นการวาดภาพหรือการเขียนบรรยายก็ได้

2. การทดสอบแบบจำลอง ในขั้นนี้มีจุดประสงค์สำคัญคือเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นตอนแรกมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่ ครูจะทำหน้าที่อธิบายและชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีหลักฐานและข้อมูลประกอบในการตรวจสอบความถูกต้อง

3. การประเมินแบบจำลอง ขั้นตอนนี้นักเรียนจะย้อนกลับมายังแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนแรกเพื่อประเมินแบบจำลองหลังจากที่ได้นำไปทดสอบแล้ว โดยครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบจำลอง เช่น ความชัดเจนถูกต้อง ความสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การตรวจสอบแบบจำลอง เปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น ๆ ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่ง โดยนักเรียนอาจจะต้องค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นหรือนักเรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์

5. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องกลับมาพิจารณาแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นแรก รวมทั้งประเมินแบบจำลองอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติมจากขั้นที่ 4 โดยนักเรียนจะเปรียบเทียบแบบจำลองของแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) ของชั้นเรียน ในระหว่างขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6. การนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายหรืออธิบาย ในขั้นนี้นักเรียนจะนำแบบจำลองซึ่งเป็นมติของกลุ่มไปใช้ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันโดยครูจะต้องทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

Rea-Ramirez และคณะ (2008, p 23-43) กล่าวว่าวิธีการสอนนี้เกิดขึ้นมาจากกระบวนการสร้างและการพัฒนาแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งจะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรเริ่มจาก

การสร้าง (Generation) การประเมิน (Evaluation) และการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modification) โดยในระหว่างที่มีการพัฒนาของการสร้างแบบจำลองนั้นจะเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ยังไม่ถูกต้องและจะค่อยเปลี่ยนไปเป็นแบบจำลองที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็นแบบจำลองที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์ ซึ่งวิธีการสอนนี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรซึ่งมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง ในระหว่างขั้นตอนนี้ครูจะต้องให้นักเรียนแสดงแบบจำลองความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ยกตัวอย่าง เช่น ครูถามว่าอุณหภูมิและมวลโมเลกุลของสารมีผลต่อความดันอย่างไร ซึ่งจากคำถามนี้จะทาให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิหรือมวลโมเลกุลกับความดันไอของสาร

2. การประเมินแบบจำลอง ในขั้นตอนนี้ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยที่ครูจะต้องใช้ข้อมูลในหลาย ๆ กลุ่มซึ่งแตกต่างกันมาให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลอง ยกตัวอย่าง เช่น นำข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความดันไอของสารมาให้นักเรียนประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในตอนแรก เพื่อเชื่อมต่อไปยังแบบจำลองของมวลโมเลกุลกับความดันไอและจุดเดือดของสาร ซึ่งข้อมูลจากการทดลองอาจไม่เป็นไปตามที่นักเรียนคาดไว้ ดังนั้นจะทำให้นักเรียนพยายามหาคำอธิบายถึงสิ่งที่เกิดและมีการแก้ไขแบบจำลอง

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของสารที่นักเรียนสร้างขึ้นในตอนแรกไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดจุดเดือดของสาร CH_3OH จึงมากกว่าจุดเดือดของสาร CH_3F แต่เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วนักเรียนบอกได้ว่าสิ่งที่มีผลต่อจุดเดือดของสารอีกอย่างหนึ่งคือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

Gilbert และ Justi (2016, อ้างอิงใน ธีรตา ชาติวรรณ, 2560, หน้า 370-371) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดภาพและการเขียนอธิบาย (Verbal model) การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (Concrete model) เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นการทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน (Class-consensus model) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของ Gilbert และ Justi (2016) เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่เป็นนามธรรมในเรื่อง สารชีวโมเลกุล อีกทั้งยังสอดคล้องกับการนำโปรแกรม ChemDraw เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ โดยปรับบางขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล โดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

2. ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล ของตนเองในรูปแบบของการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม ChemDraw

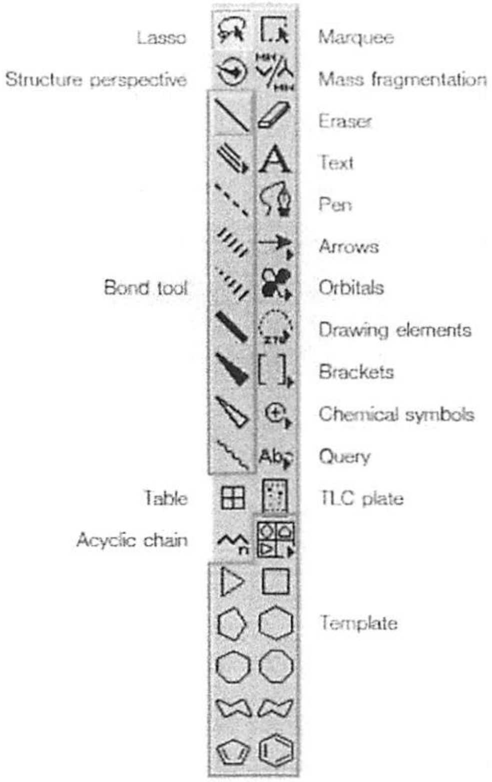
3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ หากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่

4. ขั้นประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

ลักษณะและตัวอย่างการใช้โปรแกรม ChemDraw

ในการเรียนวิชาเคมี บางบทเรียนจะอธิบายสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสารในระดับที่ไม่สาสมารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โครงสร้างเคมีของสาร ซึ่งสำหรับนักเรียนอาจเป็นเรื่องยากที่จะทำความเข้าใจและมองเห็นภาพ ตำแหน่งของอะตอม และมุมระหว่างพันธะ ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ครูจึงต้องมีการใช้สื่อต่าง ๆ เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอน (ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 25) โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม ChemDraw ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการแสดงแนวคิดทางเคมีและชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานทางด้านการสร้างแบบจำลองทางเคมีและชีววิทยา (PerkinElmer, 2017, p 1) จุดเด่นของโปรแกรมดังกล่าวคือ ไฟล์เวกเตอร์ที่ทำให้ครูสามารถนำไปปรับขยายขนาดให้เหมาะสมกับสื่อที่นะมาใช้กับนักเรียน อีกทั้งยังมีความถูกต้อง แม่นยำของมุมองศา และพันธะของแบบจำลองที่สร้าง (ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 25)

ชุดเครื่องมือหลักของโปรแกรม ChemDraw ประกอบด้วย

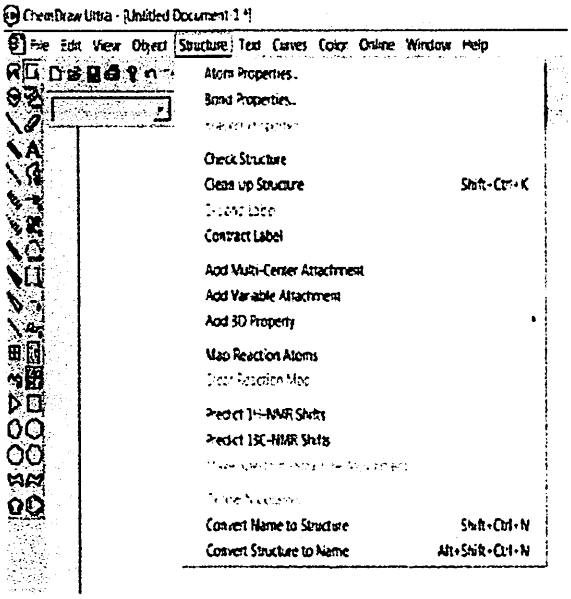


ภาพ 3 ชุดเครื่องมือหลักของโปรแกรม ChemDraw

ที่มา : ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 26

- Selection tool ซึ่งมีให้เลือกใช้งาน 2 ลักษณะ คือ Lasso ใช้เลือกพื้นที่โดยลากเส้นล้อมรอบวัตถุอย่างอิสระ และ Marquee ใช้เลือกพื้นที่ โดยลากกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบวัตถุ
- Structure perspective ใช้ในการหมุนโมเลกุลในสามมิติ
- Mass fragmentation ใช้ในการแตกพันธะในโมเลกุล โดยโปรแกรมจะระบุมวลแต่ละส่วนของโมเลกุล หลังการแตกพันธะ
- Bond tool ใช้ในการวาดพันธะของโมเลกุลในลักษณะที่ต้องการ
- Eraser ใช้ในการลบวัตถุที่ไม่ต้องการ
- Text ใช้ในการเขียนระบุอะตอม หรือการเขียนป้ายกำกับ
- Pen ใช้ในการเขียนรูปอย่างอิสระ
- Arrows ใช้ในการเขียนลูกศร โดยมีลูกศรสำเร็จรูปให้เลือกใช้หลายแบบ
- Orbitals ใช้ในการวาดออร์บิทัล
- Drawing elements วาดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ไม่มีความสำคัญทางเคมี
- Brackets วาดสัญลักษณ์วงเล็บ โดยมีวงเล็บสำเร็จรูปให้เลือกใช้หลายรูปแบบ
- Chemical symbols วาดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางเคมี
- Query ระบุสัญลักษณ์ทางสเตอริโอเคมี
- Table สร้างตาราง
- TLC plate วาดรูปแผ่น thin layer chromatography (TLC) โดยสามารถกำหนดจำนวนจุดเริ่มต้นของแผ่น TLC
- Acyclic chain วาดสายโซ่เปิดของไฮโดรคาร์บอนและสามารถวาดโซ่ปิดได้เช่นกัน
- Template ต้นแบบรูปร่างโมเลกุลอย่างง่าย โมเลกุลที่ซับซ้อนบางชนิดและเครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการบางชนิดแบบสำเร็จรูป

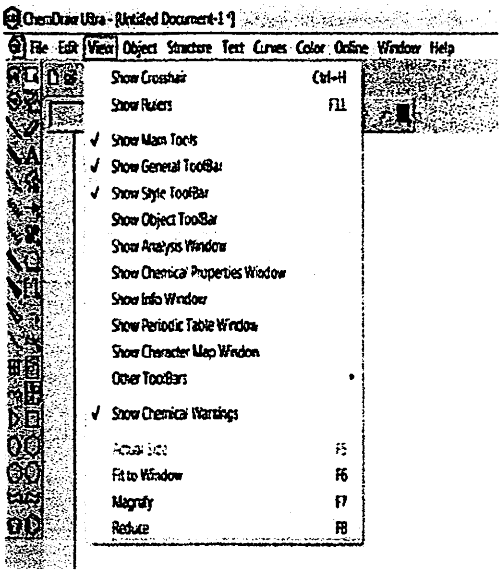
ให้โปรแกรมระบุชื่อสารจากโครงสร้าง ซึ่งทำได้หลังการวาดโครงสร้างสารแล้วให้คลิกที่โครงสร้างที่ต้องการจากนั้นให้ไปที่เมนู structure เลือก convert structureto name (หรือกด Alt+Shift+Ctrl+n) หรือให้โปรแกรมวาดโครงสร้างสารเคมีจากชื่อ ทำได้โดย หลังจากพิมพ์ชื่อสารแล้วคลิกที่ชื่อสารนั้น จากนั้นให้ ไปที่เมนู structure เลือก convert name to structure (หรือกด Shift+Ctrl+n) ดังภาพที่ 4



ภาพ 4 ให้โปรแกรมระบุชื่อสารจากโครงสร้างหรือให้โปรแกรมวาดโครงสร้างสารเคมีจากชื่อ

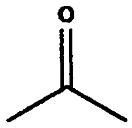
ที่มา : ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 26

ให้โปรแกรมระบุข้อมูลทั่วไปของสาร เช่น สูตรเคมี มวลต่อโมล ค่ามวลต่อประจุ ทำได้โดยหลังจากวาด โครงสร้างสารแล้ว ให้ไปที่เมนู view เลือก show analysis window ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ให้โปรแกรมระบุข้อมูลทั่วไปของสาร

ที่มา : ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 26



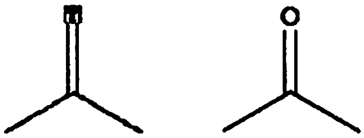
propan-2-one

- เลือก (Single bond tool) จากนั้นคลิกเส้นตรงจะปรากฏ

- สร้างพันธะที่สองโดยคลิกที่อะตอมขวาของพันธะ

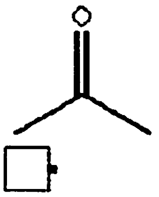
- เลือก (Multiple bond) แล้วกดเลือก Double bond แล้วคลิกที่อะตอมกลางเพื่อสร้างพันธะคู่

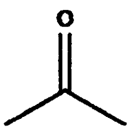
- ระบุอะตอมออกซิเจน โดยเลือก (Text) แล้วคลิกที่ปลายพันธะคู่ จากนั้นพิมพ์ O



หมายเหตุ ในการสร้างพันธะคู่ของ O อาจทำได้โดยเลือก =O ที่ (template) แล้วคลิกที่อะตอมกลาง

- ระบุชื่อสาร โดยเลือก (Text) แล้วคลิกที่บริเวณด้านล่างโครงสร้าง จากนั้นพิมพ์ propan-2-one

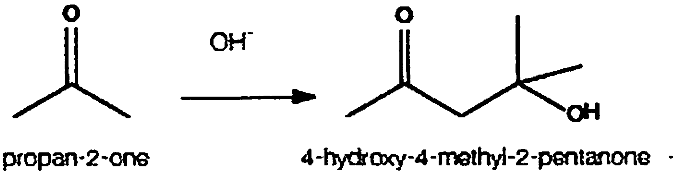




propan-2-one

ภาพ 6 ตัวอย่างการวาดโครงสร้าง propane-2-one **หรือ** acetone

ที่มา : ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 26



- เลือก (arrow) แล้วสร้างลูกศร ระหว่าง propan -2-one และ 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone
- ระบุไฮดรอกไซด์ไอออนบนลูกศรโดยเลือก (text) แล้วคลิกที่บริเวณบนเส้นลูกศร จากนั้นพิมพ์ OH เลือก (chemical symbols) แล้วเลือก ⁻ จากนั้นสร้างสัญลักษณ์ต่อจาก OH

ภาพ 7 ตัวอย่างการสร้างลูกศรและสัญลักษณ์อื่น ที่ใช้ในการเขียนปฏิกิริยาเคมี
ที่มา : ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 26

แบบจำลอง

ความหมายและความสำคัญของแบบจำลอง

คำว่า "แบบจำลอง" เป็นคำที่แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า "Model" ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและการนำไปใช้

แบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของระบบของแนวคิด ความคิด (Gilbert and Boulter, 2000; Holloum, 2004) ซึ่งสร้างขึ้นในระยะแรก ๆ เพื่อใช้เป็นแบบแผนในการอ้างอิง นอกจากนั้น Gilbert (2004) ยังกล่าวว่าแบบจำลองอาจจะรวมไปถึง วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ ซึ่งมีความหมายคล้ายคลึงกับที่ Eduran and Duschl (2004) ที่กล่าวว่าแบบจำลอง คือ สิ่งที่เป็นตัวแทนของวัสดุสิ่งของ ภาพของจินตนาการ ระบบที่แทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่ Cartier, Rudolph and Stewart (2001) เสนอแนะว่าโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองในทางวิทยาศาสตร์จะสร้างขึ้นหรือเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นกลุ่มของความคิดที่อธิบายถึงกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งความหมายนี้สอดคล้องกับ Gilbert et al. (2000) ที่กล่าวว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ในระยะแรกซึ่งสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะ

สรุปความหมายได้ว่า แบบจำลอง (Model) คือระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนระบบอื่นๆ ที่เรียกว่า "เป้าหมาย(Target)" ซึ่งประกอบไปด้วย แบบจำลองความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

ในทางวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของการอธิบายปรากฏการณ์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่าง การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะบางอย่างเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในการสืบสวนค้นหาคำตอบโดยทำให้การอธิบายมีความเข้าใจง่ายขึ้นแบบจำลองจำนวนมากมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ ซึ่งเป็นรูปธรรมที่เป็นตัวแทนส่วนหนึ่งของระบบ โดยแบบจำลองที่สร้างขึ้นอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองรถไฟ หรือมีขนาดเท่ากับเป้าหมาย เช่น แบบจำลองร่างกายมนุษย์ หรือมีขนาดใหญ่กว่าเป้าหมาย เช่น แบบจำลองของไวรัส นอกจากนี้แบบจำลองเป็นแบบจำลองทางความคิดหรือแบบจำลองอาจมีลักษณะผสมผสานระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เช่น แบบจำลองการกระทำของแรงต่อวัตถุ แบบจำลองอาจจะเป็นระบบเหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่างๆได้

แบบจำลองมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Coll et al. 2005) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจขึ้นมาและแบบจำลองความคิดนี้จะนาไปสู่การสร้างสมมติฐานโดยที่นักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน นอกจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ยังได้ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Gobert and Buckley, 2000) แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองจึงถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิชาฟิสิกส์และเคมีซึ่งเนื้อหามีความซับซ้อนและมีแนวคิดที่เป็นนามธรรม (Harrison and Treagust, 1996) ดังนั้นจึงมีการนำแบบจำลองมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมและโลกของประสบการณ์จริงทำให้เข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้นและมองเห็นเป็นรูปธรรม (Gilbert, 2004)

จากการสร้างและความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาสรุปได้ว่านักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาจากแบบจำลองความคิดและจะตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองความคิดนี้โดยนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่สนใจ หากแบบจำลองความคิดนี้สามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ จะทำให้แบบจำลองนี้พัฒนาไปเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือในการทดสอบ

แบบจำลองความคิดและใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนเป็นเครื่องมือที่ทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมองเห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ประเภทของแบบจำลอง

Gilbert และคณะ (2000) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลอง ดังนี้

1. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามพื้นฐานของหลักภววิทยา (Ontology) หรือแบ่งตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองที่ใช้ในการสอนและการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2 แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด และท่าทาง เป็นต้น

1.3 แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลอง ประสบการณ์และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือแบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5 แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของการสร้างแบบจำลอง

2. ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

2.1 แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) คือ แบบจำลองของวัตถุ 3 มิติ เป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) คือ แบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) คือ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอสไตน์แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานและมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

2.4 แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or diagrammatic model) คือ แบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติ ที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด และรูปภาพภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5 แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) คือ แบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบเพื่อน ๆ เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองแต่ละประเภทจะมีลักษณะและประโยชน์ที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองที่แสดงออกจะเป็นเสมือนหน้าต่างที่ช่วยให้บุคคลอื่นได้รับรู้และเข้าถึงแบบจำลองความคิดที่เราสร้างขึ้น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองที่แสดงออกเป็นตัวแทนของแบบจำลองความคิดนั่นเอง ซึ่งแบบจำลองที่แสดงออกในทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบและในบางครั้งรูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกอาจมีการรวมกันมากกว่าหนึ่งรูปแบบ

รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออก

ตามที่ได้ที่ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้วว่าแบบจำลองความคิดเป็นของเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้น (Gilbert, Boulter and Elmer, 2000, p 120) และเป็นสิ่งที่บุคคลอื่นยากจะสามารถเข้าถึงได้ ดังนั้นจึงต้องให้นักเรียนได้แสดงแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นออกมาผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก ซึ่งนักเรียนอาจจะมีลักษณะของการแสดงออกได้ในหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้ (Boulter and Buckley, 2000, p 46-47; Gilbert,2005, p 13)

1. แสดงออกในลักษณะของรูปธรรม (Concrete or material mode) เป็นการแสดงออกในลักษณะสามมิติ ซึ่งอาจจะสร้างจากวัสดุที่มีความคงทน เช่น แบบจำลองพลาสติกที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกหรือแบบจำลองของลูกโป่งที่แทนรูปร่างโมเลกุล

2. แสดงออกในลักษณะของภาษา (Verbal mode) เป็นการแสดงออกโดยการบรรยายเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ปรากฏ เช่น ในแบบจำลองโมเลกุลชนิด ball-and-stick อธิบายว่าลูกบอล

แทนอะไร เส้นแต่ละเส้นแทนอะไร หรืออธิบายโดยการเปรียบเทียบ เช่น พันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เพื่อให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนครบตามกฎออกเตตหรืออาจจะแสดงออกได้ทั้งการพูดและการเขียน

3. แสดงออกในลักษณะของสัญลักษณ์ (Symbolic mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้สัญลักษณ์ของธาตุ สูตรเคมีหรือสมการเคมี เช่น นักเรียนเขียน Na^{+} Cl^{-} แทนการเกิดพันธะไอออนิกในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

4. แสดงออกในลักษณะของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกโดยใช้กราฟ แผนภาพ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว ภาพโครงสร้างทางเคมีในลักษณะ 2 มิติ หรือภาพเสมือนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น นักเรียนวาดรูปวงกลมและอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเพื่อแสดงถึงโครงสร้างผลึกของอะลูมิเนียม

5. แสดงออกในลักษณะของกิริยาท่าทาง (Gestural mode) เป็นการแสดงออกโดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น การจำลองการเคลื่อนที่ของไอออนในกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส โดยให้นักเรียนเดินตามช่องทางที่กำหนด

6. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของรูปธรรม (Concrete mixed) เป็นการแสดงออกด้วยแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับภาพหรือคำพูด และแบบจำลองรูปธรรมควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น นักเรียนแสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกด้วยแบบจำลองลูกปิงปองและมีข้อความติดอยู่ที่ลูกปิงปองแต่ละลูกว่าใช้แทนอะไร

7. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาษา (Verbal mixed) เป็นการแสดงออกด้วยข้อความควบคู่กับภาพหรือข้อความควบคู่กับสัญลักษณ์ขององค์ประกอบ เช่น ข้อความอธิบายโครงสร้างของแกรไฟต์ที่สัมพันธ์กับแผนภาพโครงสร้างผลึกของแกรไฟต์

8. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของสัญลักษณ์ (Symbolic mixed) เป็นการแสดงออกด้วยสมการและสูตรควบคู่กับคำอธิบาย เช่น สัญลักษณ์ H_2O แทนสูตรโมเลกุลของน้ำประกอบด้วย H 2 อะตอม และ O 1 อะตอม

9. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของภาพ (Visual mode) เป็นการแสดงออกด้วยภาพประกอบคำอธิบายหรือภาพควบคู่กับสัญลักษณ์ เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายประกอบคำอธิบาย

10. แสดงออกในลักษณะการรวมกันของกิริยาท่าทาง (Gestural mixed) เป็นการแสดงออกด้วยคำอธิบายประกอบท่าทาง เช่น ให้นักเรียนเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ พร้อมกับอธิบายว่าเป็นการเคลื่อนที่ของไอออนในขณะที่นำไฟฟ้า

จากรูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกตามที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองที่แสดงออกในการแสดงแบบจำลองความคิดได้ในหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างความหมายและการสร้างความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งจะแตกต่างกันออกไป ในการเรียนวิชาเคมีนั้นนักเรียนจะต้องฝึกการใช้รูปแบบของแบบจำลองที่แสดงออกในทุกประเภทเนื่องจากในวิชาเคมีเป็นวิชาที่ต้องอาศัยแบบจำลองในหลายประเภทเพื่อใช้ในการทาความเข้าใจและสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจในสิ่งที่เราเข้าใจ

ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตาม แบบจำลองเหล่านี้ก็มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้ (Gilbert and Ireton, 2003)

1. ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่า "ไม่เป็นของจริง" ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า "เป็นของปลอม"

2. คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) โดยแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (Simplified) โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องตีความหมาย (Interpreted) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง เช่น Scale model จะถูกตีความได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่เป็นภาพหรือแผนผัง เช่น แผนที่ทางหลวง ผังเมือง เป็นต้น

5. มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

แบบจำลองความคิด

ความหมายและความสำคัญของแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิด แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า "Mental models" ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Vosniadou (1994 อ้างอิงใน Harrison and Treagust, 1996, p 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของความคิดในลักษณะพิเศษ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการรับรู้จากประสาทสัมผัสของแต่ละบุคคล

Harrison and Treagust (1996, p 510) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการอธิบาย เพื่อทำความเข้าใจในแนวคิดของแต่ละบุคคล

Barquero (1995 อ้างอิงใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของการรับรู้ชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ภายใน ไม่สมบูรณ์ มีความคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่ปะติดปะต่อ ซึ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นความเข้าใจในหลายแง่มุมของแต่ละบุคคล และใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบาย การทำนาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยอาศัยประสบการณ์เดิม

Johnson-Laird (1983 อ้างอิงใน Greca and Moreira, 2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นการแสดงออกในการอุปมาอุปไมยของความจริงของแต่ละบุคคล ซึ่งแบบจำลองจะเป็นตัวเลือกในการอธิบายถึงสถานการณ์ โดยการรับรู้หรือจินตนาการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ภายนอกกับสิ่งที่อยู่ภายในความคิด แล้วแสดงออกสู่ภายนอกแทนสถานการณ์นั้น ๆ

Greca and Moreira (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคล ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสร้างขึ้นภายในเพื่อเรียนรู้ อธิบาย ทำนาย ปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ

Buckley and Bouter (2000, p 120) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นสิ่งที่อยู่ภายในซึ่งแสดงถึงระบบของการรับรู้ในการใช้เหตุผลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ โดยการบรรยาย อธิบาย ทำนาย และในบางครั้งเป็นสิ่งที่ควบคุมระบบของการรับรู้

Norman (1983) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองความคิดว่าเป็นระบบเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มประชาคมหรือแต่ละบุคคลสร้างขึ้นเพื่อพยายามใช้ในการเรียนรู้แบบจำลองแนวคิด ซึ่งเป็นระบบที่สร้างโดยนักวิทยาศาสตร์หรือครูที่คิดว่ามีลักษณะที่เหมาะสม ถูกต้อง มีความคงที่และสมบูรณ์ โดยแบบจำลองความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นจะได้รับอิทธิพลมาจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคลและสถานการณ์เป้าหมายหรือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

จะเห็นได้ว่าแบบจำลองความคิดมีความหมายได้หลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาแต่ละท่านว่ามีมุมมองอย่างไร แต่จากความหมายของแบบจำลองความคิดที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านได้ให้ไว้นั้น แบบจำลองความคิดมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับคำว่าแนวคิดวิทยาศาสตร์มาก ดังที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาบางท่านใช้คำว่าแนวคิดเป็นตัวแทนของแบบจำลองความคิด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงตีความหมายของแบบจำลองความคิดว่า เป็นภาพสะท้อนถึงจินตนาการ ระบบ รูปแบบ และโครงสร้างทางความคิดของนักเรียนแต่ละคน

ประเภทของแบบจำลองความคิด

Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593) ได้เสนอแนวคิดแบบจำลองทางความคิด 6 กลุ่ม ดังนี้

1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอ

3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model) หมายถึง คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model) หมายถึง คำตอบและรูปแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน

6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

การวัดแบบจำลองทางความคิด

เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วแบบจำลองความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นสิ่งที่ไม่สมบูรณ์ คลุมเครือ ไม่ชัดเจน ซึ่งมีผลมาจากความเชื่อของแต่ละบุคคลและเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนของแนวคิด หรือ ปรากฏการณ์ (Harrison and Treagust, 1996, p 509) ดังนั้นแบบจำลอง ความคิดของแต่ละบุคคลจึงจะสังเกตได้จากการสร้างความหมายของแต่ละคนผ่านทางแบบจำลองที่ แสดงออกหรือการอธิบายด้วยภาษา (Buckley and Boulter, 2000, p 119) ซึ่งแหล่งข้อมูลของแบบจำลองที่แสดงออกนั้น อาจจะหมายถึงสิ่งต่อไปนี้คือ สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้น เช่น สมุดบันทึกของนักเรียน บันทึกประจำวันของนักวิทยาศาสตร์ แผนภาพที่ผู้เรียนสร้างขึ้น วารสารที่ตีพิมพ์ของนักวิทยาศาสตร์ (Franco and Colinvaux, 2000, p 93) การแสดงออกถึงความชอบในการเลือกภาพหรือแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม การเขียนตอบสั้น ๆ หรือการเขียนเรียบเรียงในการตอบคำถาม และการบรรยายหรือการอธิบายปากเปล่าในขณะที่ให้สัมภาษณ์ เนื่องจากแบบจำลองความคิดมีลักษณะที่ซับซ้อนไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงทำให้งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดจึงต้องใช้ข้อมูล จากหลาย ๆ แหล่งมาประกอบกัน เพื่อให้ข้อมูลของแบบจำลองความคิดที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียน พบว่ามีวิธีหรือเครื่องมือที่ใช้วัดแบบจำลองความคิดที่หลากหลาย ซึ่งเครื่องมือที่ในการวัดแบบจำลองความคิดแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามชนิดปลายเปิด (Open – ended questions)

โดยทั่วไปแล้ววิธีการตอบคำถามจะมีรูปแบบคล้ายกับคำถามในการสัมภาษณ์ซึ่งการใช้แบบสอบถามชนิดปลายเปิดจะทำให้ได้ข้อมูลมากกว่าการใช้แบบสอบถามชนิดปลายปิด หากผู้เรียนสมัครใจหรือเต็มใจในการตอบ เนื่องจากการใช้แบบสอบถามชนิดปลายปิดนั้นผู้วิจัยไม่สามารถที่จะตะล่อม เพิ่มเติมเมื่อคำตอบหรือเหตุผลของผู้เรียนไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามทั้งการใช้แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ และแบบสอบถามชนิดปลายเปิดนั้น สามารถที่จะใช้ในการล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของผู้เรียนได้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นคำถามในการสัมภาษณ์ (Ogan - Bekiroglu, 2007, p 555) โดยส่วนมากแล้วในการสำรวจแบบจำลองความคิดจะใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เป็นแหล่งข้อมูลหลัก เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ในการสัมภาษณ์ระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ถูกสัมภาษณ์นั้น จะทำให้มีการปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม โดยที่ผู้

สัมภาษณ์ที่จะใช้คำถามตะล่อมเพิ่มเติมได้หรือปรับเปลี่ยนคำถามได้ อาศัยจากพื้นฐานของคำตอบจากผู้ถูกสัมภาษณ์

2. การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างโดยใช้เทคนิคการตะล่อมกล่อมเกลา (Interviews with probing questions)

การสัมภาษณ์จะสามารถทำให้ผู้วิจัยล้วงแบบจำลองความคิดผู้เรียนของระบบเป้าหมายได้ ยกตัวอย่างเช่น โครงสร้างของอะตอม พันธะเคมี หรือโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล โดยใช้การตะล่อมด้วยคำถาม ผู้วิจัยสามารถที่จะตะล่อมถึงรายละเอียดของแบบจำลองความคิดของผู้เรียนได้ อาทิเช่น การถามผู้เรียนเพื่อให้อธิบายถึง ความคิดเกี่ยวกับทะเลอิเล็กตรอน (Sea of electrons) ในขณะที่กำลังอธิบายถึงการเกิดพันธะโลหะ (Taber, 2003, p 732) โดยปกติแล้วจะใช้การวาดภาพควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์เนื่องจากหากเลือกใช้เพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลแบบจำลองความคิดของผู้เรียนค่อนข้างจำกัด รวมทั้งการใช้ควบคู่กันทั้ง 2 วิธีจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความตรงและความเที่ยงมากขึ้นอีกด้วย เนื่องจากเมื่อวาดภาพ แล้วอาจจะสัมภาษณ์เพิ่มเติมโดยถามว่าเพราะเหตุใดผู้เรียนจึงวาดภาพหรือเขียนออกมาในลักษณะเช่นนี้ ประโยชน์ของวิธีการนี้ก็คือสามารถที่จะล้วงแบบจำลองที่แสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรงจากการวาดภาพว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับปรากฏการณ์ของสิ่งที่มีขนาดเล็กมากซึ่งมองไม่เห็น ยกตัวอย่างเช่น วาดภาพอะตอมหรือวาดภาพไอออนแสดงการเกิด พันธะ หรืออนุภาคของสารในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง (Williamson and Abraham, 1995, p 521) อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้ก็มีข้อจำกัดสำหรับผู้เรียนบางคนเนื่องจากทำให้มีความรู้สึกกดดัน เพราะจะต้องทั้งอธิบายและวาดภาพประกอบด้วย

3. การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ (Interviews about Instances and Events)

การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เป็นการสนทนาระหว่างครูและนักเรียน มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ใดมโนทัศน์หนึ่ง ที่จะต้องอาศัยความเข้าใจในมโนทัศน์ (ไม่ใช่การท่องจำ) และความสามารถในการสื่อสารเพื่ออธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจของผู้เรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่หยิบยกมาเป็นตัวอย่าง/เหตุการณ์ประกอบการสัมภาษณ์ (White and Gunstone, 1992 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, 127) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

ในมโนทัศน์ของผู้เรียน จะประสบความสำเร็จหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความไว้เนื้อเชื่อใจระหว่างผู้เรียนกับครู ว่าผลการสัมภาษณ์จะไม่ส่งผลต่อคะแนนเก็บหรือเกรดใด ๆ เลย มิฉะนั้น ผู้เรียนจะไม่แสดงความคิดเห็นที่แท้จริงออกมา ดังนั้น จึงไม่มีเกณฑ์สำหรับการให้คะแนนผลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, 133)

การสัมภาษณ์ด้วยวิธีนี้เป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งในการตะล่อมผู้เรียนเพื่อดูถึงความเข้าใจที่ลึกซึ้งของผู้เรียนเกี่ยวกับแบบจำลองหรือแนวคิดที่มีความเฉพาะเจาะจงโดยการใช้คำถามกระตุ้นให้ ผู้เรียนเลือกแบบจำลองที่ตนเองชอบ ที่เคยเห็นหรือที่เคยได้ยินในห้องเรียนจากแบบจำลองที่กำหนดให้ และส่วนใหญ่แล้วแบบจำลองที่นำมาใช้ประกอบในการสัมภาษณ์นั้นจะคัดเลือกมาจากหนังสือเรียน หรือสื่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ จากนั้นจะใช้คำถามตะล่อมให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงเหตุผลในการเลือก แบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองความคิดของผู้เรียนอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ให้นักเรียน เลือกแบบจำลองโมเลกุลของน้ำระหว่างแบบจำลองชนิด space-filling และ ball-stick หรือให้นักเรียนเลือกแบบจำลองของอะตอม หรือให้นักเรียนเลือกแบบของการเกิดพันธะเคมี (Harrison and Treagust, 1996, p 509-534)

4. การสัมภาษณ์โดยใช้ปัญหา

วิธีการสัมภาษณ์ 2 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมุ่งประเด็นไปที่การตรวจสอบแบบจำลองความคิดของผู้เรียนในส่วนที่เป็นเนื้อหา แต่ถ้าต้องการล้วงแบบจำลองความคิดของผู้เรียนว่าผู้เรียนมีการนำเอาแบบจำลองความคิดไปใช้ใน การทำนายและอธิบายปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไรนั้นในงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าจะนิยม ใช้อยู่ 2 เทคนิคด้วยกัน คือ การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ (Interview-about-events; IAE) และการทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย (Prediction-observation-explanation; POE) ซึ่งในแต่ละ เทคนิค มีรายละเอียด ดังนี้ (Harrison and Treagust, 1996, p 509-534)

4.1 การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์

การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดที่มีความจำเพาะเจาะจงด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์หรือชุดของแผนภาพประกอบในการสัมภาษณ์ซึ่งจะเริ่มจากการแสดงแผนภาพเกี่ยวกับปัญหาหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สนใจให้กับผู้เรียนดูจากนั้นให้ผู้เรียนประเมินและแสดงเหตุผลภายใต้เงื่อนไขของปัญหาหรือบริบทนั้น ๆ รวมทั้งให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงความเข้าใจและแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้น ยกตัวอย่างเช่นในการศึกษาแบบจำลองความคิดที่เกี่ยวกับพันธะโลหะซึ่งให้ผู้เรียนอธิบายถึงความสามารถการนำ

ไฟฟ้าของลวดทองแดงโดยเปรียบเทียบกับแท่งแก้วและให้อธิบายสมบัติความเป็นโลหะ จากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถอธิบายสมบัติดังกล่าวได้โดยใช้แบบจำลองแนวคิดที่มีความคุ้นเคยมาใช้ในการอธิบาย เช่น แบบจำลองทะเลอิเล็กตรอน แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการอธิบายและความเข้าใจที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นมีค่อนข้างจำกัด

4.2 การทำนาย – การสังเกต - การอธิบาย

การทำนาย – การสังเกต - การอธิบาย เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน โดยในขั้นตอนแรกให้ผู้เรียนได้ทำนายถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดก่อนการทำกิจกรรม พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ หลังจากนั้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือสาธิตให้ดูแล้วให้สังเกตถึงสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดและให้อธิบายว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร สุดท้ายให้ผู้เรียนอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้กับสิ่งที่สังเกตเห็นและให้อธิบายถึงเหตุผล เทคนิคนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงแบบจำลองความคิดของผู้เรียนเท่านั้นแต่จะทำให้เห็นถึงการทำนายของเหตุการณ์ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวด้วย ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน (Chiu, Chou and Liu, 2002, p 688 - 721) โดยถามเพื่อให้นักเรียนทำนายพร้อมทั้งให้เหตุผลถึงสิ่งที่เกิดขึ้นว่านักเรียนจะสังเกตเห็นอะไร เมื่อนำหลอดทดลองที่มีสารละลายของ $Co(H_2O)_6^{2+}$ จุ่มลงในน้ำร้อน ในขณะที่ผู้เรียนกำลังสังเกตและอธิบายนั้นอาจจะใช้คำถามเพื่อถามนำก็ได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมีเพราะอะไรหรือสมดุลเคมีที่เกิดขึ้นเป็นสมดุลชนิดใด ในการวิจัยครั้งนี้การล้วงความคิดและความเข้าใจของนักเรียนเรื่องพันธะเคมีในงานวิจัย ระยะแรก ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้วาดภาพแบบจำลองความคิดของพันธะเคมีพร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในระยะนี้ มีจำนวนมากและเป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ส่วนงานวิจัยในระยะที่ 2 เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้จะเป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิดและบันทึกการสังเกตในห้องเรียน โดยแบบสอบถามที่ใช้นั้น ผู้วิจัยได้พัฒนามาจากข้อมูลของงานวิจัยที่ได้ในระยะแรก เหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือดังกล่าวในระยะที่ 2 เนื่องจากผู้วิจัยต้องการข้อมูลเชิงลึกของแบบจำลองความคิดนักเรียนรวมทั้งเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความตรงและความเที่ยง

จากวิธีการวัดแบบจำลองความคิดตามที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ในการวัดแบบจำลองความคิดนั้นจะวัดโดยการตีความจากแบบจำลองที่แสดงออกของนักเรียน เช่น การเขียนตอบ บันทึกต่าง ๆ แบบจำลองประเภทต่าง ๆ การวาดภาพ และการสัมภาษณ์ โดยประเด็นสำคัญก็คือต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งมาประกอบกัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบสอบถาม

ชนิดปลายเปิด (Open – ended questions) เพื่อล้วงความคิดในตอนเริ่มต้นของผู้เรียน และใช้การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ (Interviews about Instances and Events) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกของแบบจำลองความคิดของนักเรียนรวมทั้งเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความตรงและความเที่ยง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งทางภาคใต้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 เก็บข้อมูลเชิงลึกโดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยซึ่งทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

นิภาภรณ์ จันทะโยธา (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ศึกษาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง ของแข็งของเหลว และแก๊ส และวัดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลองและหลังทำการทดลอง ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือชนิดคำถามปลายเปิดมาวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียนและหลังเรียน 1 เดือน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ (2559) เปรียบเทียบมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ก่อนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ใน

ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2558 มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้น คือ ขั้นสำรวจแนวคิด ขั้นประเมินและทบทวนแนวคิด ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง ขั้นนำแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ ขั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และใช้แบบวัดมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ จำนวน 15 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออก เป็น 5 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถพัฒนามโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (SU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้น จากร้อยละ 3.39 เป็นร้อยละ 52.11 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 15.28 เป็นร้อยละ 24.00 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วนและมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 10.89 เป็นร้อยละ 10.39 มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 42.89 เป็นร้อยละ 10.89 และมีไม่มีมโนมติ (NU) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 26.67 เป็นร้อยละ 2.44

ธีรตา ชาติวรรณ (2560) ได้ศึกษาผลการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่องพันธะโคเวเลนต์ โดยกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 49 คน โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งเขตภาคเหนือตอนล่าง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด ชิ้นงาน และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (43.99%) รองลงมาอยู่ในกลุ่มแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (20.79%) อย่างไรก็ตาม หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่อง พันธะโคเวเลนต์แล้ว นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%)รองลงมามีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (29.78%) ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเองอยู่ในเกณฑ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

Baek et al. (2010) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ZModel-centered instruction sequence) เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific modeling) ในมิติด้านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน เป็นระยะเวลา 6 – 8 สัปดาห์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการระเหยและการควบแน่นของสาร เก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวิดีทัศน์และการใช้แบบตอบการสัมภาษณ์ ผลพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด กล่าวคือ นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงการอธิบายลักษณะที่สำคัญด้วยแบบจำลองและการสื่อสารด้วยแบบจำลอง และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

Jamal and Anwar (2015) ได้ศึกษาการบูรณาการเครื่องมือวาดภาพและการสร้างแบบจำลอง (ChemDraw) ในการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับมหาวิทยาลัย ที่ส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้ของนักศึกษา และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาเคมี ผลการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของนักเรียนในการสอบมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 5.70 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 7.73 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการบูรณาการเครื่องมือการสร้างแบบจำลองในการศึกษาเคมีนั้นมีประโยชน์อย่างมาก และความคิดเห็นของนักเรียนตามแนวคิดดังกล่าวเป็นไปในเชิงบวกและสนับสนุนมาก นักเรียนส่วนใหญ่กล่าวว่าการใช้ CHEMDRAW ในการเรียนรู้ทำให้พวกเขาพบสภาพแวดล้อมการเรียนที่ท้าทาย และต้องการเห็นซอฟต์แวร์ดังกล่าวรวมอยู่ในการศึกษาทางเคมีของพวกเขาตั้งแต่วันแรก

Bei Yuan et al. (2017) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้เข้าร่วมคือนักเรียนแพทย์ชั้นปีที่ 4 จำนวน 25 คน ประกอบผู้ชาย 12 คน ผู้หญิง 13 คน จากวิทยาลัยการแพทย์สาธารณะ ที่มีความรู้และทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการให้เหตุผลทางคลินิกและการวินิจฉัย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวทางดังกล่าวมีผลกระทบต่อความสำเร็จของนักเรียนในการรับรู้ปัญหา อีกทั้งไม่เพียงแต่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาของพวกเขาเท่านั้น แต่ยังช่วยให้พวกเขาสามารถระบุช่องว่างของปัญหาและหาแนวทางแก้ไขปัญหาได้อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ พบว่า มีทั้งการวิจัยเชิงสำรวจและการวิจัยกึ่งทดลอง โดยศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยทำความเข้าใจ และสร้างแบบจำลองความคิดของตนเอง อีกทั้งการนำเครื่องมือวาดภาพและการสร้างแบบจำลอง (ChemDraw) เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ เป็นการสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี ผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ มีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองและพัฒนาแบบจำลองความคิดนั้น มีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นจากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาสนับสนุนได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw สามารถนำมาใช้พัฒนาการเรียนด้านความเข้าใจได้ดี และยังช่วยสร้างความสามารถในการสร้างแบบจำลองความคิดในระดับที่สูงขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

บริบทของโรงเรียน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ประจำอำเภอ ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ผู้วิจัยเป็นครูประจำการ โรงเรียนแห่งนี้ก่อตั้งมามากกว่า 50 ปี มีครูและบุคลากรทางการศึกษา ประกอบด้วย ครูประจำการ 87 คน ลูกจ้างประจำและลูกจ้างชั่วคราว 18 คน นักเรียน 1,680 คน มีอาคารเรียนจำนวน 12 หลัง ซึ่งแบ่งเป็นห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ระดับชั้นละ 6 ห้อง และห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ระดับชั้นละ 8 ห้อง รวมทั้งหมด 42 ห้อง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 6 ห้อง ห้องคอมพิวเตอร์สำหรับให้นักเรียนสืบค้น จำนวน 4 ห้อง ห้องภาษาต่างประเทศ 2 ห้อง หอสมุด 1 หลัง และหอประชุมจำนวน 2 หลัง สำหรับใช้ในการประชุมนักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน

วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis (1998 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, 149 - 151) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยมีรูปแบบการวิจัยตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล(Reflect)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีสายการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งกลุ่มเป้าหมายมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 38 คน เป็นนักเรียนชาย 8 คน และนักเรียนหญิง 30 คน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง เกรดเฉลี่ยอยู่

ในช่วง 2.00 – 3.00 มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี โดยห้องเรียนมีทั้งสื่อการเรียนรู้และเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรเจคเตอร์ และเครื่องฉายสไลด์ อีกทั้งโรงเรียนยังมีห้องเครือข่ายไร้พรมแดนสำหรับให้บริการคอมพิวเตอร์ และการค้นหาข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย ได้แก่

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีวโมเลกุล
2. แบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 4 แผน 15 คาบ ประกอบด้วย

แผนที่ 1 โปรตีน	จำนวน 5 คาบเรียน
แผนที่ 2 ลิพิด	จำนวน 5 คาบเรียน
แผนที่ 3คาร์โบไฮเดรต	จำนวน 3 คาบเรียน
แผนที่ 4 กรดนิวคลีอิก	จำนวน 2 คาบเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ชิ้นงานของนักเรียน เป็นชิ้นงานที่นักเรียนจะต้องสร้างขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งชิ้นงานของนักเรียน ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม ChemDraw

2.2 แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุล จำนวน 9 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดที่ให้นักเรียนวาดภาพและอธิบายคำตอบ ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการวิเคราะห์จำนวนคำถามในแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล

เรื่อง	จำนวนข้อ
1. โปรตีน	
- โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	1
- การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	1
2. ลิพิด	
- องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน	1
- รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว	2
3. คาร์โบไฮเดรต	
- โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์	1
- โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์	1
- โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์	1
4. กรดนิวคลีอิก	
- โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	1
รวม	9

2.3 การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล ใช้ในการสัมภาษณ์ตัวแทนนักเรียนที่มีเกณฑ์แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593) ดังตารางที่ 4 ที่น่าสนใจ เป็นรายบุคคลใช้เวลาประมาณ 5 - 10 นาที เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องกับการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองความจริงหรือไม่ โดยแบบสัมภาษณ์นี้จะมีภาพตัวอย่างทั้งหมด 9 ภาพ ให้นักเรียนเลือกตอบว่าในแต่ละภาพ ว่าเป็นโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และกรดนิวคลีอิก หรือไม่ อย่างไร

2.4 แบบบันทึกหลังสอน ใช้ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกผลจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ภายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนอย่างละเอียดโดยมีกรอบ

การบันทึก ดังนี้ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้ หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้ ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง สาเหตุของปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 4 แผน 15 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 3 สัปดาห์ โดยมีขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จุดมุ่งหมาย และตัวชี้วัด ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุลในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน เคมีสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 จัดทำโดยสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 ศึกษาแนวคิด หลักการ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล ประกอบด้วย 4 หน่วย ได้แก่ โปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก

1.4 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา แนวคิดหลัก และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ดังตาราง 2

ตาราง 2 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องสารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
โปรตีน	1. ระบุธาตุองค์ประกอบหลัก หน่วยย่อย และโครงสร้างของโปรตีนได้ 2. อธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้ 3. อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้	5
ลิพิด	1. อธิบายองค์ประกอบของไขมันและน้ำมันได้ 2. อธิบายความแตกต่างและบอกวิธีทดสอบเพื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ 3. อธิบายปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนในกรดไขมันไม่อิ่มตัวและปฏิกิริยาการเหม็นหืนได้	5
คาร์โบไฮเดรต	1. ระบุธาตุองค์ประกอบและประเภทของคาร์โบไฮเดรตพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้ 2. บอกประโยชน์ของคาร์โบเดรตบางชนิดที่มีต่อร่างกายได้	3
กรดนิวคลีอิก	1. อธิบายองค์ประกอบ หน้าที่ และความสำคัญของกรดนิวคลีอิกต่อร่างกายได้ 2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง DNA และ RNA ได้	2
	รวม	15

1.5 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา แนวคิดหลัก และการเรียนรู้วิชาเคมี จำนวน 4 แผน ประกอบด้วย โปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก อย่างละ 1 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 คาบ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาคาบละ 50 นาที

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาและ

กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลา ตลอดจนข้อบกพร่องอื่น ๆ โดยมีผลการประเมินดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โปรตีน ผลการประเมิน 4.47 อยู่ในระดับดี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ลิพิด ผลการประเมิน 4.47 อยู่ในระดับดี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คาร์โบไฮเดรต ผลการประเมิน 4.45 อยู่ในระดับดี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กรดนิวคลีอิก ผลการประเมิน 4.42 อยู่ในระดับดี

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โปรตีน อาจมีการระบุข้อความ/ให้มีการสรุปช่วงท้ายหลังการประเมินแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ลิพิด ควรเพิ่มขั้นสรุป ปิดบทเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คาร์โบไฮเดรต –

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กรดนิวคลีอิก ควรเพิ่มขั้นตอนสรุปบทเรียนหลังจากให้ประเมินแบบจำลอง

จากนั้นนำข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่ผ่านการพัฒนากิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา และปรับปรุงแก้ไขแล้ว นำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายที่จะศึกษาต่อไป

การสร้างเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

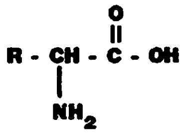
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองความคิด ชิ้นงานงานนักเรียน แบบบันทึกการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ และบันทึกหลังสอน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

1. แบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จุดมุ่งหมาย ตัวชี้วัด และขอบข่ายสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ในสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาขอบข่ายเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล ในหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน เคมีสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 จัดทำโดยสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเอกสารตำราต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล เพื่อรวบรวมเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษา ซึ่งประกอบด้วย 8 แนวคิดย่อย ดังตารางที่ 3 แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

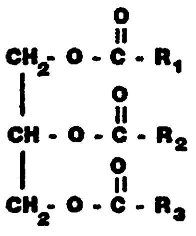
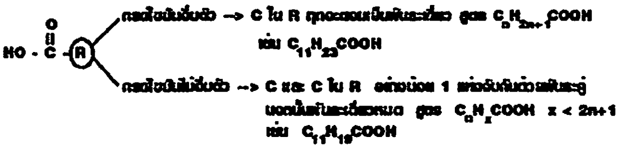
ตาราง 3 รายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	โมเลกุลของกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชันก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH)  R เป็นกลุ่มอะตอมของธาตุต่าง ๆ	1 (ข้อที่ 1)
การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	พันธะเพปไทด์ คือ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นระหว่าง C อะตอมในหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งยึดกับ N อะตอม ในหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 โมเลกุล เรียกว่า ไดเพปไทด์ - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 โมเลกุล เรียกว่า ไตรเพปไทด์ - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนตั้งแต่ 100 โมเลกุลขึ้นไป เรียกว่า พอลิเพปไทด์นี้ว่า โปรตีน	1 (ข้อที่ 2)
โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์	น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือเรียกว่าโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) เป็นน้ำตาลที่เกิดจากการรวมตัวของคาร์บอนตั้งแต่ 3 ตัวถึง 8 อะตอม น้ำตาลกลุ่มนี้จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ให้รสหวาน สูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_n$ เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด เมื่อรับประทานเข้าไปสามารถ ร่างกายสามารถดูดซึมแล้วนำไปใช้ได้เลยโดยไม่ต้องย่อยอีก สำหรับน้ำตาลที่	1 (ข้อที่ 3)

ตาราง 3 (ต่อ) รายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
	ประกอบด้วยคาร์บอน 5 ตัว เรียกว่า เพนโทส (pentose) ส่วนน้ำตาลเฮกโซส (hexose) มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม เป็นน้ำตาลที่พบมากที่สุด มี 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโทส และน้ำตาลกาแลกโตส น้ำตาลพวกนี้จะละลายน้ำได้ดี เป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน พบได้ใน ผัก ผลไม้ น้ำนม และน้ำผึ้ง	
โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์	น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือเรียกว่าไดแซคคาไรด์(disaccharide) หรือน้ำตาลสองชั้น (double sugar) จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ให้รสหวาน เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เกิดโมโนแซคคาไรด์ 2 โมเลกุล มารวมตัวกัน เมื่อเรารับประทานน้ำตาลโมเลกุลคู่เข้าไป จะมีการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารได้น้ำตาลชั้นเดียวก่อนจึงจะดูดซึมต่อไปได้ คาร์โบไฮเดรตประเภทนี้ที่สำคัญคือ น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย น้ำตาลมอลโทส และน้ำตาลแล็กโทส มีความสามารถในการละลายน้ำต่างกันไป คือ น้ำตาลซูโครสละลายน้ำได้ดี น้ำตาลมอลโทสละลายน้ำได้ค่อนข้างดี ส่วนน้ำตาลแล็กโทสละลายน้ำได้เล็กน้อย	1 (ข้อที่ 4)
โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์	เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจำนวนหลายโมเลกุลมาเชื่อมต่อกัน พอลิแซ็กคาไรด์เป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่มีรสหวาน ละลายน้ำได้ยากหรือไม่ละลายเลย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน	1 (ข้อที่ 5)
องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน	ไขมัน และน้ำมัน (Fat and oil) คือ สารอินทรีย์ประเภทลิปิดชนิดหนึ่ง มีสูตรทั่วไปดังนี้	1 (ข้อที่ 6)

ตาราง 3 (ต่อ) รายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
	 ไขมันและน้ำมันมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนเอสเทอร์จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ชนิดหนึ่งได้	
รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว	กรดไขมัน (Fatty acid) คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน สูตรทั่วไปดังนี้  จำนวน C อะตอมเป็นเลขคู่ C ใน R ต่อกันเป็นสายยาวไม่ค่อยพบแตกกิ่งก้านสาขา และขดเป็นวงปิด	2 (ข้อที่ 7, 8)
โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	กรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ประกอบด้วยโมเลกุลย่อยๆที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) จำนวนมากมาสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นสายยาว โดยโมเลกุลนิวคลีโอไทด์จะประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย ดังนี้ 1) น้ำตาลเพนโทส (pentose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม มี 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส (ribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาร์เอ็นเอและดีออกซีไรโบส (deoxyribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยทั้งสองชนิดจะมีความแตกต่างกันคือ น้ำตาลดีออกซีไรโบสจะมีอะตอมธาตุออกซิเจนน้อยกว่าน้ำตาลไรโบสอยู่ 1 อะตอม	1 (ข้อที่ 9)

ตาราง 3 (ต่อ) รายละเอียดแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

แนวคิดย่อย	รายละเอียดของแนวคิด	จำนวนข้อ
	2) ไนโตรเจนเบส (nitrogenous base) มีอยู่ทั้งสิ้น 5 ชนิด คือ อะดีนีน (Adenine ; A), กวานีน (Guanine ; G), ไซโทซีน (Cytosine ; C), ยูเรซิล (Uracil ; U) และไทมีน (Thymine ; T) ซึ่งส่วนของไนโตรเจนเบสนี้จะเป็นส่วนที่กำหนดความแตกต่างของโมเลกุลนิวคลีโอไทด์ โดยในดีเอ็นเอจะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ T ขณะที่ในอาร์เอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ U 3) หมู่ฟอสเฟต เป็นบริเวณที่สามารถสร้างพันธะกับน้ำตาลเพนโทสของนิวคลีโอไทล์อีกโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลสามารถเชื่อมต่อกันได้	

1.2 ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบวัดแบบจำลองความคิดและเทคนิคการเขียนข้อคำถามแบบปลายเปิด รวมทั้งเนื้อหาที่เกี่ยวกับแบบจำลองความคิดและแนวคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล

1.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล พร้อมทั้งกำหนดแนวคำตอบที่ถูกต้อง จำนวนทั้งหมด 9 ข้อ โดยกำหนดข้อคำถามหรือสถานการณ์ แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบหรือวาดภาพและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบให้ครอบคลุมเนื้อหา โดยแบ่งเป็นเนื้อหาย่อย ดังตาราง 1

1.4 นำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบวัดแบบจำลองทางความคิดและความเหมาะสมของคำถามกับแนวคำตอบแต่ละข้อให้สอดคล้องกับแนวคิดย่อยที่ตั้งไว้ ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยผลการประเมินแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล พบว่า มีความเหมาะสม (IOC = 1)

1.5 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้ จำนวน 9 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุลไปแล้ว เพื่อดูความชัดเจนของข้อ

คำถาม ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลาตลอดจนข้อบกพร่องอื่น ๆ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

1.6 จัดทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ฉบับสมบูรณ์

1.7 นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการ จัดประเภทแบบจำลองความคิด 6 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593) ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 การจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดตามแนวคิดของ Chi and Roscoe

กลุ่มแบบจำลองความคิด	ลักษณะแบบจำลองความคิด
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดถูกต้อง อธิบายโดยใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอ
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model)	คำตอบหรือรูปภาพแบบจำลองที่วาดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model)	คำตอบและรูปภาพแบบจำลองที่วาดไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response)	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

2. แบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย

แบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่ใช้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูลภายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนอย่างละเอียดโดยมีกรอบการบันทึก ดังนี้ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้ หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้ ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง สาเหตุของปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป โดยเชิญคุณครูผู้เชี่ยวชาญในการสอนเคมีภายในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนที่เก็บข้อมูล เข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยตรวจสอบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และสร้างความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

3. ชิ้นงานนักเรียน

เป็นชิ้นงานที่นักเรียนจะต้องสร้างขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งชิ้นงานของนักเรียน ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม ChemDraw โดยผู้วิจัยนำมาตรวจเพื่อวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อตีความ และสรุปข้อมูลที่ได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองความคิดอย่างไร

4. แบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์

4.1 ศึกษาหลักการ วิธีการสร้างแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์จากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2 กำหนดขอบข่ายของประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์นักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้การสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์

4.3 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่อง สารชีว-โมเลกุล โดยแบบสัมภาษณ์มีตัวอย่างภาพทั้งหมด 12 ภาพ เป็นภาพโครงสร้างของโปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต กรดนิวคลีอิก และสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สารชีวโมเลกุล พร้อมทั้งกำหนดแนวคำตอบที่ถูกต้อง

4.4 นำแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลที่สร้างขึ้น เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) ของแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ และความเหมาะสมของภาพที่ใช้กับแนวคำตอบ ผลการประเมินพบว่า ภาพตัวอย่างจำนวน 10 ภาพ มีความเหมาะสม (IOC = 1) ผู้วิจัยจึงคัดเลือกภาพตัวอย่างที่มีความเหมาะสมจำนวน 9 ภาพ ปรับปรุงแก้ไขให้ภาพมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

4.5 นำแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ที่ได้ จำนวน 9 ภาพ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล ไปแล้ว เพื่อดูความเหมาะสมของแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4.6 จัดทำแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่อง สารชีว-โมเลกุล จำนวน 9 ภาพ ฉบับสมบูรณ์

4.7 นำแบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยให้นักเรียนเลือกตอบว่าในแต่ละภาพว่าเป็นโครงสร้างของโปรตีน ลิพิด คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก หรือไม่ อย่างไร เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติการ

การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ระหว่างเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ จำนวน 3 สัปดาห์ ๆ ละ 5 คาบเรียน เพื่อความต่อเนื่องในการแสดงออกแบบจำลองความคิด โดยดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ 3 วงจร ในแต่ละวงจรมี 4 ขั้นตอนโดยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยศึกษาสภาพปัญหาทางการเรียน ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อนำมาออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action) ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลก่อนการจัดการเรียนรู้ เป็นรายบุคคล โดยใช้เวลา 60 นาที จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และได้เก็บข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อยจากชิ้นงานในระหว่างทำกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw และบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ลงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ นำมาเป็นข้อเสนอแนะ แนวทางในการแก้ไขและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โปรตีน วงจรปฏิบัติการที่ 2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ลิพิด และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คาร์โบไฮเดรต และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 กรดนิวคลีอิก เมื่อสิ้นสุดทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลหลังการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับก่อนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นเลือกนักเรียนที่มีความน่าสนใจจากการวิเคราะห์แบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่อยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593) ดังตารางที่ 4 โดยใช้แบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล สัมภาษณ์เป็นรายบุคคล ใช้เวลาประมาณ 5 - 10 นาที เพื่อทำความเข้าใจแบบจำลองความคิดในเชิงลึกให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	ผู้ให้ข้อมูล	เวลาที่ใช้
1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เป็นอย่างไรที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีว-โมเลกุลของนักเรียน	- แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่องสารชีวโมเลกุล	- ผู้วิจัย	- ระหว่างวงจรปฏิบัติการ
	- ชิ้นงานนักเรียน (แบบจำลอง 3 มิติ)	- นักเรียน - ผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญ	- ระหว่างวงจรปฏิบัติการ
	- แบบบันทึกหลังสอน		- หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ
2. แบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนเป็นอย่างไร เมื่อเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw	- แบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล	- นักเรียน	- ก่อนและหลังจบ 3 วงจรปฏิบัติการ
	- แบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์เรื่องสารชีวโมเลกุล	- นักเรียน	- หลังจบ 3 วงจรปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ชิ้นงานนักเรียนและบันทึกหลังการสอน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) และสรุปเป็นประเด็นต่าง ๆ เพื่อทำการประมวลผลโดยการวิเคราะห์ และอภิปราย เพื่อประเมินสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นว่าสิ่งที่ปฏิบัติอยู่ ดีหรือไม่ มีความเหมาะสมอย่างไร มีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการวิจัยให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเรียบเรียงนำเสนอในรูปความเรียง

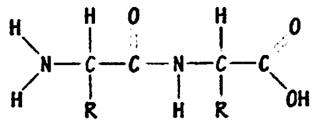
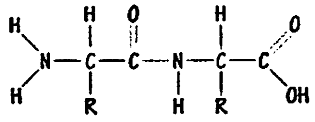
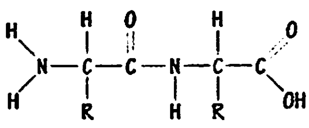
2. การศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุล

2.1 แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล

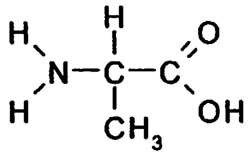
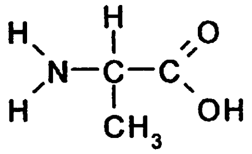
1) รวบรวมคำตอบที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุลของนักเรียนแต่ละคนมาจัดจำแนกประเภทของแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ทั้ง 8 แนวคิดย่อย ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาร์ไรด์ พอลิแซ็กคาไรด์ และกรดนิวคลีอิก

2) ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ในการจำแนกแบบจำลองความคิดที่ศึกษาออกเป็น 6 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Chi and Roscoe (2002 อ้างอิงใน Ogan-Bekiroglu, 2007, p 555 - 593) ได้แก่ แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM) แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM) และไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO) ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 เกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล แนวคิดย่อย การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

ประเภทแบบจำลองความคิด	ลักษณะของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	นักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดได้ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุล	กรดอะมิโน 2 โมเลกุล จะเกิดพันธะเพปไทด์ 1 พันธะ  พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่าง C ในหมู่คาร์บอกซิล กับ N ในหมู่อะมิโน
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดได้ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุล แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่เพียงพอ	กรดอะมิโน 2 โมเลกุล จะเกิดพันธะเพปไทด์ 1 พันธะ  พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่าง C กับ N
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถามหรือวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารชีวโมเลกุล	กรดอะมิโน 2 โมเลกุล จะเกิดพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ  พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่างอะตอมใด ๆ ของ C กับ C

ตาราง 6 (ต่อ) เกณฑ์และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนในแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล แนวคิดย่อย การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

ประเภทแบบจำลองความคิด	ลักษณะของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล	กรดอะมิโน 2 โมเลกุล จะเกิดพันธะเฟปไทด์ 2 พันธะ  พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่างอะตอมใด ๆ ของ C กับ C
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม ตลอดจนเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายไม่ชัดเจน	กรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน มีโครงสร้างพื้นฐานดังนี้  กรดอะมิโน 1 โมเลกุล มี C 3 อะตอม N 1 อะตอม O 2 อะตอม และ H 7 อะตอม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบว่าไม่ทราบ	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

3) หาความเที่ยง (Reliability) ของการจำแนก โดยผู้วิจัยได้ให้คุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนที่ทำศึกษา จำนวน 2 ท่าน พิจารณาเกณฑ์ในการจำแนกเพื่อหาความสอดคล้องกัน ส่วนคำตอบที่ไม่สอดคล้องกันได้นำมา

ปรึกษาและหาข้อตกลงใหม่ร่วมกัน จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลแบบจำลองความคิดของนักเรียนที่ได้มาหาค่าความถี่และค่าร้อยละ เรียบเรียงนำเสนอในรูปของตาราง และความเรียง

การจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพื่อให้การตรวจแบบจำลองความคิดมีความน่าเชื่อถือมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยและคุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี ช่วยกันตรวจแบบวัดแบบจำลองความคิดโดยพิจารณาคำตอบของนักเรียนว่าอยู่ในกลุ่มใด และคำตอบของนักเรียนมีความถูกต้องหรือไม่

2) ก่อนทำการตรวจแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียน ผู้วิจัยทำการฝึกการตรวจก่อนจากแบบวัดแบบจำลองความคิดที่นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3) ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจำนวน 5 คน มาทำการตรวจหาความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัยและคุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี โดยแยกกันตรวจ

4) ผู้วิจัยปรึกษากันถึงข้อที่ตรวจแล้วผลไม่สอดคล้องและทำความเข้าใจถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจและสาเหตุที่ทำให้ไม่เข้าใจตรงกันแล้วทำความเข้าใจให้ตรงกัน

5) ผู้วิจัยและคุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีแยกกันตรวจแบบวัดแบบจำลองความคิดของนักเรียนอีกครั้งเพื่อให้มีแนวทางเดียวกันในการตรวจ จากนั้นนำมาหาความสอดคล้องของจำนวนข้อที่ตรวจแล้วได้ผลตรงกัน

6) ผู้วิจัยและคุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีทำการปรึกษากันถึงข้อที่จัดกลุ่มไม่ตรงกันและทำความเข้าใจให้ตรงกัน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้ตรวจและจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนที่เหลือทั้งหมด

2.2 แบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยการถอดเทปแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนแต่ละคน นำมาจัดระเบียบ จัดกลุ่มข้อมูล วิเคราะห์ความสอดคล้องเพื่อตรวจสอบของแบบจำลองความคิดของนักเรียน

2.3 ชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อตีความ และสรุปข้อมูลที่ได้

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า 2 กลวิธี ได้แก่ (1) การตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator triangulation) ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ บันทึกหลังสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกโดยผู้วิจัยที่เป็นครูผู้สอนเอง และคุณครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี เข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยตรวจสอบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และสร้าง

ความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ (2) การตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation) เป็นการเลือกใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อรวบรวมข้อมูลเรื่องเดียวกัน ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล แบบการสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล และชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน (กิติพัฒน์ นนทปัทมะดุลย์, 2549, 183 - 185)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ในครั้งนี้ ผลการวิจัยแยกรายละเอียดตามคำถามของการวิจัย ได้แก่

1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เป็นอย่างไร ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน
2. แบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนเป็นอย่างไร เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

คำถามวิจัยข้อที่ 1 ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เป็นอย่างไร ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน

ในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw โดยผู้วิจัยได้เริ่มกระบวนการวิจัยตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Kemmis (1998 อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, 149 - 151) ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นจำนวน 3 วงจร โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินการในแต่ละวงจร ดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โปรตีน

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 4 แผน 3 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 แผนที่ 1 โปรตีน (จำนวน 5 คาบเรียน) วงจรที่ 2 แผนที่ 2 ลิพิด (จำนวน 5 คาบเรียน) วงจรที่ 3 แผนที่ 3 คาร์โบไฮเดรต (จำนวน 3 คาบเรียน)

และแผนที่ 4 กรดนิวคลีอิก (จำนวน 2 คาบเรียน) โดยผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พร้อมจัดเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย รวมทั้งนำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้วัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนก่อนเรียน โดยแผนที่ 1 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 28 มกราคม 2562 ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2562

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นสังเกตนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกตของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี จำนวน 1 ท่าน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียน จากนั้นร่วมกันทำการทดลองการทดสอบหาโปรตีนในสารอาหาร โดยใช้สารละลายไบยูเร็ต หากสารอาหารที่นำมาทดสอบเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง แสดงว่าสารอาหารนั้นมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาว่า สารสีชมพูม่วงที่เกิดขึ้นเกิดจากอะไร โครงสร้างเป็นอย่างไร ลงในใบกิจกรรมการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองทดสอบโปรตีนในอาหารได้อย่างถูกต้อง เป็นไปตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถทำความเข้าใจ และเรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบหลักและหน่อยย่อยของโปรตีนได้ เนื่องจากมีเพียงการอภิปรายผลการทดลองระหว่างนักเรียนด้วยกันเองภายในกลุ่ม ไม่ได้มีการอภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่ม และระหว่างครูกับนักเรียน ดังบทสนทนาต่อไปนี้

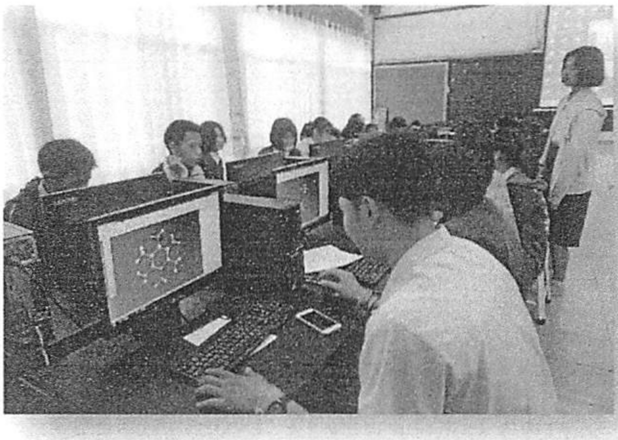
"กลุ่มอื่นเขาก็ได้สีม่วงเหมือนเราใช่ไหม"

(นักเรียน ST15, กลุ่มที่ 5, การอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม, 29 มกราคม 2562)

"สรุปคือ ถ้าอาหารมีโปรตีน หลังจากหยดไบยูเร็ตมันจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง แล้วสีม่วงมาจากไหน"

(นักเรียน ST6, กลุ่มที่ 2, การอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม, 29 มกราคม 2562)

เมื่อผู้วิจัยตรวจชิ้นงานภาพวาด 3 มิติของนักเรียนพบว่า ชิ้นงานภาพวาด 3 มิติแสดงโครงสร้างของสารเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น ไม่สามารถอธิบายได้ว่าสารสีม่วงที่เกิดขึ้นจากการทดลองเกิดจากส่วนใดของโครงสร้างสารประกอบเชิงซ้อนที่วาด (ดังภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ตัวอย่างชิ้นงาน 3 มิติแสดงโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงของนักเรียน ST4

2.2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเอง โดยการสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยใช้โปรแกรม ChemDraw พร้อมทั้งนำเสนอและอธิบายแบบจำลองสามมิติของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่าในขณะที่นักเรียนใช้โปรแกรม ChemDraw วาดแบบจำลองสามมิตินั้น มีนักเรียนบางคนที่ไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโปรแกรม ChemDraw ได้ เนื่องจากเป็นการใช้โปรแกรมครั้งแรกและไม่ได้มีการสอนใช้โปรแกรม ChemDraw มาก่อนที่จะปฏิบัติจริง จึงทำให้ครูต้องเข้าไปให้ความช่วยเหลือเป็นรายกลุ่มตามปัญหาที่พบที่แตกต่างกัน ดังบทสนทนาต่อไปนี้

"ครูคะ เส้นพันธะมันไม่ยอมเชื่อมกับอะตอมให้หนูค่ะ"

(นักเรียน ST8, กลุ่มที่ 7, การแสดงออกแบบจำลอง, 30 มกราคม 2562)

"ครูครับ หน้าต่างแสดงภาพ 3 มิติ มันหายไปครับ มันโชว์แต่โครงสร้าง 2 มิติครับ"

(นักเรียน ST1, กลุ่มที่ 4, การแสดงออกแบบจำลอง, 30 มกราคม 2562)

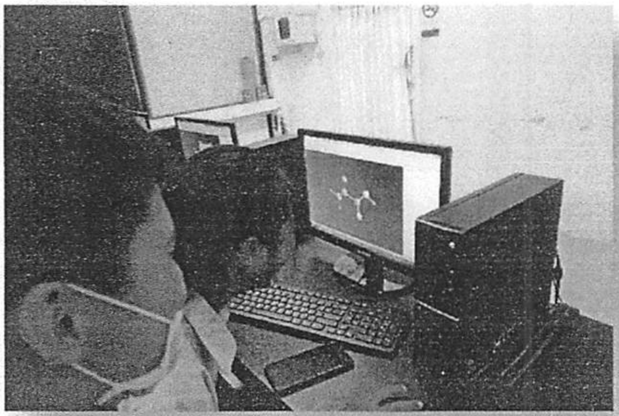
ซึ่งสอดคล้องกับการบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่ระบุว่า

"นักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาในการวาดแบบจำลอง 3 มิติเป็นเวลานานจบเกือบหมดคาบเรียน "

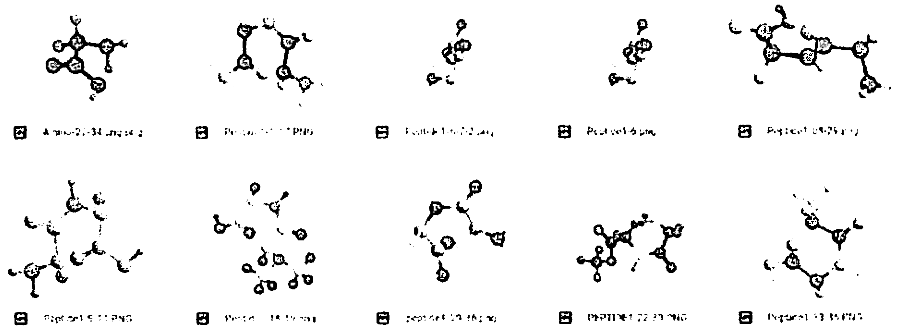
(ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้, บันทึกหลังสอน, 30 มกราคม 2562)

2.3 ขั้นทดสอบแบบจำลองและขั้นประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างไว้โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อไปสู่โครงสร้างของโปรตีน โดยใช้แบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างจากขั้นตอนก่อนหน้า และให้นักเรียนแสดงออก

แบบจำลองสามมิติอีกครั้ง โดยการใช้โปรแกรม ChemDraw สร้างแบบจำลองของกรดอะมิโน และการเกิดพันธะเพปไทด์ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองสามมิติแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแบบจำลองสามมิติแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน พร้อมทั้งให้นักเรียนใช้แบบจำลองสามมิติของกลุ่มตนเอง อธิบายความแตกต่างของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ เพื่อประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้น หากแบบจำลองสามมิติของนักเรียนไม่สามารถอธิบายประเด็นดังกล่าวได้ต้องกลับไปแก้ไขแบบจำลองใหม่อีกครั้ง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถใช้แบบจำลองสามมิติของตนเองอธิบายเชื่อมโยงถึงความแตกต่างของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ได้ จากการบันทึกหลังสอนของผู้สอนระบุว่า ในกิจกรรมการนำเสนอแบบจำลองสามมิติและอภิปรายหน้าชั้นเรียน นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอยังไม่ค่อยมีความมั่นใจในการนำเสนอ และอธิบายได้ไม่ค่อยละเอียด ไม่ได้สรุปใจความสำคัญ อาจเนื่องมาจากนักเรียนตั้งค่าปรับแต่งสีของอะตอมในแบบจำลองที่หลากหลาย ไม่เป็นมาตรฐานจึงทำให้เกิดความสับสนในการอธิบายเชื่อมโยงประเด็นดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดอะมิโนของนักเรียน ที่แต่ละอะตอมมีหลากหลายสีสันดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10 ครูจึงต้องกำหนดสีมาตรฐานของอะตอมแต่ละชนิดในการสร้างแบบจำลองสามมิติ เช่น อะตอมสีดำแทนอะตอมของคาร์บอน อะตอมสีแดงแทนอะตอมของออกซิเจน อะตอมสีขาวแทนอะตอมของไฮโดรเจน และอะตอมสีน้ำเงินแทนอะตอมของไนโตรเจน



ภาพที่ 9 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดอะมิโนของนักเรียน
ST10 และ ST 16



ภาพที่ 10 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงพันธะเพปไทด์ของนักเรียน

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูประจำการผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี บันทึกลงในแบบบันทึกหลังสอนท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป สามารถสรุปได้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้ หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้ ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ สาเหตุของปัญหาการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองทดสอบโปรตีนในอาหารได้อย่างถูกต้อง เป็นไปตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบหลักและหน่อยย่อยของโปรตีนได้ จากหลักฐานใบงานและชิ้นงานของนักเรียน เนื่องจากมีเพียงการอภิปรายผลการทดลองระหว่างนักเรียนด้วยกันเองภายในกลุ่ม ไม่ได้มีการร่วมกันระหว่างกลุ่ม และระหว่างครูกับนักเรียน เพื่อให้เห็นความหลากหลายของผลการทดลอง จึงควรทำการอภิปรายผลการทดลองระหว่างครูและนักเรียนหลังทำการทดลองทุกครั้งเพื่อเป็นการนำทางนักเรียนไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดในเรื่องนั้น ๆ ส่วนในกิจกรรมการนำเสนอแบบจำลองสามมิติและอภิปรายหน้าชั้นเรียน นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอยังไม่ค่อยมีความมั่นใจในการนำเสนอ และอธิบายได้ไม่ค่อยละเอียด ไม่ได้สรุปใจความสำคัญ ครูจึงควรให้แนวทางในการนำเสนอเพื่อให้นักเรียนนำเสนอได้ครบถ้วน และสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองในชั้นเรียน โดยพยายามหาของรางวัลมาใช้เป็นแรงจูงใจในการถาม-ตอบ เพื่อให้นักเรียนกลุ่มที่นั่งหลังห้องเกิดความกระตือรือร้นสนใจฟังสิ่งที่ครูพูด และสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ อีกทั้งในขณะแสดงออกแบบจำลอง นักเรียนบางคนที่ไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโปรแกรม ChemDraw ได้ เนื่องจากเป็นการใช้โปรแกรมครั้งแรกและไม่ได้มีการสอนใช้โปรแกรม ChemDraw มาก่อนที่จะปฏิบัติจริง จึงควรฝึกให้

นักเรียนใช้งานโปรแกรม ChemDraw พื้นฐานเบื้องต้นก่อน ครูอาจจะให้โปรแกรมนักเรียนกลับไปฝึกใช้งานที่บ้าน หรือสอนการใช้งานโปรแกรมก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การแสดงออกแบบจำลองของนักเรียนเป็นไปอย่างราบรื่น และครูควรกำหนดสีมาตรฐานของอะตอมแต่ละชนิดในการสร้างแบบจำลองสามมิติ เช่น อะตอมสีดำแทนอะตอมของคาร์บอน อะตอมสีแดงแทนอะตอมของออกซิเจน อะตอมสีขาวแทนอะตอมของไฮโดรเจน และอะตอมสีน้ำเงินแทนอะตอมของไนโตรเจน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ลิพิด

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้นำผลสะท้อนจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2562 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ลิพิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ครูนำตัวอย่างอาหารที่หลากหลายมาให้นักเรียนได้ทดสอบ เพื่อให้มีผลการทดลองที่หลากหลายในการอภิปรายผลการทดลอง

1.2 ปรับกิจกรรมการเรียนรู้โดยสร้างบรรยากาศความเป็นกันเองในชั้นเรียน ครูพยายามหาของรางวัลมาใช้เป็นแรงจูงใจในการถาม-ตอบ อีกทั้งปรับการนั่งกลุ่มโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเวียนตำแหน่งการนั่ง ขยับกลุ่มหลังห้องเรียนมาข้างหน้าห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนกลุ่มที่นั่งหลังห้องเกิดความกระตือรือร้นสนใจฟังสิ่งที่ครูพูด และสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ

1.3 ครูกำหนดแนวทางในการนำเสนอแบบจำลอง ชี้แจงให้นักเรียนทราบเพื่อให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองได้อย่างครบถ้วน และตรงประเด็น

1.4 ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ให้มีการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน เนื่องจากผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าก่อนการแสดงออกแบบจำลองความคิด นักเรียนควรมีการอภิปรายผลการทดลองกันภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และระหว่างครูกับนักเรียน เพื่อให้เห็นความหลากหลายของผลการทดลองและนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองของตนเอง

1.5 ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการแสดงออกแบบจำลอง โดยมีการแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม ChemDraw ก่อนการลงมือปฏิบัติจริง และกำหนดสีของอะตอมในการสร้างแบบจำลองสามมิติให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน คือ อะตอมสีดำแทนอะตอมของคาร์บอน อะตอมสีแดงแทนอะตอมของออกซิเจน อะตอมสีขาวแทนอะตอมของไฮโดรเจน และอะตอมสีน้ำเงินแทนอะตอมของไนโตรเจน

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นสังเกตนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกตของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี จำนวน 1 ท่าน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียน และจัดตำแหน่งที่นั่งแต่ละกลุ่มใหม่ โดยเวียนกลุ่มหลังห้องมานั่งหน้าห้อง จากนั้นร่วมกันทำการทดลองทดสอบเปรียบเทียบปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัว โดยใช้น้ำมันชนิดต่าง ๆ มาทดสอบโดยการหยดสารละลายไอโอดีน เพื่อดูจำนวนหยดของสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนที่ถูกฟอกจางสี ซึ่งนักเรียนจะต้องทำการสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาว่าน้ำมันที่ฟอกจางสีสารละลายทิงเจอร์ไอโอดีนได้ต่างกัน มีโครงสร้างอย่างไร ลงในใบกิจกรรมการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองทดสอบเปรียบเทียบปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัวได้อย่างถูกต้องตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ และมีการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันทั้งภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และระหว่างครูกับนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากผลการทดลองที่ได้ของตนเองและของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ มาเปรียบเทียบกันและนำไปสร้างแบบจำลองความคิดได้จากบทสนทนาดังต่อไปนี้

“กลุ่มไหนทดสอบน้ำมันปาล์มนี้หยดไอโอดีนนิดเดียวก็ไม่เปลี่ยนสีล่ะ”

(นักเรียน ST33, กลุ่มที่ 2, การทำการทดลอง, 5 กุมภาพันธ์ 2562)

“ดูเพื่อนกลุ่มที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองสิ ใช้ไอโอดีนโคตรเปลืองเลย”

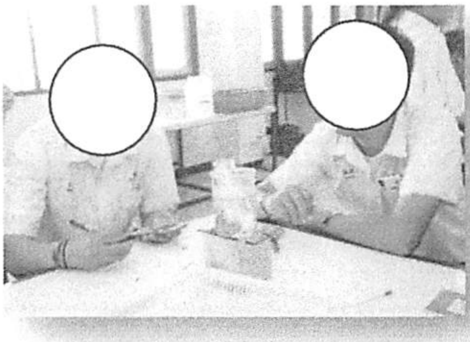
(นักเรียน ST8, กลุ่มที่ 7, การแสดงออกแบบจำลอง, 5 กุมภาพันธ์ 2562)

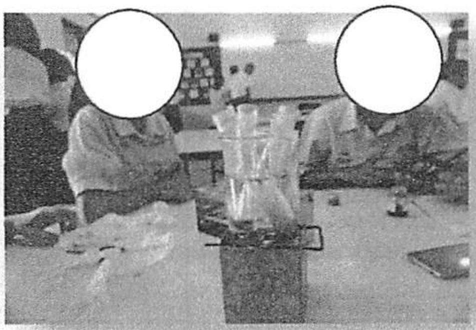
ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่ระบุว่า

“นักเรียนมีการอภิปรายผลการทดลองกับเพื่อนกลุ่มอื่น สามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง และแลกเปลี่ยนผลการทดลองกับเพื่อนกลุ่มอื่นที่ใช้สารตัวอย่างในการทดสอบไม่เหมือนกัน จนสามารถนำผลการอภิปรายไปสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองได้”

(ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้, บันทึกหลังสอน, 5 กุมภาพันธ์ 2562)

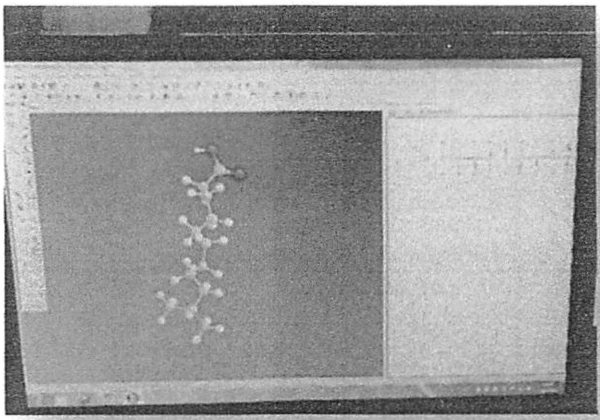
อีกทั้งนักเรียนภายในกลุ่มการทดลองขาดความกระตือรือร้นในการทำการทดลอง อาจเนื่องมาจากกลุ่มการทดลองเดิมที่มีนักเรียนแกนนำทำการทดลองอยู่แล้ว จึงทำให้สมาชิกภายในกลุ่มคนอื่น ๆ ไม่มีส่วนร่วมเท่าที่ควร ดังภาพที่ 11



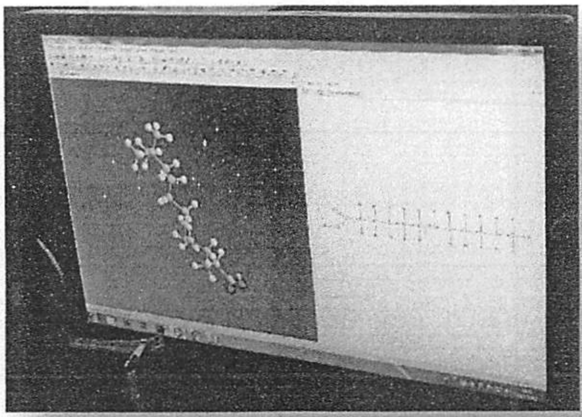


ภาพที่ 11 แสดงนักเรียนบางคนขาดความกระตือรือร้นในการทำการทดลอง ทดสอบเปรียบเทียบปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัว

2.2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเอง โดยการสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยใช้โปรแกรม ChemDraw พร้อมทั้งนำเสนอและอธิบายแบบจำลองสามมิติของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ครูได้แนะนำการใช้งานเบื้องต้นโปรแกรม ChemDraw อีกครั้งหนึ่ง และกำหนดสีของอะตอมในการสร้างแบบจำลองสามมิติอย่างชัดเจน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนใช้โปรแกรม ChemDraw วาดแบบจำลองสามมิติได้อย่างคล่องแคล่ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนสร้างแบบจำลองสามมิติที่แสดงสีของอะตอมเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด จากการตรวจชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของนักเรียนที่แสดงโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ดังภาพที่ 12 และ 13



ภาพที่ 12 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวของนักเรียน ST21



ภาพที่ 13 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวของนักเรียน ST31

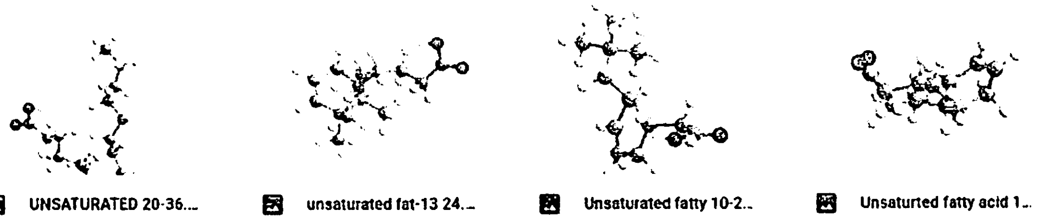
ในการนำเสนอแบบจำลอง ครูได้ชี้แจงแนวทางในการนำเสนอแบบจำลองในประเด็นต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนอธิบายได้อย่างครอบคลุม ขณะที่นักเรียนออกมานำเสนอ ซึ่งจากการปรับกิจกรรมในส่วนนี้แล้ว ผู้วิจัยสังเกตว่า การนำเสนอแบบจำลองสามมิติของนักเรียน มีความสมบูรณ์มากขึ้น สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง นำเสนอแบบจำลองได้ด้วยความมั่นใจ โดยแบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยระบุว่า

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามระหว่างการนำเสนอได้ เช่น เมื่อถามว่าถ้าประกอบอาหารที่ต้องใช้ความร้อนมาก ๆ เช่น การทอด ควรใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันประเภทใด นักเรียนกลุ่มที่ออกมานำเสนอสามารถตอบคำถามได้ โดยอธิบายว่ากรดไขมันอิ่มตัวเหมาะสำหรับการประกอบอาหารที่

ใช้ความร้อนสูง เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นพันธะเดี่ยว และไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก จึงเกิดอนุมูลอิสระได้ยาก สามารถใช้ความร้อนมากในการประกอบอาหารได้"

(ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้, บันทึกหลังสอน, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

2.3 ขั้นทดสอบแบบจำลองและขั้นประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างไว้โดยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อไปสู่โครงสร้างทั่วไปของกรดไขมัน โดยใช้แบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างจากขั้นตอนก่อนหน้า และให้นักเรียนใช้แบบจำลองสามมิติของตนเองอธิบายความแตกต่างของกรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่าง ๆ โดยนักเรียนจะอธิบายถึงตำแหน่งที่กรดไขมันแสดงชนิดที่แตกต่างกัน หากแบบจำลองสามมิติของนักเรียนไม่สามารถอธิบายประเด็นดังกล่าวได้ต้องกลับไปแก้ไขแบบจำลองใหม่อีกครั้ง หลังจากที่ครูกำหนดสีอะตอมตามมาตรฐานให้นักเรียนจากขั้นการแสดงออกแบบจำลองแล้ว ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลองสามมิติของตนเองอธิบายเชื่อมโยงถึงความแตกต่างของกรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่าง ๆ และกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่าง ๆ ตามประเด็นดังกล่าวข้างต้นได้เป็นอย่างดี ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ ที่มีสีตามมาตรฐานที่กำหนด

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูประจำการผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี บันทึกลงในแบบบันทึกหลังสอนท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป สามารถสรุปได้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้ หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้ ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ สาเหตุของปัญหาการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองทดสอบเปรียบเทียบปริมาณไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัวได้อย่างถูกต้องตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ ครูอาจจะจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุกครั้งที่มีกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกับเพื่อนใหม่ ๆ สร้างบรรยากาศและประสบการณ์ที่เปลี่ยนไปจากเดิม เพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ในขั้นตอนการแสดงออกแบบจำลอง หลังจากที่ครูได้มีการแนะนำการใช้งานโปรแกรม ChemDraw ชี้แจงการกำหนดสีของอะตอมในการสร้างแบบจำลองสามมิติ และชี้แจงแนวทางการนำเสนอแบบจำลองในประเด็นต่าง ๆ แล้วนั้น นักเรียนสามารถใช้โปรแกรม ChemDraw วาดแบบจำลองสามมิติได้อย่างคล่องแคล่ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งนักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองสามมิติของนักเรียน มีความสมบูรณ์มากขึ้น อธิบายเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง นำเสนอแบบจำลองได้ด้วยความมั่นใจ อีกทั้งครูสร้างบรรยากาศความสนุกสนานภายในห้องเรียน มีรางวัลสำหรับคนที่ตอบคำถามถูก และรวดเร็ว ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างดี ทั้งนักเรียนที่นั่งหน้าห้องและหลังห้อง

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่องคาร์โบไฮเดรตและกรดนิวคลีอิก

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้นำผลสะท้อนจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2562 โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานและผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กรดนิวคลีอิก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเวลา ศึกษากิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมให้สอดคล้องกับการกำหนดเวลา เนื่องจากในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีขั้นตอนการทดลองที่ต้องใช้เวลาในการดำเนินการจึงทำให้เวลาไม่เพียงพอสำหรับกิจกรรมการทดลอง

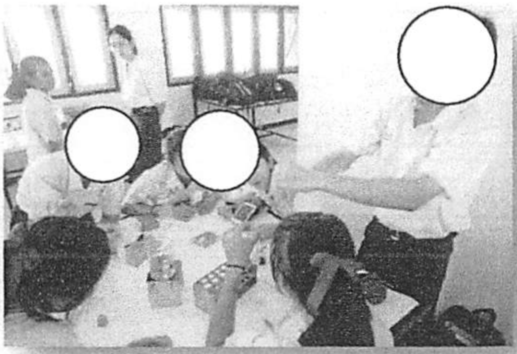
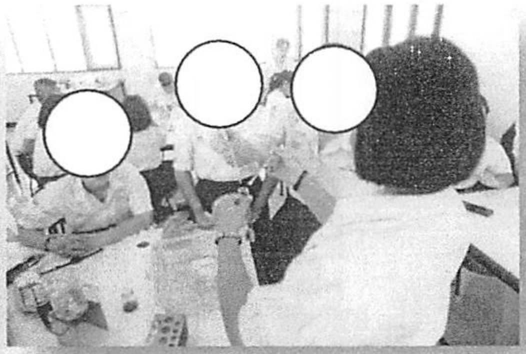
1.2 จัดกลุ่มการทดลองให้กับนักเรียนใหม่อีกครั้ง โดยคละความสามารถนักเรียนและจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้ทำงานกับเพื่อนคนอื่น ๆ ภายในห้อง สร้างบรรยากาศใหม่ ๆ ในการทำกิจกรรม เนื่องจากการทำการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบว่ามีนักเรียนบางส่วนขาดความกระตือรือร้นในการช่วยเพื่อนทำการทดลองเพราะเห็นว่าเพื่อนในกลุ่มสามารถทำการทดลองได้

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นสังเกตนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกตของผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมีจำนวน 1 ท่าน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนใหม่ โดยคละตามความสามารถ และจัดตำแหน่งที่นั่งแต่ละกลุ่มใหม่ โดยเวียนกลุ่มหลังห้องมานั่งหน้าห้อง ในส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำการทดลองสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรต โดยการนำสารตัวอย่างมาทดสอบกับสารละลายเบเนดิกซ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม จากนั้นอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อนภายในห้องเรียน ให้ทราบถึงสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรต และสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองขึ้นมาว่าคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ เช่น กลูโคส ซูโคส และแป้ง มีโครงสร้างแตกต่าง

กันอย่างไร ลงในใบกิจกรรมการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรตได้อย่างถูกต้องตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ บันทึกผล สรุปและอภิปรายผลภายในเวลาที่กำหนด เนื่องจากครูมีการปรับเวลาในการจัดกิจกรรมและมีประสบการณ์จากการทดลองในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้นักเรียนออกแบบการทดลองที่รัดกุม อีกทั้งการที่จัดกลุ่มใหม่ให้นักเรียน สามารถทำให้นักเรียนภายในกลุ่มการทดลองมีความกระตือรือร้นในการทำการทดลองมากขึ้น ดังภาพที่ 15 ซึ่งสอดคล้องกับผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องกรดนิวคลีอิก ซึ่งไม่มีการทำการทดลอง ครูจึงปรับเวลาสำหรับแผนการเรียนรู้นี้เพียง 2 คาบเรียน โดยในการสร้างแบบจำลองได้ให้นักเรียนศึกษาความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก จากนั้นนักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดจากคำถามที่ว่าโครงสร้างของ DNA และ RNA แตกต่างกันอย่างไร ซึ่งผู้สังเกตพบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมเป็นอย่างดี

ภาพที่ 15 แสดงนักเรียนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการทำการทดลองเรื่องคาร์โบไฮเดรต

2.2 ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเอง โดยในแผนการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต นักเรียนสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงโครงสร้างของกลูโคส ซูโครส และแป้งโดยใช้โปรแกรม ChemDraw พร้อมทั้งนำเสนอและอธิบายแบบจำลองสามมิติของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กรดนิวคลีอิก นักเรียนสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงโครงสร้างของ DNA และ RNA พร้อมทั้งอธิบายความแตกต่าง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้โปรแกรม ChemDraw ในเวลาที่กระชับมากขึ้น จากบทสนทนาดังต่อไปนี้

"ครูครับ ผมวาดเสร็จแล้ว เวลาเหลือ..........."

(นักเรียน ST3, กลุ่มที่ 5, การแสดงออกแบบจำลอง, 15 กุมภาพันธ์ 2562)

"ครูไม่ต้องเดินมาดูแล้ว หนูทำได้แล้ว"

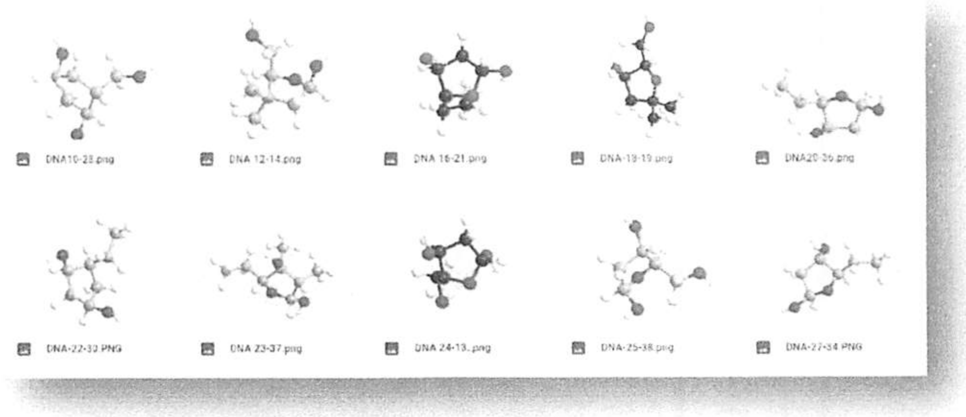
(นักเรียน ST16, กลุ่มที่ 2, การแสดงออกแบบจำลอง, 15 กุมภาพันธ์ 2562)

ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่ระบุว่า

"นักเรียนไม่ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม ChemDraw จากผู้สอน"

(ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้, บันทึกหลังสอน, 13 กุมภาพันธ์ 2562)

จากบรรยากาศที่เป็นกันเองภายในชั้นเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองสามมิติของตนเองด้วยความมั่นใจมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่ผ่านมา โดยนักเรียนที่ออกมานำเสนอ สามารถใช้ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติของตนเอง (ดังภาพที่ 16) อธิบายและตอบคำถามเมื่อถูกเพื่อนในห้องถามคำถามระหว่างการนำเสนอได้ ซึ่งบางกลุ่มยังคงมีความไม่มั่นใจอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่อธิบายและตอบคำถามได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 16 ตัวอย่างชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติแสดงโครงสร้างของ DNA และ RNA ของนักเรียน

2.3 ขั้นทดสอบแบบจำลองและขั้นประเมินแบบจำลอง ในขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างไว้ โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องนำแบบจำลองสามมิติที่ตนเองสร้างไว้ มาใช้อธิบายเชื่อมโยงถึงโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือมอนอแซ็กคาไรด์ น้ำตาลโมเลกุลคู่หรือไดแซกคาไรด์ และพอลิแซกคาไรด์ ชนิดอื่น ๆ และในส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กรดนิวคลีอิก นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำองค์ประกอบต่าง ๆ ของกรดนิวคลีอิกมาประกอบกันให้กลายเป็นนิวคลีโอไทด์ 1 โมเลกุล เพื่อนำแบบจำลองสามมิตินี้มาอธิบายความแตกต่างของโครงสร้างนิวคลี

โอไทด์ของ DNA และ RNA หากแบบจำลองสามมิติของนักเรียนไม่สามารถอธิบายประเด็นดังกล่าวได้ต้องกลับไปแก้ไขแบบจำลองใหม่อีกครั้ง ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถใช้แบบจำลองสามมิติของตนเองอธิบายเชื่อมโยงถึงความแตกต่างของโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือมอนอแซ็กคาไรด์ น้ำตาลโมเลกุลคู่หรือไดแซกคาไรด์ และพอลิแซกคาไรด์ชนิดอื่น ๆ และความแตกต่างของโครงสร้างนิวคลีโอไทด์ของ DNA และ RNA ตามประเด็นดังกล่าวข้างต้นได้เป็นอย่างดี และครูให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลหลังเรียน

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูประจำการผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี บันทึกลงในแบบบันทึกหลังสอนท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป สามารถสรุปได้เป็น การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้ หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้ ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ สาเหตุของปัญหาการจัดการเรียนรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดลองสมบัติบางประการของคาร์โบไฮเดรตได้อย่างถูกต้องตามแผนการทดลองที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ และสามารถทำการทดลองได้ภายในเวลาที่กำหนด หลักฐานจากใบกิจกรรมและชิ้นงานนักเรียน เนื่องจากมีการออกแบบการทดลองที่รัดกุมและกลุ่มการทดลองใหม่ที่ครูจัดให้ สามารถสร้างความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ส่วนการสร้างแบบจำลองความคิดเรื่องนิวคลีโอไทด์ ครูควรเพิ่มแหล่งเรียนรู้ที่นอกเหนือจากหนังสือเรียนให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีแหล่งข้อมูลที่หลากหลายในการศึกษาและในขั้นตอนการแสดงออกแบบจำลอง นักเรียนสามารถใช้โปรแกรม ChemDraw วาดแบบจำลองสามมิติได้อย่างคล่องแคล่วมากขึ้น สามารถกระชับเวลาในขั้นตอนการแสดงออกแบบจำลองได้เป็นอย่างดี อีกทั้งนักเรียนสามารถนำเสนอแบบจำลองสามมิติของนักเรียน มีความสมบูรณ์มากขึ้น อธิบายเชื่อมโยงแบบจำลองสามมิติของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง นำเสนอแบบจำลองได้ด้วยความมั่นใจ ครูควรเพิ่มกิจกรรมที่น่าสนใจให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากสิ่งที่ได้ทำกิจกรรม และนำมาอภิปรายเชื่อมโยงไปยังผลการทดลองที่ได้ และในขั้นการประเมินผลครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรมและชี้แนะตัวอย่างการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง

1. ในการทดลองทดสอบสารชีวโมเลกุลชนิดต่าง ๆ ครูควรเตรียมสารตัวอย่างที่หลากหลาย เพียงพอสำหรับการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่หลากหลายที่นักเรียนสามารถนำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้เกิดแบบจำลองความคิดในเรื่องนั้น ๆ ตามประเด็นที่ศึกษา

2. ควรจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุกครั้ง โดยคละความสามารถและพยายามไม่ให้นักเรียนซ้ำคนเดิมในแต่ละกลุ่ม เวียนตำแหน่งการนั่งทำการทดลอง กลุ่มที่นั่งด้านหน้าห้องเวียนไปนั่งด้านหลังห้องในแต่ละครั้งที่มีกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกคน

3. ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเวลา ศึกษากิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม ให้สอดคล้องกับการกำหนดเวลา

ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง

1. ในขั้นตอนการแสดงออกแบบจำลอง ครูควรจะแนะนำการใช้งานโปรแกรม ChemDraw ก่อน โดยอาจจะให้นักเรียนได้ฝึกการใช้งานโปรแกรมมาจากบ้าน หรือครูฝึกการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นก่อนลงมือปฏิบัติจริง เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ใช้งานโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมเริ่มต้นในการชีวิตประจำวัน จึงทำให้ใช้งานโปรแกรมได้ไม่คล่อง และไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้งานโปรแกรมได้

2. ครูควรกำหนดสีอะตอมของแบบจำลองสามมิติให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น อะตอมของคาร์บอนใช้สีดำ อะตอมของไฮโดรเจนใช้สีขาว อะตอมของออกซิเจนใช้สีแดง และอะตอมของไนโตรเจนใช้สีน้ำเงิน ซึ่งการที่สร้างแบบจำลองสามมิติที่อะตอมมีสีตามมาตรฐาน จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำแบบจำลองสามมิติที่ตนเองได้สร้างไปใช้อธิบายหรือเชื่อมโยงความรู้ได้ดียิ่งขึ้นซึ่งในขณะจัดกิจกรรม

ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง

1. ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการนำเสนอแบบจำลองในประเด็นต่าง ๆ ที่ครอบคลุมแนวคิดย่อย

2. ครูควรเพิ่มกิจกรรมที่น่าสนใจให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากสิ่งที่ได้ทำกิจกรรม และนำมาอภิปรายเชื่อมโยงไปยังผลการทดลองที่ได้

ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง

1. ในขั้นการประเมินผลครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรม และชี้แนะตัวอย่างการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

คำถามวิจัยข้อที่ 2 แบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนเป็นอย่างไร เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

การศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ระหว่างเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ 2562 โดยผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อการพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล เป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้เขียนคำตอบและวาดภาพ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบกันตามความเข้าใจของนักเรียน จำนวน 9 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล 8 แนวคิดย่อย ได้แก่ โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ในกลุ่มต่าง ๆ ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

แนวคิดย่อย เรื่อง สารชีวโมเลกุล	จำนวนนักเรียน (คน) แต่ละกลุ่ม (N = 38) [ร้อยละ]											
	CM		ICM		CFM		FM		IM		NO	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	1 (2.6)	30 (79.0)	6 (15.8)	5 (13.2)	10 (26.3)	3 (7.9)	7 (18.4)	0 (0.0)	9 (23.7)	0 (0.0)	5 (13.2)	0 (0.0)
การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	0 (0.0)	21 (55.3)	2 (5.3)	11 (29.0)	8 (21.1)	6 (15.8)	16 (42.1)	0 (0.0)	2 (5.3)	0 (0.0)	10 (26.3)	0 (0.0)
โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์	0 (0.0)	20 (52.6)	0 (0.0)	9 (23.7)	0 (0.0)	5 (13.2)	20 (52.6)	3 (7.9)	1 (2.6)	1 (2.6)	17 (44.8)	0 (0.0)
โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์	0 (0.0)	18 (47.4)	0 (0.0)	8 (21.1)	0 (0.0)	7 (18.4)	28 (73.7)	3 (7.9)	0 (0.0)	2 (5.3)	10 (26.3)	0 (0.0)
โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์	0 (0.0)	14 (36.8)	0 (0.0)	10 (26.3)	0 (0.0)	7 (18.4)	13 (34.2)	5 (13.2)	0 (0.0)	2 (5.3)	25 (65.8)	0 (0.0)
องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน	0 (0.0)	24 (63.2)	3 (7.9)	12 (31.6)	5 (13.2)	2 (5.3)	20 (52.6)	0 (0.0)	2 (5.3)	0 (0.0)	8 (21.1)	0 (0.0)
รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว	0 (0.0)	18 (47.4)	0 (0.0)	8 (21.1)	0 (0.0)	7 (18.4)	17 (44.7)	3 (7.9)	1 (2.6)	2 (5.3)	20 (52.6)	0 (0.0)
โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	0 (0.0)	14 (36.8)	0 (0.0)	10 (26.3)	0 (0.0)	7 (18.4)	14 (36.8)	5 (13.2)	0 (0.0)	2 (5.3)	24 (63.2)	0 (0.0)
ร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียน	0.33	52.30	3.62	24.01	7.57	14.47	44.41	6.25	4.93	2.96	39.14	0.00

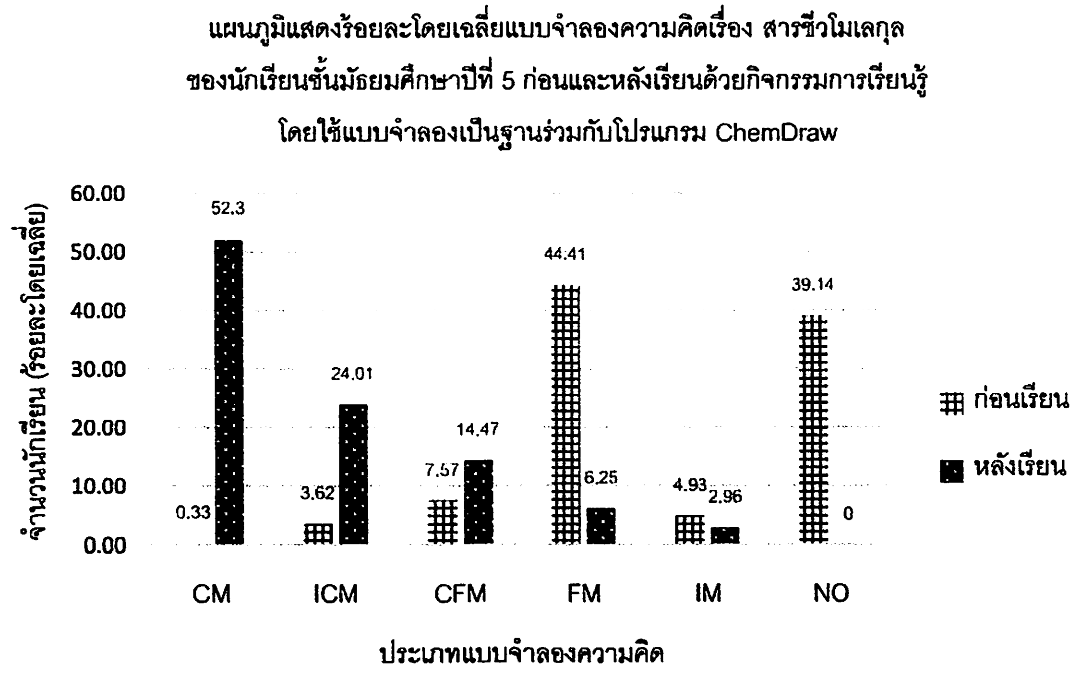
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ช่วยให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุลเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากนักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารชีวโมเลกุลเพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 44.41 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) ดังภาพ 16 นั่นคือ นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์ในเรื่อง สารชีวโมเลกุล ทั้งนี้ หากพิจารณาโดยละเอียด พบว่า แนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) มากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ (ร้อยละ 73.7) รองลงมาคือ แนวคิดเรื่อง โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ และองค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน (ร้อยละ 52.6) นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง ร้อยละ 39.14 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ (ร้อยละ 65.8) และโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก (ร้อยละ 63.2) และยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า มีเพียงแนวคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน (จำนวน 1 คน) เท่านั้นที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มนี้ จึงควรได้รับการพัฒนาให้มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุลทั้ง 8 แนวคิดย่อย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล หลังจากที่นักเรียนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 52.30 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) ดังภาพที่ 16 นั่นคือ แบบจำลองความคิดของนักเรียนสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง สารชีวโมเลกุล และเมื่อพิจารณาโดยละเอียดพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) ทั้ง 8 แนวคิดย่อยของเรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดเรื่อง โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน (ร้อยละ 79.0) รองลงมาคือ องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน (ร้อยละ 63.2) การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน (ร้อยละ 55.3) และ โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ (ร้อยละ 52.6) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มีค่าลดลงจากก่อนเรียน ร้อยละ 44.41 เป็น ร้อยละ 6.25 ดังภาพที่ 16

และมีค่าลดลงทุกแนวคิดย่อย โดยแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) ลดลงมากที่สุด คือ โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ ซึ่งแนวคิดนี้ก่อนเรียนเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่ม แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) มากที่สุดด้วย รองลงมาคือ องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน และ โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ตามลำดับ และยังพบอีกว่า ไม่มีแนวคิดใดที่นักเรียนมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) ดังภาพ 17 เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่า นักเรียนมีแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุลก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

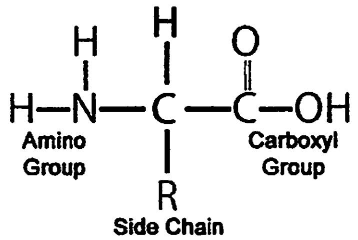


ภาพที่ 17 ร้อยละโดยเฉลี่ยของแบบจำลองความคิดเรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

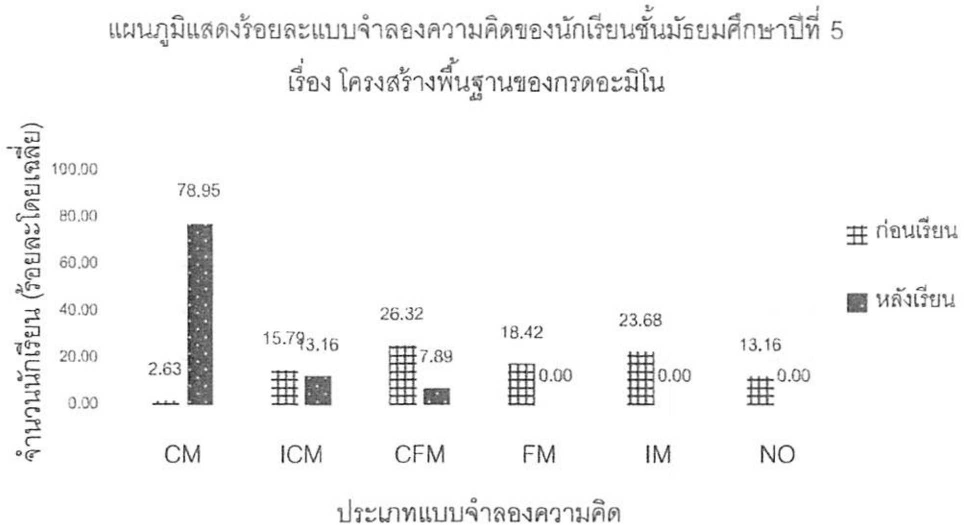
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของสารตั้งต้นในการสร้างโปรตีนทุกตัว จากนั้นวาดภาพแสดงโครงสร้างของหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปใช้งานได้ พร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ กรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปใช้งานได้ โดยโมเลกุลของกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชันก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน (-NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) กรดอะมิโนแต่ละชนิด มีโครงสร้างต่างกันที่หมู่ R" ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

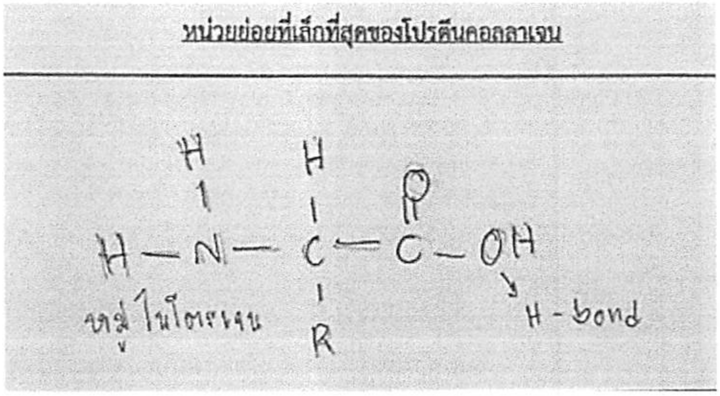
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 1 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 19 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 26.3 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IM) คิดเป็นร้อยละ 23.7 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 79.0 และนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 7.9 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw



ภาพที่ 19 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

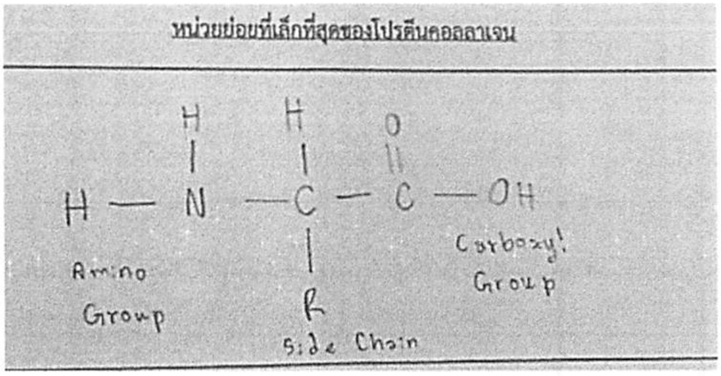
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของนักเรียนก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามหรือวาดภาพแบบจำลองอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้องแต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) วาดภาพก่อนเรียน

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ถูกต้องว่า กรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปใช้งานได้ โดยโมเลกุลของกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชันก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) กรดอะมิโนแต่ละชนิด มีโครงสร้างต่างกันที่หมู่ R ดังภาพที่ 21



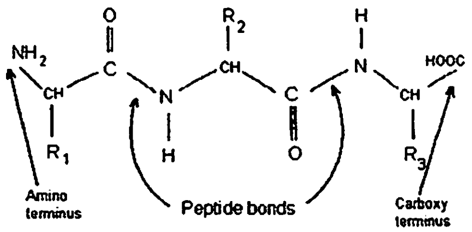
ภาพที่ 21 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 13.16 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า “โครงสร้างของกรดอะมิโน จะมี NH_2 หมู่อะมิโนเป็นองค์ประกอบ" แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงองค์ประกอบส่วนอื่น ๆ นักเรียนจึงเริ่มคิดได้ว่านอกจากหมู่อะมิโนแล้ว ยังมีหมู่คาร์บอกซิลที่เป็นองค์ประกอบอีกด้วย โดยนักเรียนระบุดังนี้ “อันนี้ใช่มั้ยครู C double bond O-OH เนี้ย หมู่คาร์บอกซิลใช่มั้ยครู ผมก็คิดว่าเน้นแค่หมู่อะมิโน" อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 7.89 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุว่า “ผมดูจากแค่ N อ่ะครับ ถ้ามี N ไนโตรเจน ก็แสดงว่าเป็นอะมิโน เพราะอันอื่นมันไม่มี N เลย”

เมื่อครูสัมภาษณ์ถึงองค์ประกอบอื่น ๆ นักเรียนให้คำตอบเพียงว่า "ไม่มีแล้วนะครับ" หรือ "ก็มี double bond O ตรงนี้อ่ะครับ แต่กรดไขมันก็มีนะครับ เพราะงั้นผมเลยดูแค่ N" เป็นที่น่าแปลกใจว่านักเรียนบางส่วนของทั้งสองกลุ่มนี้คิดว่ากรดอะมิโน มีเพียงหมู่อะมิโน (NH_2) เป็นองค์ประกอบหลัก

2.2 การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

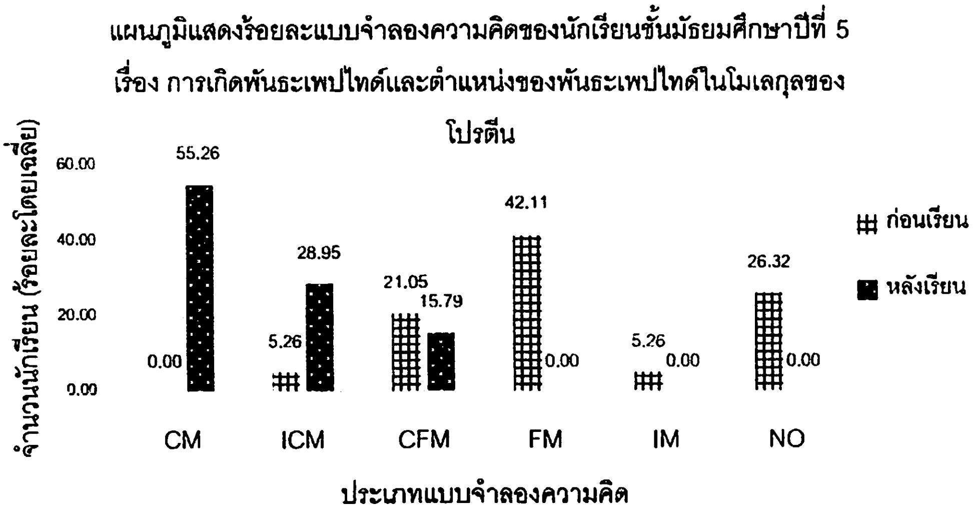
แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของการเกิดพันธะเพปไทด์ จากนั้นวาดภาพแสดงโครงสร้างของสาร Unknown ที่ทดสอบด้วยปฏิกิริยาไบยูเร็ตแล้วเกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินม่วง พร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่าง C ในหมู่คาร์บอกซิล กับ N ในหมู่อะมิโน กรดอะมิโน 3 โมเลกุล เกิดพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ ดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แบบจำลองการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 2 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 23 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 42.11 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) คิดเป็นร้อยละ 26.32 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 55.26 และไม่มีนักเรียนใดมีแบบจำลอง

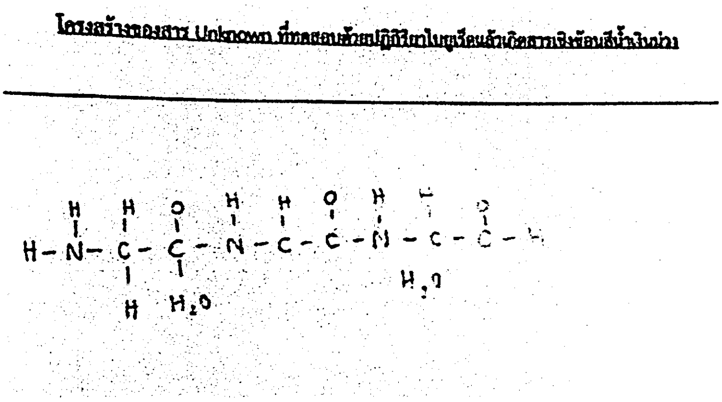
ความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) เลย นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw



ภาพที่ 23 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

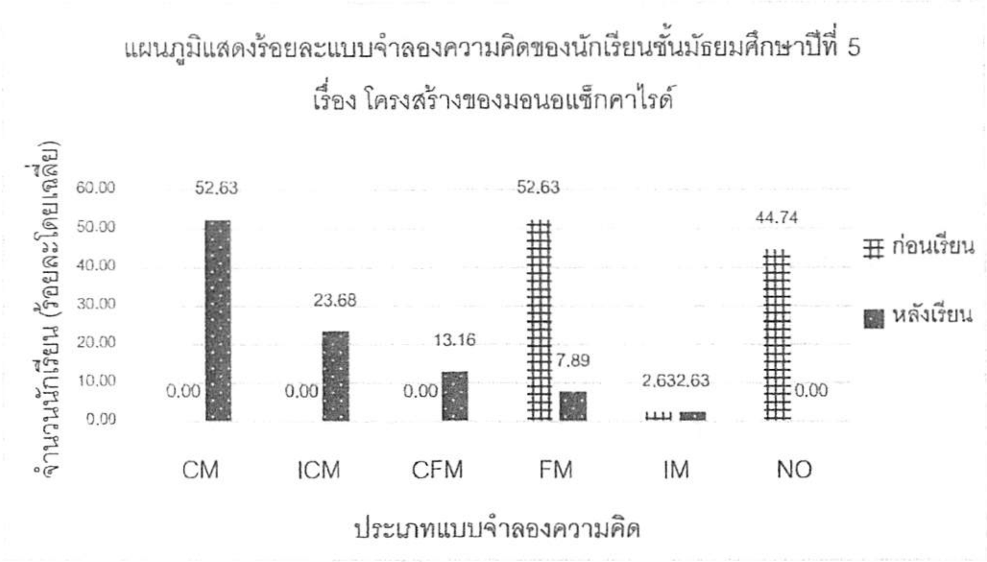
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งนักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้องและเขียนอธิบายไม่ถูกต้องดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ตัวอย่างแบบจำลองการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน

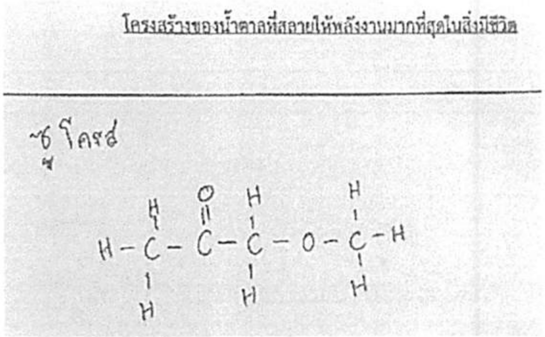
แบบจำลองความคิดเรื่องการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องการเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ถูกต้องว่าพันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่าง C ในหมู่คาร์บอกซิล กับ N ในหมู่อะมิโน กรดอะมิโน 3 โมเลกุลเกิดพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 27 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์

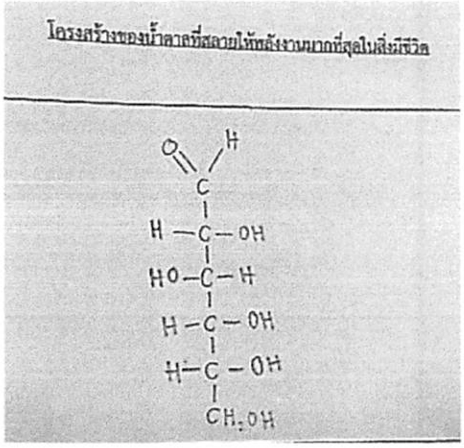
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งนักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้องและเขียนอธิบายไม่ถูกต้องดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์เพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ถูกต้องว่า น้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีคาร์บอน 6 อะตอม หากเป็นโซ่เปิดมีสูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_n$ ดังภาพที่ 29

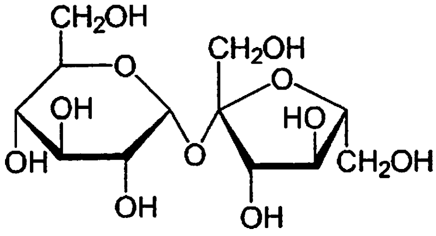


ภาพที่ 29 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 23.68 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า "น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมี กลูโคส ฟรักโทส และกาแล็กโทส" แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว นักเรียนระบุเพียงว่า "น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจะมีคาร์บอน 3-6 อะตอม" เท่านั้น ไม่สามารถระบุองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดียวได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 13.16 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลองอย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่า "น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีคาร์บอน 6 อะตอม" เมื่อครูสัมภาษณ์ถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว นักเรียนให้คำตอบว่า "คาร์บอนทั้ง 6 ตัวจะต่อกับ H และ OH ด้วยพันธะเดี่ยว" เป็นที่น่าแปลกใจว่านักเรียนบางส่วนของทั้งสองกลุ่มนี้ ระบุได้เพียงจำนวนอะตอมคาร์บอนของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พบมากที่สุด นั่นคือ กลูโคส ฟรักโทส และกาแล็กโทส ที่มีคาร์บอน 6 อะตอมเท่านั้นส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ นักเรียนสามารถระบุได้เพียงอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนที่มาเกาะรอบคาร์บอนเท่านั้น และมีนักเรียนร้อยละ 2.63 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้ ระบุได้เพียงแต่ "น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_nH_{2n}O_n$"

2.4 โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์

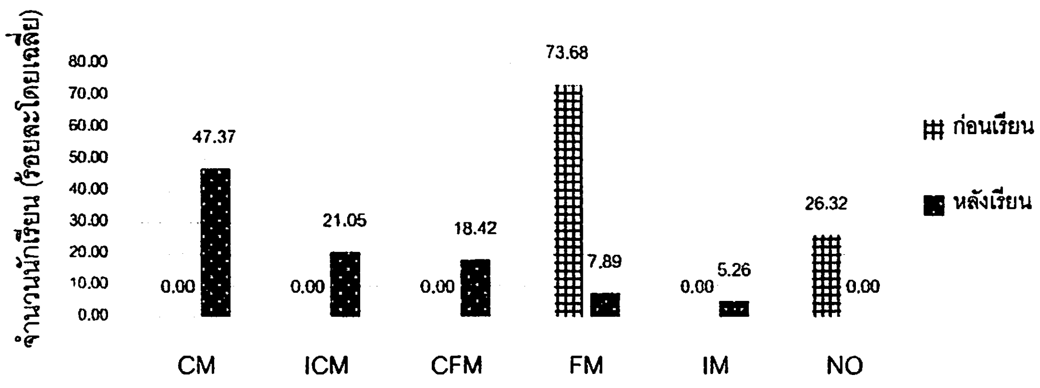
แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของโครงสร้างน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลอ้อย จากนั้นวาดภาพแสดงโครงสร้างของน้ำตาลซูโคส พร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลกลูโคส ดังแสดงในภาพที่ 30



ภาพที่ 30 แบบจำลองโครงสร้างของน้ำตาลซูโครส

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 4 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 31 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 73.68 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) คิดเป็นร้อยละ 26.32 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 47.37 และนักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 7.89 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์เพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

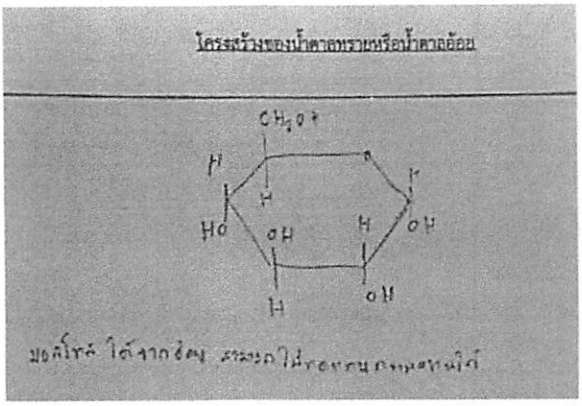
แผนภูมิแสดงร้อยละแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์



ภาพที่ 31 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์

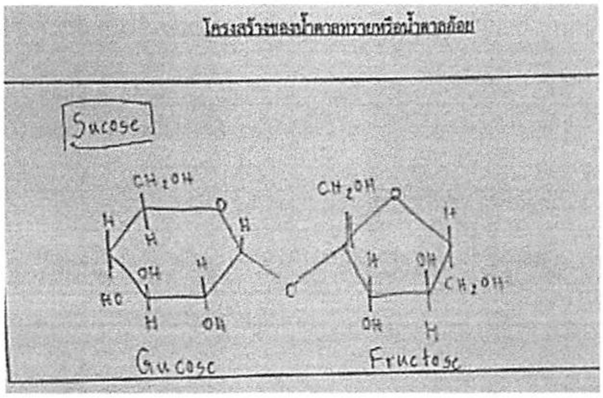
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, iCM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งนักเรียนตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้องและเขียนอธิบายไม่ถูกต้องดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ของกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์เพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ถูกต้องว่า น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลกลูโคส ดังภาพที่ 33

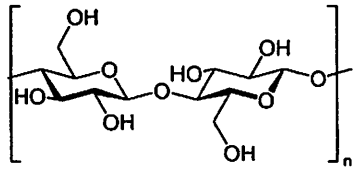


ภาพที่ 33 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 21.05 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า "น้ำตาลโมเลกุลคู่เกิดจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุลมาต่อกัน" แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลคู่ นักเรียนระบุเพียงว่า "น้ำตาลโมเลกุลคู่จะมีคาร์บอน 12 อะตอม เพราะเกิดจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ตัว ที่มีคาร์บอน 6 อะตอมมาเชื่อมต่อกัน" เท่านั้น ไม่สามารถระบุองค์ประกอบภายใน และตำแหน่งที่น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุลมาต่อกันได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 18.42 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่า "น้ำตาลโมเลกุลคู่มีคาร์บอน 12 อะตอมเท่านั้น" เมื่อครูสัมภาษณ์ถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลคู่ นักเรียนให้คำตอบว่า "คาร์บอนทั้ง 12 ตัวจะต่อกับ H และ OH" เป็นที่น่าแปลกใจว่า นักเรียนบางส่วนของทั้งสองกลุ่มนี้ ระบุได้เพียงจำนวนอะตอมคาร์บอนของน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่พบมากที่สุด นั่นคือ ซูโครส แล็กโทส และมอลโทส ที่มีคาร์บอน 12 อะตอมเท่านั้น ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ นักเรียนสามารถระบุได้เพียงอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนที่มาเกาะรอบคาร์บอนเท่านั้น และมีนักเรียนร้อยละ 5.26 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของน้ำตาลโมเลกุลคู่ได้ ระบุได้เพียงแต่ "ซูโครส เกิดจาก กลูโคสกับฟรักโทส แล็กโทส เกิดจากกาแล็กโทสกับกลูโคส มอลโทส เกิดจากกลูโคสกับกลูโคส"

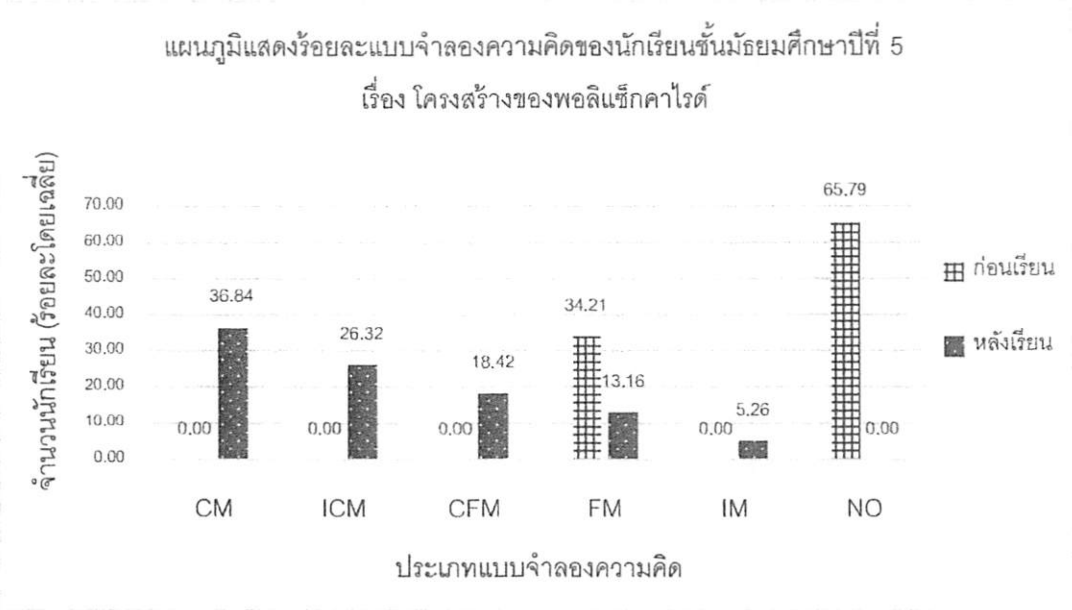
2.5 โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ จากนั้นเลือกโครงสร้างคำตอบจากตัวเลือกทั้งหมด 3 ตัวเลือกที่ได้กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ โดยตัวเลือกแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ ตัวเลือก ค เซลลูโลส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,250-12,500 โมเลกุล ภาพ ก. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล ภาพ ข. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส จึงไม่ใช่โครงสร้างของเซลลูโลส ดังแสดงในภาพที่ 34



ภาพที่ 34 แบบจำลองโครงสร้างของเซลลูโลส

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 5 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 35 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 65.79 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลอง (NO) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) คิดเป็นร้อยละ 34.21 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 36.84 และไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลอง (NO) เลย นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์เพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่านักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FM) ลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 13.16 ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

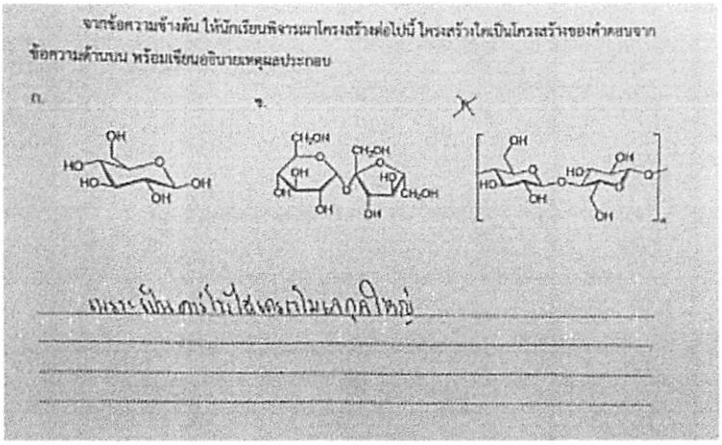


ภาพที่ 35 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NO) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์เพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถเลือกคำตอบ และอธิบายได้ว่า เซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,250-12,500 โมเลกุล ภาพ ก. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล ภาพ ข. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส จึงไม่ใช่โครงสร้างของเซลลูโลส ดังภาพที่ 36



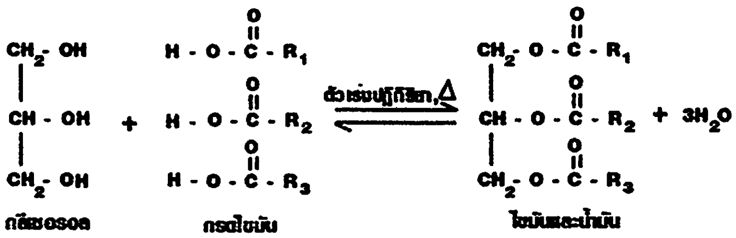
ภาพที่ 36 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 26.32 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและเลือกแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า "พอลิแซ็กคาไรด์มีโครงสร้างที่ซับซ้อน" แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ นักเรียนระบุได้เพียงองค์ประกอบว่า "มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ" เท่านั้น ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 18.42 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ เลือกแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่า "พอลิแซ็กคาไรด์มีคาร์บอนมากกว่า 12 อะตอมขึ้นไปเท่านั้น" เมื่อครูสัมภาษณ์ถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ นักเรียนให้คำตอบว่า "คาร์บอนทั้งหมดจะต่อกับ H และ

OH" เป็นที่น่าแปลกใจว่า นักเรียนบางส่วนของทั้งสองกลุ่มนี้ ระบุได้เพียงพอลิแซ็กคาไรด์เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ องค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เท่านั้น และมีนักเรียนร้อยละ 5.26 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ได้ ระบุได้เพียงแต่ "พอลิแซ็กคาไรด์ ได้แก่ แป้ง ไกลโคเจน และเซลลูโลส"

2.6 องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน

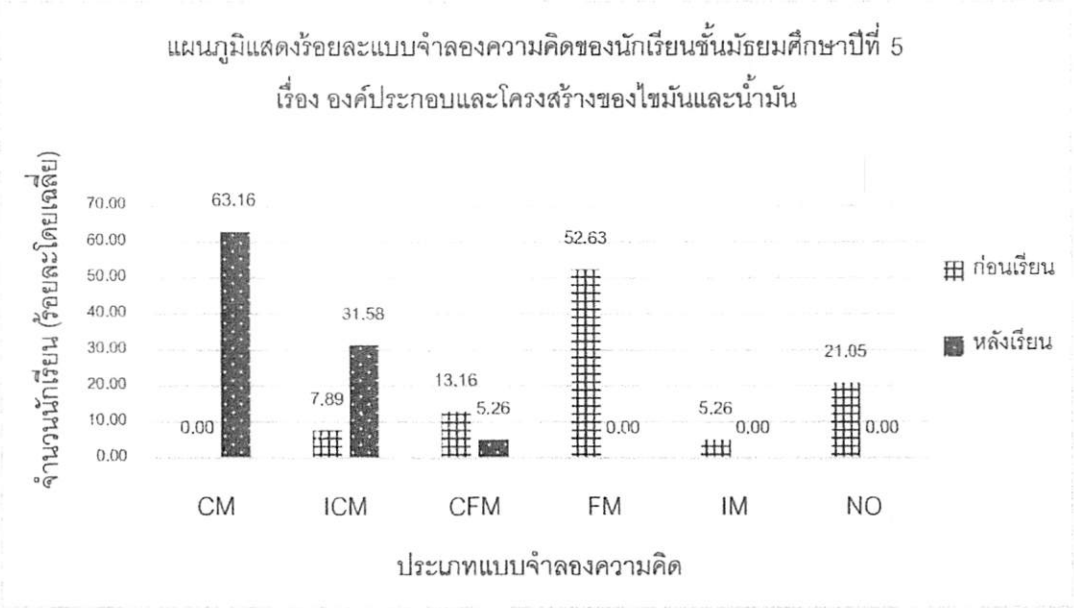
แบบจำลองความคิดเรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของเอสเทอร์ที่มีสถานะเป็นของแข็งและเอสเทอร์ที่มีสถานะเป็นของเหลว จากนั้นวาดภาพแสดงโครงสร้างของสาร Unknown เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันกับกลีเซอรอล พร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ ไขมันและน้ำมันเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกลีซอรอล 1 โมเลกุล กับ กรดไขมัน 3 โมเลกุล เกิดเป็นไขมันและน้ำมัน 1 โมเลกุล และน้ำ 3 โมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 37



ภาพที่ **37 แบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน**

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 6 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 38 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 52.63 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลอง (NO) คิดเป็นร้อยละ 21.05 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 63.16 และไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่

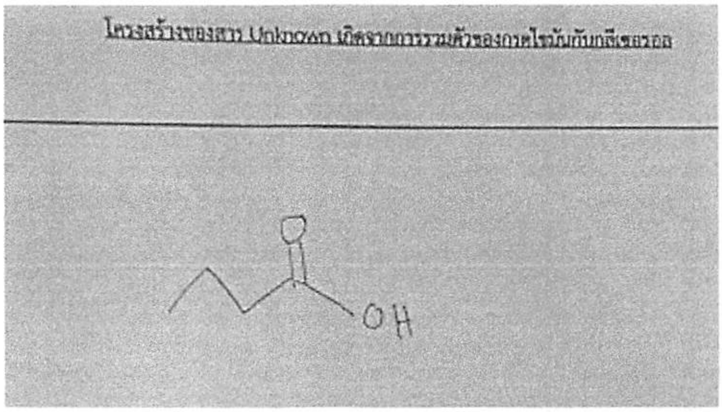
ถูกต้อง (FM) เลย นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่านักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) เพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 31.58 ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw



ภาพที่ 38 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน

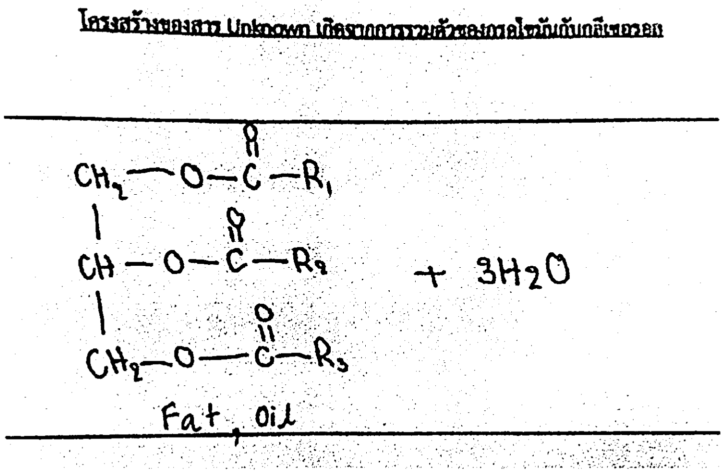
หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้องดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 ตัวอย่างแบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน ของกลุ่มนักเรียนที่แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) วาดภาพก่อนเรียน

แบบจำลองความคิดเรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่ององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมันเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ว่าไขมันและน้ำมันเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกลีซอรอล 1 โมเลกุล กับ กรดไขมัน 3 โมเลกุล เกิดเป็นไขมันและน้ำมัน 1 โมเลกุล และน้ำ 3 โมเลกุล ดังภาพที่ 40

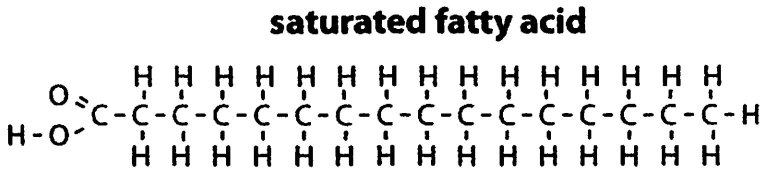


ภาพที่ 40 ตัวอย่างแบบจำลององค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

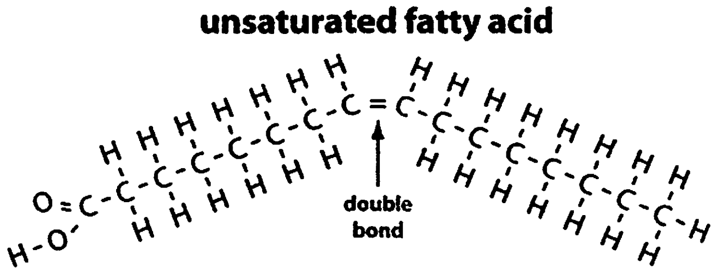
นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 31.58 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า "ไขมันและน้ำมันเกิดจากกรดไขมันกับกลีเซอรอล" แต่ไม่สามารถระบุจำนวนโมเลกุลของกรดไขมันกับกลีเซอรอลได้ เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไป ถึงองค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน นักเรียนระบุเพียงว่า "ไขมันและน้ำมันมีหมู่ฟังก์ชันของเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบ" อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 5.26 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ เลือกแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่า "น้ำมันและไขมันเกิดจากกรดไขมันและกลีเซอรอลอย่างละ 1 โมเลกุล" เมื่อครูสัมภาษณ์ถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน นักเรียนให้คำตอบว่า "ไขมันและน้ำมันจะมีพันธะคู่เป็นองค์ประกอบ"

2.7 รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

แบบจำลองความคิดเรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของน้ำมันประเภทต่าง ๆ จากนั้นวาดภาพแสดงโครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอด และโครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการผัดพร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภททอด เนื่องจากมีพันธะเดี่ยว เกิดอนุมูลอิสระได้ยาก สามารถใช้ความร้อนมากในการประกอบอาหารได้ และ น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภทผัด เนื่องจากมีพันธะคู่ จึงเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ต้องใช้ความร้อนน้อย ๆ ในการประกอบอาหาร ดังแสดงในภาพที่ 41 และ 42



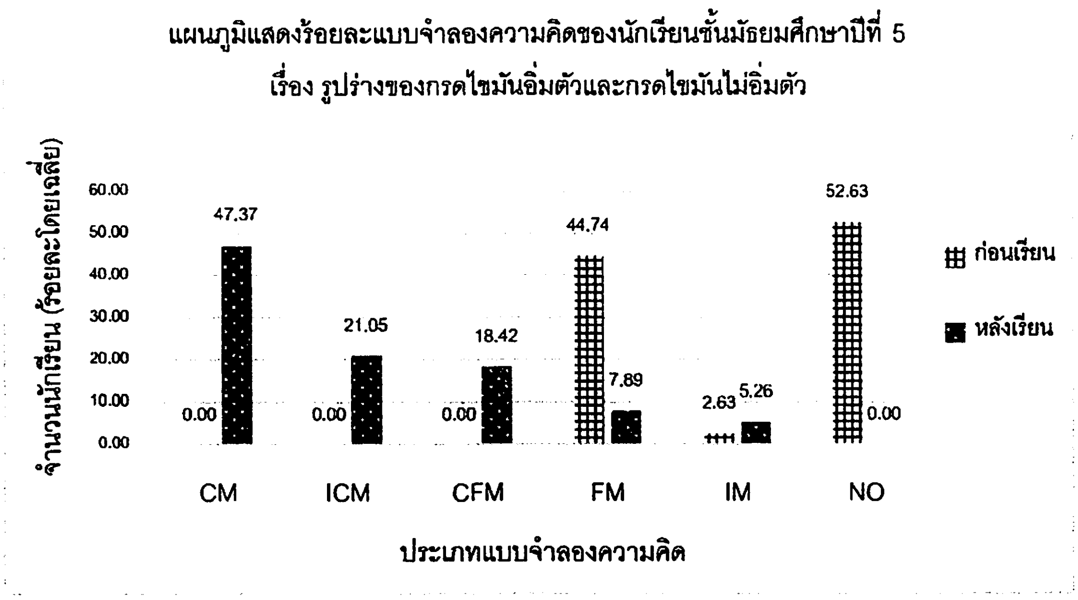
ภาพที่ 41 แบบจำลองโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว



ภาพที่ 42 แบบจำลองโครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 7 และ 8 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 43 พบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 52.63 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลอง

(NO) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองไม่ถูกต้อง (FM) คิดเป็นร้อยละ 44.74 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 47.37 และมีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 7.89 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด (NO) เลย ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

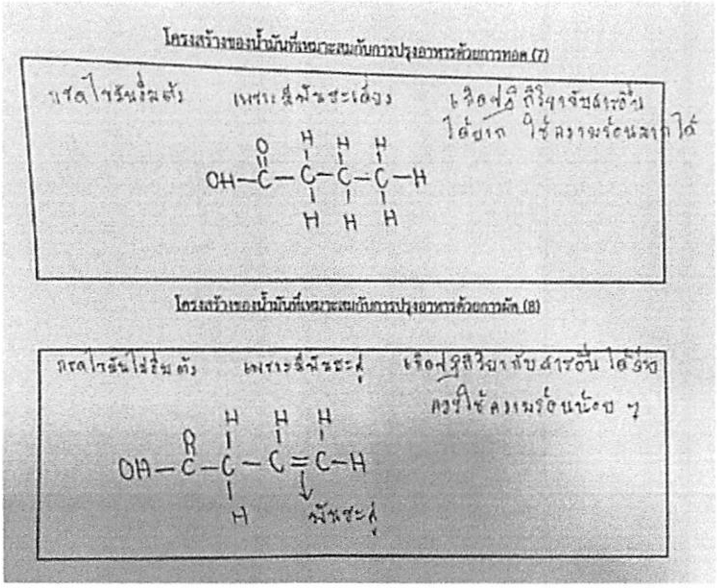


ภาพที่ 43 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลอง (NO) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง

แบบจำลองความคิดเรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ว่า น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภททอด เนื่องจากมีพันธะเดี่ยว เกิดอนุมูลอิสระได้ยาก สามารถใช้ความร้อนมากในการประกอบอาหารได้ และ น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภทผัด เนื่องจากมีพันธะคู่ จึงเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ต้องใช้ความร้อนน้อย ๆ ในการประกอบอาหาร ดังภาพที่ 44



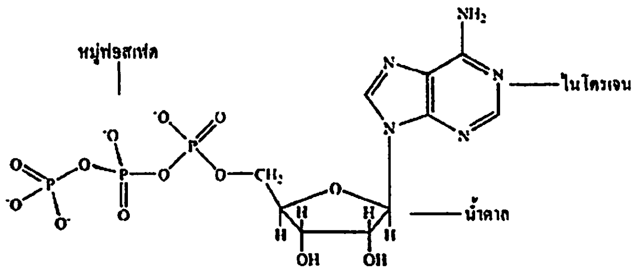
ภาพที่ 44 ตัวอย่างแบบจำลองรูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 21.05 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่

อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า "คาร์บอนทุกตัวในโมเลกุลของกรดไขมันอิ่มตัวจะต่อกันด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด และคาร์บอนทุกตัวในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะต่อกันด้วยพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง" แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงโครงสร้างของกรดไขมัน นักเรียนจึงได้ระบุว่า "กรดไขมันมีกรดอินทรีย์เป็นองค์ประกอบด้วย" ส่วนจำนวนคาร์บอนจะแตกต่างกันในกรดไขมันแต่ละชนิด ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 18.42 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้เข้าใจว่า "ความแตกต่างระหว่างกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว คือ ไฮโดรจนที่มาเกาะคาร์บอน โครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว คาร์บอนทุกตัวจะต่อกับไฮโดรเจน 2 ตัว แต่โครงสร้างของกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะมีคาร์บอน 2 ตัวที่ต่อกับไฮโดรเจนอย่างละ 1 ตัว" และมีนักเรียนร้อยละ 5.26 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของกรดไขมันได้ ระบุได้เพียงแต่ "ไขมันอิ่มตัวเกิดอนุมูลอิสระได้ยาก สามารถทำอาหารที่ใช้ความร้อนสูงได้ เลยเหมาะสำหรับการทอด แต่ไขมันไม่อิ่มตัวเกิดอนุมูลอิสระได้ง่าย ไม่สามารถทำอาหารที่ใช้ความร้อนสูงได้ จึงเหมาะสำหรับใช้ผัด" เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงข้อแตกต่างระหว่างโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและไขมันไม่อิ่มตัว พบว่า นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้

2.8 โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

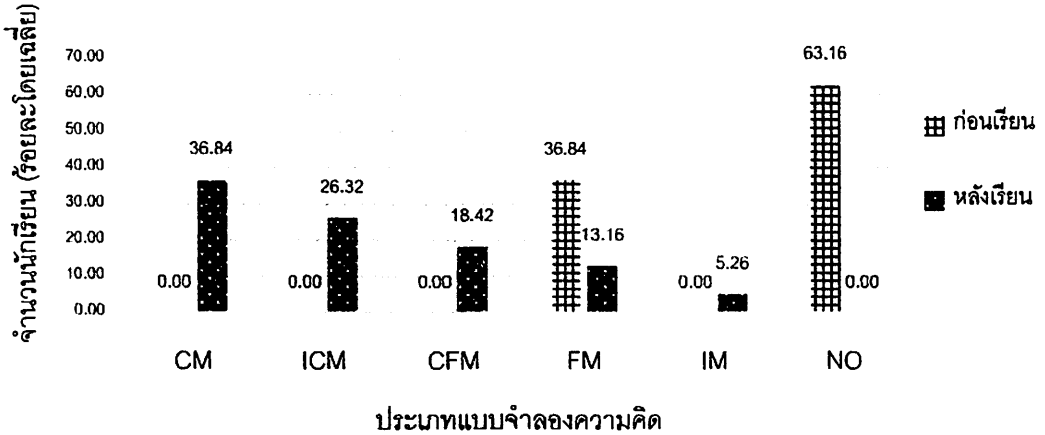
แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ผู้วิจัยให้นักเรียนอ่านบทความเพื่อหาคำตอบของประเภทสารชีวโมเลกุลของสารพันธุกรรม จากนั้นเลือกคำตอบองค์ประกอบต่าง ๆ ของสารพันธุกรรม เพื่อวาดภาพแสดงโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก พร้อมทั้งอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างดังกล่าว โดยแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ กรดนิวคลีอิก โดยโมเลกุลของกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่านิวคลีโอไทด์ ซึ่งโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ได้แก่ 1. หมู่ฟอสเฟต (คำตอบที่ 5) 2. น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (คำตอบที่ 6) 3. เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด แตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เป็นเบส (คำตอบที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4) ดังแสดงในภาพที่ 45



ภาพที่ 45 แบบจำลองโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ที่ได้จากแบบวัดแบบจำลองความคิดในข้อที่ 9 (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ดังแสดงในภาพ 46 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 63.16 มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงแบบจำลอง (NO) รองลงมามีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองไม่ถูกต้อง (FM) คิดเป็นร้อยละ 83.84 และหลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw แล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเป็นร้อยละ 36.84 และมีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (FM) ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 13.16 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาแบบจำลองความคิดไปสู่แบบจำลองวิทยาศาสตร์ในแนวคิดเรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกเพิ่มขึ้น และยังพบอีกว่าไม่มีนักเรียนที่ไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด (NO) เลย ภายหลังจากการจัดการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

แผนภูมิแสดงร้อยละแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

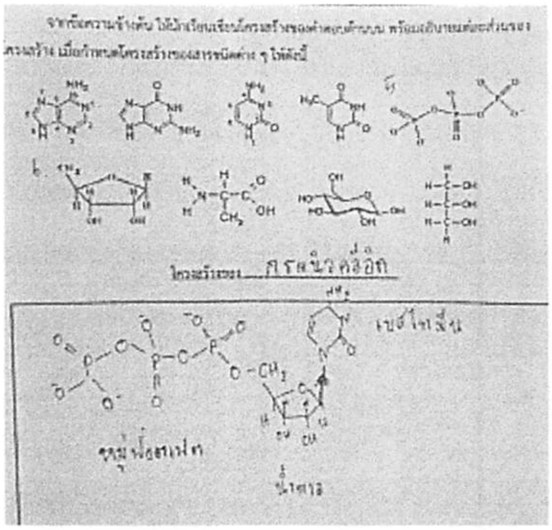


ภาพที่ 46 ร้อยละของแบบจำลองความคิดของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

หมายเหตุ : CM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง, ICM = แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFM = แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FM = แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง, IM = แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NO = ไม่แสดงแบบจำลองความคิด

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ของนักเรียนก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลอง (NO) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง

แบบจำลองความคิดเรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CM) สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกเพิ่มมากขึ้น โดยนักเรียนตอบคำถาม วาดภาพและอธิบายได้ว่า กรดนิวคลีอิก โดยโมเลกุลของกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ซึ่งโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ได้แก่ 1. หมู่ฟอสเฟต (คำตอบที่ 5) 2. น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (คำตอบที่ 6) 3. เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด แตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เป็นเบส (คำตอบที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4) ดังภาพที่ 47



ภาพที่ 47 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ซึ่งกลุ่มนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้อง (CM) วาดภาพหลังเรียน

นอกจากนี้ยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 26.32 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICM) นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุเพียงว่า “กรดนิวคลีอิกประกอบด้วย หมู่ฟอตเฟส น้ำตาล และไนโตรจีนัสเบส” แต่เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงโครงสร้างขององค์ประกอบแต่ละตัวของกรดนิวคลีอิก นักเรียนระบุได้เพียงว่า “หนูสังเกตเอาแค่อะตอมอ่ะค่ะ ถ้าหมู่ฟอตเฟสมันจะมี P ถ้าน้ำตาลมันจะมีคาร์บอน 5 ตัว ต่อกับแค่ O และ H ส่วนไนโตรจีนัสเบสมันก็จะมี N เป็นองค์ประกอบอยู่” แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายตำแหน่งที่องค์ประกอบแต่ละตัวเชื่อมต่อกันได้ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 18.42 มีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFM) นักเรียนในกลุ่มนี้ตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ (ภาคผนวก ฉ) พบว่า นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ระบุว่า “กรดนิวคลีอิกประกอบด้วย หมู่ฟอตเฟส น้ำตาล และไนโตรจีนัสเบส” แต่นักเรียนระบุชนิดของน้ำตาลไม่ถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนระบุว่า “น้ำตาลไรโบส สามารถจับคู่กับเบส A G C T ส่วนน้ำตาลดีออกซีไรโบส สามารถจับคู่กับเบส A G C U” ซึ่งในความเป็นจริง น้ำตาลไรโบส เป็นองค์ประกอบของ RNA สามารถสร้างพันธะได้กับไนโตรจีนัสเบส A G C U ส่วนน้ำตาลดีออกซีไรโบส เป็นองค์ประกอบใน DNA สามารถสร้างพันธะได้กับไนโตรจีนัสเบส A G C T และมีนักเรียนร้อยละ 5.26 ที่มีแบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง จากการสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์

(ภาคผนวก ฉ) นักเรียนบางส่วนของกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลีอิกได้ ระบุได้เพียงแต่ "กรดนิวคลีอิกจำแนกเป็น DNA และ RNA" เมื่อครูสัมภาษณ์ต่อไปถึงข้อแตกต่างระหว่างโครงสร้างของ DNA และ RNA พบว่า นักเรียนให้คำตอบได้ว่า "แตกต่างกันที่น้ำตาลที่มาเกาะ ถ้า DNA จะเป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบส แต่ถ้า RNA จะเป็นน้ำตาลไรโบส"

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน 2) เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีว-โมเลกุล ซึ่งผู้วิจัยจะสรุปและอภิปรายผลการวิจัยตามคำถามการวิจัย ดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เป็นอย่างไร ที่ส่งเสริมแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw นี้ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างแบบจำลอง 2) ขั้นแสดงออกแบบจำลอง 3) ขั้นทดสอบแบบจำลอง และ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง โดยซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นรายบุคคล ผ่านการคิด วางแผน โดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ร่วมกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ ซึ่งจากลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีการสร้างประสบการณ์ที่น่าใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดร่วมกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม เช่น การทำการทดลอง แล้วให้นักเรียนสร้างแบบจำลองความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นต้น โดยในการทดลองทดสอบสารชีวโมเลกุลชนิดต่าง ๆ ครูควรเตรียมสารตัวอย่างที่หลากหลาย เพียงพอสำหรับการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่หลากหลายที่นักเรียนสามารถนำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้เกิดแบบจำลองความคิดในเรื่องนั้น ๆ ตามประเด็นที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจะได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง ซึ่งการสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจประกอบกับการใช้คำถาม จะช่วยให้นักเรียนเกิดความอยากรู้และลงมือสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองหรือของกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ที่พบว่าเมื่อจัดกิจกรรมการสาธิตการทดลองในการสอนแนวคิดเรื่องกรด-เบส ทำให้นักเรียน

มีแบบจำลองความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น รวมทั้งการถามคำถามจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ ยิ่งนักเรียนมีโอกาสได้ตอบคำถามมากเท่าไรนักเรียนก็จะได้เรียนรู้มากขึ้น อีกทั้งลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา แสดงการคิดสมมติฐานออกมา ในลักษณะของภาพวาดที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปรากฏการณ์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดสมมติฐานและแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังที่ Gilbert (1995 อ้างอิงใน Gobert & Buckley, 2000, หน้า 891) ได้กล่าวไว้ว่าแบบจำลองมีส่วนสำคัญในการตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบความคิด และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้แบบจำลองยังเป็นหัวใจสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ชาตรี ฝ่ายคำตาและภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557, หน้า 89) โดยก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งควรมีการจัดกลุ่มการทดลองใหม่ทุกครั้ง โดยคละความสามารถและพยายามไม่ให้นักเรียนซ้ำคนเดิมในแต่ละกลุ่ม เวียนตำแหน่งการนั่งทำการทดลอง กลุ่มที่นั่งด้านหน้าห้องเวียนไปนั่งด้านหลังห้องในแต่ละครั้งที่มีกิจกรรมการทดลอง เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรม และมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ทุกคน และควรปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเวลา ศึกษากิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรม ให้สอดคล้องกับการกำหนดเวลา เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นขณะทำกิจกรรม

ขั้นที่ 2 การแสดงออกแบบจำลอง

ในขั้นนี้นักเรียนจะแสดงออกแบบจำลอง 3 มิติ จากแบบจำลองความคิดของตนเองที่ได้สร้างขึ้นจากขั้นที่ 1 จากนั้นจะเกิดการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งจากลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะเกิดการเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองและของเพื่อน นักเรียนจะได้เห็นจุดเด่นและจุดด้อยนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายแนวคิดหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554) การนำเสนอแบบจำลองทำให้ได้แนวคิดใหม่ ๆ มีความคิดที่ชัดเจนขึ้น จากลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ง่ายขึ้น (โปรแกรม ChemDraw) ซึ่งสอดคล้องกับ Barak and Hussein-Farraj (2013) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ได้ดีและยังทำให้สามารถสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ดีขึ้นอีกด้วย และยังสอดคล้องกับบทความวิชาการของ Jamal Raiyn และ Anwar Rayan เกี่ยวกับวิธีการสร้าง

แบบจำลองเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนเคมีในวิทยาลัยการศึกษา ที่พบว่า การบูรณาการเครื่องมือการสร้างแบบจำลอง เช่น โปรแกรม ChemDraw ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา และมีการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่ใช้โปรแกรม ChemDraw ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่กล่าวว่า โปรแกรม ChemDraw ทำให้พวกเขามีประสบการณ์ในการเรียนรู้ พวกเขามีความประทับใจ มีความคิดเห็นเชิงบวก และสนับสนุนให้ใช้โปรแกรม ChemDraw ตั้งแต่วันแรกของการจัดการเรียนรู้ (2015, p 4) ซึ่งการแสดงออกแบบจำลอง (แบบจำลอง 3 มิติ จากโปรแกรม ChemDraw) เป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกถึงแบบจำลองทางความคิดได้อย่างเต็มที่ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556) สอดคล้องกับ Moutinho et al., (2017) ได้นำแบบจำลองที่มีความหลากหลายมาใช้ในกิจกรรมการสอน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดและส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยในขั้นตอนการแสดงออกแบบจำลอง ครูควรจะแนะนำการใช้งานโปรแกรม ChemDraw ก่อน โดยอาจจะให้นักเรียนได้ฝึกการใช้งานโปรแกรมมาจากบ้าน หรือครูฝึกการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นก่อนลงมือปฏิบัติจริง เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ใช้งานโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมเริ่มต้นในการชีวิตประจำวัน จึงทำให้ใช้งานโปรแกรมได้ไม่คล่อง และไม่สามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้งานโปรแกรมได้ อีกทั้งครูควรกำหนดสีอะตอมของแบบจำลองสามมิติให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น อะตอมของคาร์บอนใช้สีดำ อะตอมของไฮโดรเจนใช้สีขาว อะตอมของออกซิเจนใช้สีแดง และอะตอมของไนโตรเจนใช้สีน้ำเงิน ซึ่งการที่สร้างแบบจำลองสามมิติที่อะตอมมีสีตามมาตรฐาน จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำแบบจำลองสามมิติที่ตนเองได้สร้างไปใช้อธิบายหรือเชื่อมโยงความรู้ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในขณะจัดกิจกรรม

ขั้นที่ 3 การทดสอบแบบจำลอง

ในขั้นนี้นักเรียนจะนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นจากโปรแกรม ChemDraw ในขั้นตอนที่ 2 มาทดสอบเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ เช่น นำแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโนมาใช้อธิบายความแตกต่างของกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนไม่จำเป็นชนิดต่าง ๆ หรือการนำแบบจำลองโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาใช้อธิบายความแตกต่างของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ โดยนักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อมูลและเนื้อหาจากการใช้สื่อเทคโนโลยีที่เป็นแบบจำลอง 3 มิติ (โปรแกรม ChemDraw) ในการนำมาเปรียบเทียบเชิงความคิดได้อย่างถูกต้อง ซึ่งทำให้นักเรียนมองเห็นถึงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน แล้วใช้นำมา

ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองความคิดของตนเองให้มีความถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองความคิดของตนเองให้อยู่ในเกณฑ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นทั้ง 8 แนวคิดย่อย จากลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องมีการนำแบบจำลอง 3 มิติของตนเองที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม ChemDraw มาทดสอบเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และเกิดประสบการณ์ที่จะสามารถนำความรู้ไปพัฒนาแบบจำลองของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งโปรแกรม ChemDraw นอกจากจะช่วยสร้างรูปร่างต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีขึ้นแล้ว ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้อีกด้วย (ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ, 2561, หน้า 27) โดยครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ สร้างความเป็นกันเองในการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ชี้แนะแนวทางในการนำเสนอแบบจำลองในประเด็นต่าง ๆ ที่ครอบคลุมแนวคิดย่อย อีกทั้งยังควรเพิ่มกิจกรรมที่น่าสนใจให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากสิ่งที่ได้ทำกิจกรรม และนำมาอภิปรายเชื่อมโยงไปยังผลการทดลองที่ได้

ขั้นที่ 4 การประเมินแบบจำลอง

ในขั้นนี้นักเรียนได้นำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการทดลองและสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 ร่วมกับแบบจำลอง 3 มิติที่ได้แสดงออกในขั้นที่ 2 แบบจำลอง 3 มิติที่ได้ทดสอบและปรับปรุงในขั้นที่ 3 มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองของตนเอง และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองความคิดในแต่ละแนวคิดย่อย ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการทำกิจกรรมและชี้แนะตัวอย่างการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมนี้ไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น จากลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการทางความคิดทำให้เกิดความรู้ ซึ่งสามารถช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังที่ Schwarz et al. เสนอความเห็นว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือใช้ที่สำคัญในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนมีความคิดชัดเจนมากขึ้น (2009, หน้า 634 - 636) อีกทั้งในขั้นของการประเมินแบบจำลองจะมีการอภิปรายร่วมกัน ทำให้นักเรียนจะได้รับผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนในระหว่างการอภิปรายการประเมินแบบจำลอง

คำถามวิจัยข้อที่ 2 แบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนเป็นอย่างไร เมื่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw

ผลการพัฒนาแบบจำลองความคิดโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ แบบวัดแบบจำลองความคิดที่ใช้ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่แบบจำลองความคิดถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ยังคงมีแบบจำลองความคิดหลังเรียนอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และแบบจำลองความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องอยู่บ้าง แต่มีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง แบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง และไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด ลดน้อยลงในแต่ละแนวคิดย่อย มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดย่อยที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุแต่เพียงหมู่อะมิโนเป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือวาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยอธิบายเพียงแค่กรดอะมิโนมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง แบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง และไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.2 แนวคิดย่อยที่ 2 การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุแต่เพียงตำแหน่งที่เกิดพันธะ แต่ไม่ได้ระบุถึงที่มาของอะตอมที่มาสร้างพันธะเพปไทด์ อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยอธิบายจำนวนพันธะเพปไทด์ที่เกิดขึ้นจะมีเท่ากับกรดอะมิโนที่นำมาสร้างพันธะกัน และไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง แบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง และไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.3 แนวคิดย่อยที่ 3 โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่จำนวนคาร์บอนในน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเท่านั้น ไม่ระบุองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้าง อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีคาร์บอน 6 อะตอมเท่านั้น และนักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มที่แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง โดยระบุโครงสร้างของสารชนิดอื่นที่ไม่ใช่โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์ แต่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.4 แนวคิดย่อยที่ 4 โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์ ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่ที่มาของน้ำตาลโมเลกุลคู่เท่านั้น ไม่สามารถระบุองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในโครงสร้างและตำแหน่งที่น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 โมเลกุลมาต่อกัน อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีคาร์บอน 12 อะตอมเท่านั้น โดยมีโครงสร้างที่คาร์บอนทั้ง 12 ตัวจะต่อกับ H และ OH และนักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง โดยระบุโครงสร้างของสารชนิดอื่นที่ไม่ใช่โครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์ แต่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.5 แนวคิดย่อยที่ 5 โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่อะตอมของธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์เท่านั้น อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจว่าพอลิแซ็กคาไรด์มีคาร์บอนมากกว่า 12 อะตอมขึ้นไปเท่านั้น โดยมีโครงสร้างที่คาร์บอนทุกตัวจะต่อกับ H และ OH และนักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง โดยระบุโครงสร้างของสารชนิดอื่นที่ไม่ใช่โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์ แต่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง และไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.6 แนวคิดย่อยที่ 6 องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน ได้พบว่านักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่ที่มาในการเกิดไขมันและน้ำมันเท่านั้น ไม่ระบุจำนวนโมเลกุลของกรดไขมันและกลีเซอรอล อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยเข้าใจเพียงว่าไขมันและน้ำมันจะมีพันธะคู่เป็นองค์ประกอบ และไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง แบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง และไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.7 แนวคิดย่อยที่ 7 รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้พบว่านักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่พันธะเดี่ยวในโมเลกุลกรดไขมันอิ่มตัว และพันธะคู่ในโมเลกุลกรดไขมันไม่อิ่มตัวเท่านั้น ไม่ได้อธิบายองค์ประกอบอื่นภายในโครงสร้าง อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยไประบุจำนวนคาร์บอนที่เกิดพันธะเดี่ยวและพันธะคู่กับอะตอมไฮโดรเจน และนักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง โดยระบุคำตอบอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว แต่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

2.8 แนวคิดย่อยที่ 8 โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก ได้พบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งตอบคำถามและวาดภาพแบบจำลองได้ถูกต้อง แต่อธิบายแบบจำลองได้ไม่สมบูรณ์ โดยระบุเพียงแต่โมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบหลักของกรดนิวคลีอิกเท่านั้น ไม่ได้อธิบายองค์ประกอบอื่นภายในแต่ละโมเลกุล อีกทั้งมีนักเรียนบางส่วนนักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง โดยระบุคู่เบสใน DNA และ RNA ได้ไม่ถูกต้อง และนักเรียนยังคงมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง และแบบจำลองความคิดไม่สอดคล้อง โดยระบุคำตอบอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก แต่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแบบจำลองความคิดอยู่ในกลุ่มไม่แสดงออกแบบจำลองความคิด

จากการศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ซึ่งเป็นเทคโนโลยีในการสร้างแบบจำลอง ช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการสร้างประสบการณ์ใหม่ที่น่าสนใจนั่นคือการทำการทดลอง มีการใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงออกถึงแบบจำลองความคิดของตนเอง มีการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ทดสอบ

ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และการร่วมกันอภิปรายแบบจำลองเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรตา ชาติวรรณ (2561) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง สามารถช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งการนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นสื่อการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Barak and Hussein-Farraj (2013) ที่กล่าวว่า การใช้สื่อเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสอนเนื้อหาที่เป็นนามธรรม จะช่วยทำให้นักเรียนสามารถจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ได้ดีและยังทำให้สามารถสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ดีขึ้นอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้และการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้**

1.1 ในระยะแรกของการจัดกิจกรรม พบว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw ดังนั้น ครูควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบการจัดกิจกรรม และฝึกให้นักเรียนเข้าใจการใช้งานพื้นฐานของโปรแกรม ChemDraw เพื่อการบริหารจัดการเวลา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 โปรแกรม ChemDraw สามารถกำหนดสีของอะตอมในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ได้หลากหลาย ดังนั้นครูควรสร้างข้อตกลงในการกำหนดสีอะตอมแต่ละชนิดให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้แบบจำลอง 3 มิติสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ครูควรเน้นให้มีการอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการใช้คำถามของครูหรือกระตุ้นให้สงสัยและนำไปสู่การถามคำถาม เพื่อทำให้เกิดการประเมินและมีการปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีที่สุด

2. **ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

2.1 ผลการวิจัยพบว่า หลักจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลงเป็นฐานแล้ว ในบางแนวคิดย่อยยังคงมีนักเรียนที่มีแบบจำลองความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ อาจเนื่องมาจากแบบจำลองยังไม่มีการทดสอบเพื่ออธิบายถึงปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่พบเก็นได้ง่ายหรือ

ใกล้ตัวนักเรียน ดังนั้น ในขั้นทดสอบแบบจำลองควรศึกษาปรากฏการณ์อื่น ๆ เช่น ปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือ ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.** (3). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). **การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model-Based Learning. **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์.** 29(3), 86-99.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). **การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ณัชธฤต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และสุดจิต สงวนเรือง. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์.** 17(2), 299-314.

ณัฏฐิกา งามกิจภิญโญ. (2561). ChemDraw Ultra กับการวาดภาพโครงสร้างเคมีของสาร. **นิตยสาร สสวท.** 46(210)ม 25-27

ธีรตา ชาติวรรณ, ธิติยา บงกชเพชร และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2560). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธโคเวเลนต์.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา. (2557). **การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนารถ สุวรรณรุจิ. (2556). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ภาสกร เรืองรอง, ประหยัด จิระวงพงศ์ วณิชชา แม่นยำ วิลาวัลย์ สมยาโรน ศรันยู หมื่นเดช และ ชไมพร ศรีสุราช. (2557). เทคโนโลยีการศึกษากับครูไทยในศตวรรษที่ 21. **วารสารปัญญาภิวัฒน์**. 5(ฉบับพิเศษ), 195-207.

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, คเชนทร์ แดงอุดม และธิติยา บงกชเพชร. (2559). **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วิทยา อินโท. (19 กันยายน 2559). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวิชาโลกดาราศาสตร์และอวกาศ**. สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน 2561, จาก http://earthscience.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/19/2016/09/การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.pdf.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (28 กุมภาพันธ์ 2560). **สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน** (O-NET) สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน 2561, จาก http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2560.pdf.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.** . เพชรบูรณ์: โรงพิมพ์จุลดิสการพิมพ์.

ศุภกาญจน์ รัตนกร. (2552). **การศึกษาแบบจำลองทางความคิดและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด – เบส.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ฮามีต๊ะ มูสอ. (2555). **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2010). Engaging elementary student in scientific modeling: the MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. **Models and Modeling in Science Education**. 6(1), 195-218.

Barak, M. and R. Hussein-Farraj. (2013). Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. **Redearch in Science Education**. 43, 619-636.

Bei Yuan, Minhong Wang, Andre W. Kushniruk and Jun Peng. (2017). Deep Learning towards Expertise Developmeny in a Visualization-based Learning Environment. **Educational Technology & Society.** 20(4), 233-246.

Buckley, B.C. and C. J. Bouter. (2000). Constructing a typology of models for science education. **Developing Models in Science Education.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 41-57

Buckley, B. C. and C.J. Bouter. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. **Developinf Models in Science Education.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 119-135.

Buckley, B. C., J. D. Gobert, A. C. H. Kindfield, P. Horwitz, R. F. Tinker, B. Gerlits, U. Wilensky, C. Dede, and J. Willett. (2004). Model-based teaching and learning with Biologica: What do they learn? How do they learn? How do we know?. **Journal of Science Education and Technology.** 13(1), 23-41.

Cartier, J., J. Rudolph, and J. Stewart. (2001). **NCISLA, Wisconsin Center for Education Research.** Wisconsin: University of Wisconsin-Madison.

Chittleborough, G. D., T. L. Mamiala and D. F. Treagust. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. **Research in Science Education.** 34(1), 1-20.

Chiu, M.H. and W.N. Lin. (2007). Exploring the characteristics and diverse sources of students' mental models of acids and bases. **International Journal of Science Education.** 29(6), 771-803.

Chiu, M.-H., C. C. Chou and C. J. Liu. (2002) Dynamic processes of conceptual change: Analysis of constructing mental model of chemical equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching.** 39(8), 688-721.

Coll, B. France, and I. Taylor. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implication from research. **International Journal of Science Education.** 27(2): 183-198.

Coll, R. K. and N. Taylor. (2002). Mental Models in Chemistry: Senior Chemistry Students' Mental Models of Chemical Bonding. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe.** 3(2), 175-184

David Hestenes. (1992). Modeling games in the Newtonian World. **American Journal of Physics.** 60(8), 732-748.

Eduran, S. and R. A. Duschl. (2004). Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. **Studies in Science Education.** 40: 105-138.

Franco, C. and D. Colinvaux. (2000). Grasping mental model. **Developing Models in Science Education.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 93-117.

Gilbert, (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. **Visualization in Science Education.** Netherlands: Springer, 9-27.

Gilbert, J. K. (2004). Model and modellinf: Routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education.** 2:115-130.

Gilbert, J. K. and S. W. Ireton. (2003). **Understanding Models in Earth and Space Science.** Arlington: NSTA Press.

Gilbert., C. J. Bouter, and R. Elmer. (January 2000). **Positioning models in science education and in design and Technology Education.** Retrieved September 29, 2018, from https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-010-0876-1_1.

Gobert, J. D. and B. C. Buckey. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. **International Journal of Science Education.** 22(9), 891-894.

Greca, I. M. and M. A. Moreira. (2000). Mental models, conceptual Models, and modeling. **International Journal of Science Education.** 22(1): 1-11.

Harrison, A. G. and D. F. Treagust, (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teachinf chemistry. **Science Education.** 80(5): 509-534.

Hestenes, D. (2006). Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction. In Berg, E., Ellermeijer, I., & Sloonten, O., Proceeding GIREP Conference 2006:

Modeling in Physics and Physics Education. Amsterdam: Amstel Institute, Faculty of Science, University of Amsterdam.

Hollon, I. (2004). **Modeling Theory in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Jamal Raiyn, Anwar Rayan. (2015). How Chemicals' Drawing and Modeling Improve Chemistry Teaching in Colleges of Education. **World Journal of Chemical Education**. 3(1), 1-4

Justi, R. and J. Gilbert. (2016). Modeling-based Teaching in Science Education. Netherlands: Springer.

Kenyon, L., C. Schwarz, and B. Hug. (2008). The benefits of scientific modeling. **Science and Children**. 41-44

Moutinho et. al. (2017). Contributions of Model-Based Learning to the Resturing of Graduation Students' Mental Models on Natural Hazards. **EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Educaion**. 13(7), 3043-3068.

Norbert M. Seel. (2017) . Model-based learning: a synthesis of theory and research. **Education Tech Research Development**. 65(4), 931-966.

Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. **Mental models**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 7-14.

Organ-Bekiroglu, F. (2007). Effect of model-based teaching on per-service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and lunar phenomena. **International Journal of Science Education**. 29(5), 555-593

PerkinElmen Informatiics Inc,. (2017). **ChemDraw 17.0 User Guide**. Retrieved September 29, 2018, from https://library.columbia.edu/content/dam/libraryweb/locations/dsc/Software% 20Subpages/ChemDraw_17_manual.pdf.

Rea-Ramirez, M. A., J. Clement, and M. C. Nunez-Oviedo. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. **Model Based Learning and Instruction in Science**. Netherlands: Springer, 23-43.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scienctific

modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. **Journal of Research in Science Teaching.** 46(6), 632-654.

Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner' s prior learning. **Science Education.** 87, 732-758.

Williamson, V. M. and W. R. Abraham. (1995). The effect of computer animation on the particulate mental model of college chemistry students. **Journal of Research in Science Teaching.** 32(5), 521-534.

ԱՆՌՏԱՆՄ

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

   อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันวิสา เจนรุ่งโรจน์สกุล

   อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. นางสาวสมรัศมิ์ สายทอง

   ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

ภาคผนวก ช ตัวอย่างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม
ChemDraw วิชา เคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บทที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล
แผนการสอนที่ 1 เรื่อง โปรตีน เวลาที่ใช้ 5 ชั่วโมง
สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

....

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับการประเมิน

ระดับคุณภาพ

5 หมายถึง คุณภาพในระดับดีเยี่ยม

4 หมายถึง คุณภาพในระดับดีมาก

3 หมายถึง คุณภาพในระดับดี

2 หมายถึง คุณภาพในระดับพอใช้

1 หมายถึง คุณภาพในระดับปรับปรุง

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1	หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน					
2	แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้					
3	แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนร้อยรัดสัมพันธ์กัน					
4	การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง					
5	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
6	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ทักษะกระบวนการและเจตคติ					
7	จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก					
8	กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
9	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ และระดับชั้น					
10	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด					
11	กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน					
12	กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง					
13	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Chem Draw					
14	วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด					
15	วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
16	นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง					
17	นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนด					
18	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
19	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
20	มีการวัดประเมินก่อน ระหว่าง หลังการจัดการเรียนรู้					
รวม						
คะแนนเฉลี่ย						

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ

....

....

....

ลงชื่อ .... ผู้ประเมิน

(..)

ตำแหน่ง ....

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 8 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โปรตีน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสม และมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนร้อยรัดสัมพันธ์กัน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	5	4	4	4.33	0.58	ดี
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
6.จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4	4	5	4.33	0.58	ดี
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ และระดับชั้น	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
12. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Chem Draw	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
14. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
16. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
17. นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
18. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
20. มีการวัดประเมินก่อน ระหว่าง หลังการจัดการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
สรุป				4.47	0.55	ดี

ตาราง 9 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ลิพิด

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสม และมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนร้อยรัดสัมพันธ์กัน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	5	4	4	4.33	0.58	ดี
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4	4	5	4.33	0.58	ดี
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ และระดับชั้น	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
12. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Chem Draw	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
14. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
16. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
17. นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
18. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
20. มีการวัดประเมินก่อน ระหว่าง หลังการจัดการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
สรุป				4.47	0.52	ดี

ตาราง 10 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสม และมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนร้อยรัดสัมพันธ์กัน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4	4	5	4.33	0.58	ดี
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ และระดับชั้น	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
12. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Chem Draw	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
14. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
16. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	4.33	0.58	ดี
17. นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
18. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
20. มีการวัดประเมินก่อน ระหว่าง หลังการจัดการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
สรุป				4.45	0.52	ดี

ตาราง 11 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กรดนิวคลีอิก

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนร้อยรัดสัมพันธ์กัน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
7. จุดประสงค์การเรียนรู้เรียงลำดับพฤติกรรมจากง่ายไปยาก	4	4	4	4.00	0.00	ดี
8. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ และระดับชั้น	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
12. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Chem Draw	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
14. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิด	4	4	5	4.33	0.58	ดี
15. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
16. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
17. นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
18. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
19. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
20. มีการวัดประเมินก่อน ระหว่าง หลังการจัดการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
สรุป				4.42	0.49	ดี

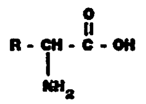
สรุปผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล ทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดแบบจำลองความคิดกับรายละเอียดแนวคิด

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดแบบจำลองความคิด
กับรายละเอียดแนวคิด

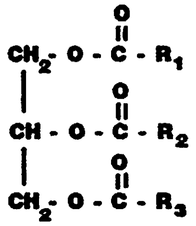
....

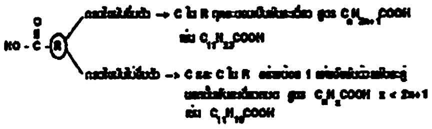
คำชี้แจง ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุล โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1	<u>โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน</u> โมเลกุลของกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชั่นก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน (-NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH)  R [illegible]				
2	<u>การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน</u> พันธะเพปไทด์ คือ พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดขึ้นระหว่าง C อะตอมในหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดอะมิโน				

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
	โมเลกุลหนึ่งยึดกับ N อะตอม ในหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 2 โมเลกุล เรียกว่า ไดเพปไทด์ - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 3 โมเลกุล เรียกว่า ไตรเพปไทด์ - สารที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน ตั้งแต่ 100 โมเลกุลขึ้นไป เรียกว่า พอลิเพปไทด์นี้ว่า โปรตีน				
3	<u>โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์</u> น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือเรียกว่าโมโนแซคคาไรด์(monosaccharide) เป็นน้ำตาลที่เกิดจากการรวมตัวของคาร์บอนตั้งแต่ 3 ตัวถึง 8 อะตอม น้ำตาลกลุ่มนี้จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ให้รสหวาน สูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_n$ เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด เมื่อรับประทานเข้าไปสามารถร่างกายสามารถดูดซึมแล้วนำไปใช้ได้เลยโดยไม่ต้องย่อยอีก สำหรับน้ำตาลที่ประกอบด้วยคาร์บอน 5 ตัว เรียกว่า เพนโทส (pentose) ส่วนน้ำตาลเฮก				

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
	โซส (hexose) มีจำนวนคาร์บอน 6 อะตอม เป็นน้ำตาลที่พบมากที่สุด มี 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโทส และน้ำตาลกาแลกโตส น้ำตาลพวกนี้จะละลายน้ำได้ดี เป็นผลึกสีขาว มีรสหวาน พบได้ใน ผัก ผลไม้ น้ำนม และน้ำผึ้ง				
4	<u>โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์</u> น้ำตาลโมเลกุลคู่ หรือเรียกว่าไดแซคคาไรด์(disaccharide) หรือน้ำตาลสองชั้น (double sugar) จัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่ให้รสหวาน เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เกิดโมโนแซคคาไรด์ 2 โมเลกุล มารวมตัวกัน เมื่อเรารับประทานน้ำตาลโมเลกุลคู่เข้าไป จะมีการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารได้น้ำตาลชั้นเดียวก่อนจึงจะดูดซึมต่อไปได้ คาร์โบไฮเดรตประเภทนี้ที่สำคัญคือ น้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย น้ำตาลมอลโทส และน้ำตาลแล็กโทส มีความสามารถในการละลายน้ำต่างกันไป คือ น้ำตาลซูโครสละลายน้ำได้ดี น้ำตาลมอลโทสละลายน้ำได้ค่อนข้างดี ส่วนน้ำตาลแล็กโทสละลายน้ำได้เล็กน้อย				

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
5	<u>โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์</u> เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจำนวนหลายโมเลกุลมาเชื่อมต่อกัน พอลิแซ็กคาไรด์เป็นกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่มีรสหวาน ละลายน้ำได้ยากหรือไม่ละลายเลย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน				
6	<u>องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน</u> ไขมัน และน้ำมัน (Fat and oil) คือสารอินทรีย์ประเภทลิปิดชนิดหนึ่ง มีสูตรทั่วไปดังนี้  ไขมันและน้ำมันมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนเอสเทอร์จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ชนิดหนึ่งได้				

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
7 และ 8	<u>รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว</u> กรดไขมัน (Fatty acid) คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน สูตรทั่วไปดังนี้  จำนวน C อะตอมเป็นเลขคู่ C ใน R ต่อกันเป็นสายยาวไม่ค่อยพบแตกกิ่งก้านสาขา และขดเป็นวงปิด				
9	<u>โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก</u> กรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลย่อยๆที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) จำนวนมากมาสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นสายยาว โดยโมเลกุลนิวคลีโอไทด์จะประกอบด้วย 3หน่วยย่อย ดังนี้ 1) น้ำตาลเพนโทส (pentose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม มี 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส (ribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาร์เอ็นเอและดี				

ข้อ	รายละเอียดของแนวคิด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ข้อเสนอแนะ
		เหมาะสม (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
	ออกซีไรโบส (deoxyribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยทั้งสองชนิดจะมีความแตกต่างกันคือ น้ำตาลดีออกซีไรโบสจะมีอะตอมธาตุออกซิเจนน้อยกว่าน้ำตาลไรโบสอยู่ 1 อะตอม 2) ไนโตรเจนเบส (nitrogenous base) มีอยู่ทั้งสิ้น 5 ชนิด คือ อะดีนีน (Adenine ; A), กวานีน (Guanine ; G), ไซโทซีน (Cytosine ; C), ยูเรซิล (Uracil ; U) และไทมีน (Thymine ; T) ซึ่งส่วนของไนโตรเจนเบสนี้จะเป็นส่วนที่กำหนดความแตกต่างของโมเลกุลนิวคลีโอไทด์ โดยในดีเอ็นเอจะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ T ขณะที่ในอาร์เอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ U 3) หมู่ฟอสเฟต เป็นบริเวณที่สามารถสร้างพันธะกับน้ำตาลเพนโทสของนิวคลีโอไทล์อีกโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลสามารถเชื่อมต่อกันได้				

ลงชื่อ...ผู้ประเมิน

(...)

ตำแหน่ง ....

ภาคผนวก จ ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดแบบจำลองความคิดกับรายละเอียดแนวคิด

ตาราง 12 ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดแบบจำลองความคิดกับรายละเอียดแนวคิด โดยผู้เชี่ยวชาญ (n = 3)

แนวคิดย่อย	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวม	IOC
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน	1	1	1	1	3	1
การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน	2	1	1	1	3	1
โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์	3	1	1	1	3	1
โครงสร้างของไดแซ็กคาไรด์	4	1	1	1	3	1
โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์	5		1	1	3	1
องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน	6	1	1	1	3	1
รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว	7	1	1	1	3	1
	8	1	1	1	3	1
โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก	9	1	1	1	3	1

สรุปผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบวัดแบบจำลองความคิดกับรายละเอียดแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล พบว่า มีข้อคำถามที่มีความสอดคล้อง หรือมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สูงกว่า 0.5 จำนวน 8 ข้อ

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw เรื่อง สารชีว-โมเลกุล
2. แบบบันทึกหลังสอนของครู
3. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล
4. แบบสัมภาษณ์ประกอบภาพและเหตุการณ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ว30102 เคมีพื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารชีวโมเลกุล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561

ชื่อเรื่อง โปรตีน เวลา 5 ชั่วโมง

....

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาระ การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

ว 3.2 ม.4-6/9 ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยาบางชนิดของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก

ว 8.1 ม.4-6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4-6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อน ของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้สร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

__ด้านความรู้ (K)__

1. นักเรียนระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้
2. นักเรียนอธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้

3. นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้

4. นักเรียนอธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้

ด้านทักษะ (P)

1. นักเรียนสร้างแบบจำลอง 3 มิติ แสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีนได้

2. นักเรียนสร้างแบบจำลอง 3 มิติ แสดงโครงสร้างการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในการทดสอบโปรตีนในอาหารได้

ด้านจิตพิสัย (A)

1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นและตั้งใจในการเรียน

4. สาระสำคัญ

หน่วยย่อยของโปรตีนคือ กรดอะมิโน โดยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง ทดสอบได้โดยใช้สารละลายไบยูเร็ต ได้สารสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในสารที่มีไดเพปไทด์ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป กรดอะมิโนบางชนิดร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ แต่บางชนิดสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้น

5. สาระการเรียนรู้

โปรตีนเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง โดยแหล่งของโปรตีนพบในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ นม ไข่ ถั่ว และงา เป็นต้น สามารถทดสอบโปรตีนในอาหารได้โดยใช้สารละลายไบยูเรต ซึ่งก็คือสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$) เจือจางในสารละลายเบส สารละลายดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนของสายเพปไทด์ ได้สารสีน้ำเงินม่วง ซึ่งเป็นสีของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในสารที่มีไดเพปไทด์ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป เรียกการทดสอบนี้ว่า การทดสอบไบยูเร็ต (biuret test)

โมเลกุลของกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชันก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เป็นโครงสร้างพื้นฐาน โปรตีนในร่างกายของคนประกอบด้วยกรดอะมิโนหลัก

20 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างต่างกันที่หมู่ R ทำให้กรดอะมิโนมีความแตกต่างกัน ทั้งรูปร่าง ขนาด ความมีขั้ว และประจุ เช่น ถ้าหมู่ R มีจำนวนคาร์บอน (C) มากจะทำให้กรดอะมิโนมีขนาดใหญ่ หรือถ้าหมู่ R มีขั้ว และมีประจุจะทำให้กรดอะมิโนแสดงคุณสมบัติละลายน้ำได้ กรดอะมิโนบางชนิดร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้ แต่บางชนิดสังเคราะห์เองไม่ได้ ต้องได้รับจากภายนอกเท่านั้น ซึ่งเรียกว่า กรดอะมิโนจำเป็น ได้แก่ เมไทโอนีน ทรีโอนีน ไลซีน เวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ทริปโตเฟน และฮีสติดีน

6. วิธีการจัดการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม ChemDraw มีขั้นตอนดังนี้

ชั่วโมงที่ 1

1. ขั้นสร้างแบบจำลอง

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้น

คำถาม	แนวคำตอบ
- ตอนเช้ากินข้าวกับอะไรมาคะ	- ผัดกระเพา ข้าวมันไก่ ไข่ต้ม ฯลฯ (อาหารต่าง ๆ)
- นักเรียนคิดว่าอาหารที่นักเรียนกินเข้าไปมีสารอาหารประเภทใดเป็นองค์ประกอบบ้าง	- โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ ฯลฯ
- ให้นักเรียนยกตัวอย่างอาหารที่มีโปรตีนในชีวิตประจำวันที่ตนเองรู้จัก	- ผัดกระเพา ข้าวมันไก่ ไข่ต้ม ถั่วต้ม ฯลฯ - (อาหารต่าง ๆ)
- เราจะพบโปรตีนได้ตามแหล่งใดบ้าง	- เนื้อสัตว์ ไข่ไก่ นม ถั่วต่าง ๆ
- เราจะรู้ได้อย่างไรว่าอาหารที่เรารับประทานเข้าไปมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ	- กินแล้วแข็งแรง มีพลังงาน - ทดสอบโดยใช้สารละลายไบยูเร็ต

1.2 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม ๆ ละ 5-6 คน พร้อมชี้แจงว่าวันนี้เราจะมาทำการทดสอบโปรตีนในอาหารกัน

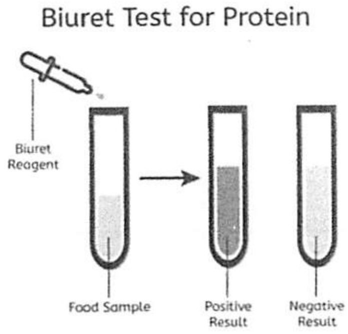
1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองกิจกรรมที่ 5.2 การทดสอบโปรตีนในอาหาร ในหนังสือเรียนเคมีพื้นฐาน สสวท. ดังนี้

(1) ใส่ไข่ขาวดิบ 1 cm3 ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2.5 mol/dm3 จำนวน 1 cm3

(2) เติมสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต 0.1 mol/dm3 ลงไป 5 หยด สังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลง

(3) ทำการทดลองซ้ำในข้อ 1 และ 2 แต่ใช้สารอาหารอื่น ๆ ที่นักเรียนสนใจ เช่น นมถั่วเหลือง นมสด น้ำมันพืช ข้าวเจ้าบดละเอียด เป็นต้น สังเกตและบันทึกผล

1.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลอง ร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการทดลองลงในใบงานการทดลอง



ตัวอย่างผลการทดลองการทดสอบโปรตีนในอาหาร

1.5 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายหลังการทดลอง โดยมีแนวทางการอภิปรายดังนี้

"อาหารที่นำมาทดสอบ ถ้ามีโปรตีนอยู่ด้วยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีชมพูม่วงเหมือนกัน ถ้าไม่มีโปรตีนอยู่ด้วย สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตจะไม่เปลี่ยนสี"

1.6 ครูตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองความคิดของนักเรียน ดังนี้ "สีชมพูม่วง ที่เกิดขึ้น เกิดจากอะไร และเป็นสีของสารใด"

ชั่วโมงที่ 2 - 3

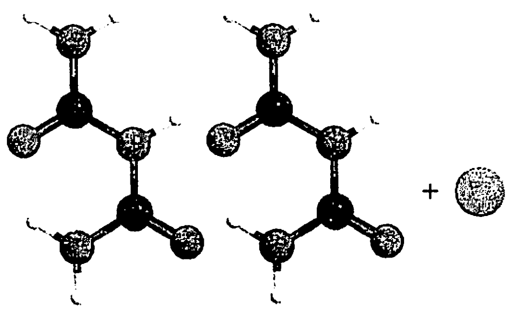
<u>2. ขั้นการแสดงออกแบบจำลอง</u>

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวาดแบบจำลองสามมิติ แสดงการเกิดสารสีชมพูม่วงจากการทดสอบไบยูเร็ต โดยใช้โปรแกรม Chem Draw

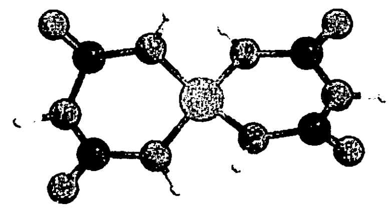
2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองสามมิติแสดงการเกิดสารสีชมพูม่วงจากการทดสอบไบยูเร็ต ของกลุ่มตนเองผ่านโปรแกรม Chem Draw พร้อมทั้งอธิบายแบบจำลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเกิดสารสีชมพูม่วงจากการทดสอบไบยูเร็ต เพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

"การที่สีของสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสารละลายสีฟ้าเป็นสีชมพูม่วง เนื่องจากพันธะเพปไทด์ในโปรตีนจะทำปฏิกิริยากับสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตในเบส เกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่มีสีม่วง ดังภาพ"



2 peptide bond + Cu^{2+}

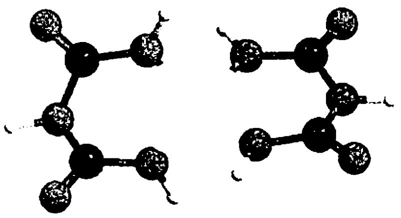


Violet complex

ชั่วโมงที่ 4

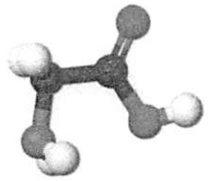
<u>3. ขั้นการทดสอบแบบจำลอง</u>

3.1 ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อเชื่อมโยงไปถึงโครงสร้างของโปรตีน โดยใช้แบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้สร้างข้างต้นประกอบการตอบคำถาม

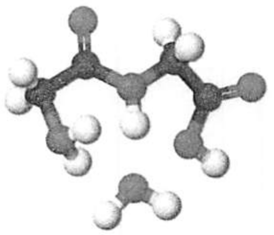
- จากแบบจำลองสามมิติที่นักเรียนได้วาดส่วนใด คือโครงสร้างของโปรตีน	
- โปรตีนมีธาตุใดเป็นองค์ประกอบ	- ธาตุ C, H, O และ N เป็นองค์ประกอบหลัก
- หน่วยย่อยของโปรตีนคืออะไร	- กรดอะมิโน

- หน่วยย่อยของโปรตีนเชื่อมต่อกันอย่างไร ด้วยพันธะชนิดใด	- เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ระหว่างอะตอมของ C ในหมู่คาร์บอกซิลของกรดอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของ N ในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง

3.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงออกแบบจำลองสามมิติอีกครั้ง โดยใช้โปรแกรม Chem Draw ในการสร้างแบบจำลองของกรดอะมิโน และการเกิดพันธะเพปไทด์

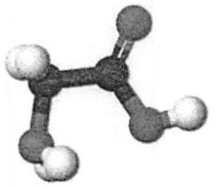


ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติ ของกรดอะมิโน

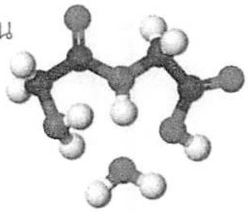


ตัวอย่างแบบจำลอง 3 มิติ การเกิดพันธะเปปไทด์

3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองสามมิติแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง โดยครูใช้คำถามดังนี้

คำถาม	แนวคำตอบ
- โครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนที่นักเรียนสร้าง ประกอบด้วยอะไรบ้าง	
- นักเรียนคิดว่าองค์ประกอบใดในโครงสร้างของกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่มีเหมือนกันและแตกต่างกัน	- เหมือนกัน คือ หมู่อะมิโน (-NH_3) อย่างน้อย 1 หมู่และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) อย่างน้อย 1 หมู่ เกาะที่คาร์บอนตัวเดียวกัน - แตกต่างกัน คือ โซ่ข้าง (side chains)
- นักเรียนคิดว่าองค์ประกอบใดในโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโนจะมีผลต่อสมบัติของกรดอะมิโน	- โซ่ข้าง (side chains) เป็นส่วนที่ทำให้กรดอะมิโนแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน

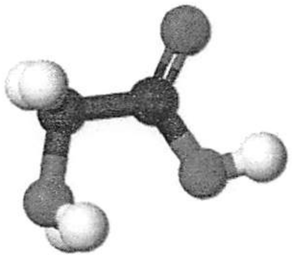
3.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองสามมิติแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีน โดยใช้คำถาม ดังนี้

คำถาม	แนวคำตอบ
- พันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบใดของกรดอะมิโน	- เชื่อมระหว่าง C ในหมู่คาร์บอกซิล กับ N ในหมู่อะมิโน 
- นักเรียนคิดว่าการเกิดพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน มีผลิตภัณฑ์อะไรเกิดขึ้นบ้าง	- ปฏิกิริยาระหว่าง –OH ในหมู่คาร์บอกซิล กับ –H ในหมู่อะมิโน จะผลิตภัณฑ์คือ H_2O
- นักเรียนคิดว่าโปรตีนแต่ละชนิดประกอบด้วยกรดอะมิโนที่เหมือนกันและมีจำนวนเท่ากันหรือไม่	- ไม่เหมือนและมีจำนวนต่างกัน

3.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้แบบจำลองสามมิติของตนเองอธิบายความแตกต่างของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ โดยอธิบายถึงตำแหน่งที่กรดอะมิโนแสดงชนิดที่แตกต่างกัน

<u>แนวการอธิบาย</u>

สูตรทั่วไปของกรดอะมิโน



โดย R คือ โซ่ข้าง (side chains) เป็นกลุ่มอะตอมของธาตุต่าง ๆ

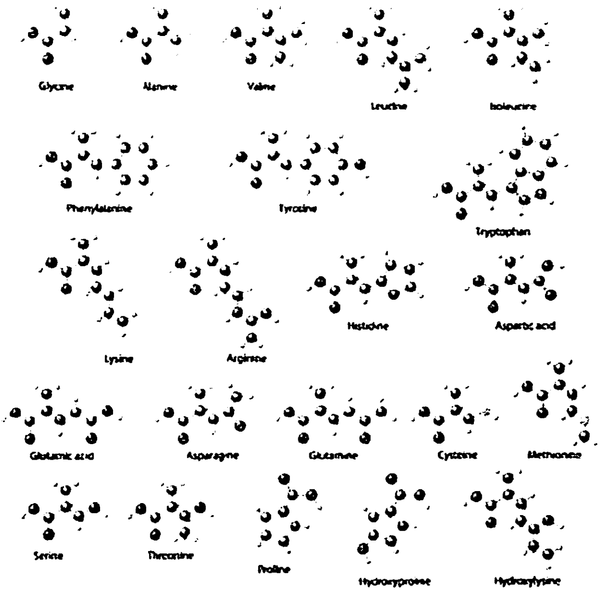
อะตอมสีดำ คือ คาร์บอน (C)

อะตอมสีน้ำเงิน คือ ไนโตรเจน (N)

อะตอมสีแดง คือ ออกซิเจน (O)

อะตอมสีขาว คือ ไฮโดรเจน (H)

ตำแหน่งที่บ่งบอกชนิดของกรดอะมิโนคือ R หรือ โซ่ข้าง (side chains) ดังนั้นกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ จะแตกต่างกันที่ตำแหน่ง R



ตัวอย่าง แบบจำลองสามมิติของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ

3.6 หากแบบจำลองสามมิติของนักเรียนกลุ่มใดไม่สามารถอธิบายประเด็นดังกล่าวข้างต้นได้ ต้องกลับไปแก้ไขแบบจำลองใหม่อีกครั้ง

ชั่วโมงที่ 5

<u>4. ขั้นการประเมินแบบจำลอง</u>

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองของกลุ่มตนเองอีกครั้งเพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นถูกต้องหรือไม่

4.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรดอะมิโนจำเป็น

"กรดอะมิโนเพียง 8 ชนิดเท่านั้นที่ถือว่าเป็นกรดอะมิโนจำเป็น เพราะร่างกายจะไม่สามารถขึ้นเองได้ ต้องได้รับจากการรับประทานอาหารต่าง ๆ รวมไปถึงอาหารเสริม และยังมีกรดอะมิโนจำเป็นตัวที่ 9 ที่มีชื่อว่าฮิสทิดีนซึ่งจัดเป็นกรดอะมิโนจำเป็นเฉพาะในเด็กและทารกเท่านั้น ส่วนกรดอะมิโนไม่จำเป็นนั้นร่างกายสามารถสร้างขึ้นเองได้

- ทริปโตเฟน (Tryptophan) ลดความเครียด บรรเทาอาการไมเกรน ช่วยส่งเสริมการนอนหลับอย่างเป็นธรรมชาติ
- ทรีโอนีน (Threonine) ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน ช่วยเผาผลาญไขมัน และมีส่วนสำคัญในการสร้างกรดอะมิโนอย่างไกลซีนและเซรีน
- ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) เพิ่มความตื่นตัว เสริมความจำ บรรเทาอาการซึมเศร้า ลดความอยากอาหาร และช่วยเพิ่มความสนใจในเรื่องเพศ

- เมไธโอนีน (Methionine) เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระอันทรงพลัง และช่วยในการย่อยสลายไขมัน
- ลิวซีน (Leucine) ช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง เพิ่มพลังให้กล้ามเนื้อและช่วยให้เซลล์ประสาทแข็งแรงขึ้น
- ไลซีน (Lysine) ช่วยเสริมสมาธิ ช่วยป้องกันโรคเริมและโรคกระดูกพรุน บรรเทาปัญหาด้านการสืบพันธุ์
- วาลีน (Valine) ช่วยกระตุ้นสมรรถนะของสมองและช่วยการประสานกันของกล้ามเนื้อ
- ไอโซลิวซีน (Isoleucine) ช่วยเสริมสร้างการเจริญเติบโตและเสริมสร้างการทำงานของระบบประสาท ช่วยพัฒนาการเรียนรู้
- ฮิสทิดีน (Histidine) เป็นกรดอะมิโนจำเป็น สำหรับทารกและเด็กเท่านั้น*"

4.3 ครูให้คะแนนชิ้นงานแบบจำลองสามมิติของนักเรียนที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Chem Draw

4.4 นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิดและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

- โปรแกรม ChemDraw
- อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์กิจกรรมที่ 5.2 การทดสอบโปรตีนในอาหาร
- ใบงานการทดลอง
- ใบงาน เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์
- ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้วัด	รูบริค
ด้านความรู้ (K) 1. นักเรียนระบุธาตุองค์ประกอบหลักและหน่วยย่อยของโปรตีนได้ 2. นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนได้ 3. นักเรียนอธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้ 4. นักเรียนอธิบายวิธีทดสอบโปรตีนในอาหารได้	- นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล - นักเรียนทำใบงานเรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์และใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ - ครูสัมภาษณ์นักเรียน	- แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล - ใบงานเรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ - ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ - แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์	- นักเรียนร้อยละ 60 มีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง - นักเรียนได้คะแนนมากกว่า 60%
ด้านทักษะ (P) 1. นักเรียนสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน และแสดงพันธะเพปไทด์ที่เชื่อมกรดอะมิโนเข้าด้วยกันเป็นโซ่ยาวของโปรตีนได้	- ครูประเมินชิ้นงานนักเรียน	- แบบประเมินชิ้นงาน	- มากกว่าระดับ ดี ถือว่าผ่าน

2. นักเรียนสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคอปเปอร์ (II) ไอออนกับไนโตรเจนในการทดสอบโปรตีนในอาหารได้			
<u>ด้านจิตพิสัย (A)</u> 1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นและตั้งใจในการเรียน	- ครูสังเกตนักเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	- มากกว่าระดับ ดี ถือว่าผ่าน

๙. บันทึกหลังสอน

การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และไม่เรียนรู้

....

....

....

....

....

....

....

....

....

การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้

....

....

....

....

....

....

....

....

....

หลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเรียนรู้และไม่เรียนรู้

....

....

....

....

....

....

....

ปัญหาของการจัดการเรียนรู้

....

....

....

....

....

....

สาเหตุของปัญหาการจัดการเรียนรู้

....

....

....

....

....

....

แนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

....

....

....

....

....

....

....

ลงชื่อ .... ผู้ประเมิน
(นางสาวนิลุบล สาระ)
ครูผู้สอนเคมี (คศ.1)
วันที่ประเมิน ....

ลงชื่อ .... ผู้ตรวจสอบ
(นางสาวสมรัศมิ์ สายทอง)
ครูเคมีในโรงเรียน (คศ.3)
วันที่ประเมิน.......................................

แบบประเมินชิ้นงานแบบจำลอง

กลุ่มที่ .... เรื่องที่สอน .... ชั้น ....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนน
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	
1. ความถูกต้องของแบบจำลอง	วาดแบบจำลองที่มีชนิดของอะตอม จำนวนอะตอมแต่ละชนิด สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	วาดแบบจำลองที่มีชนิดของอะตอม จำนวนอะตอมแต่ละชนิด สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	วาดแบบจำลองที่มีชนิดของอะตอม จำนวนอะตอมแต่ละชนิด สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	
2. อธิบายสถานการณ์ที่ศึกษาได้	วาดแบบจำลองที่แสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	วาดแบบจำลองที่แสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	วาดแบบจำลองที่แสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	

ลงชื่อ .... ผู้ประเมิน

(นางสาวนิลุบล สาระ)

วันที่ ....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

กลุ่มที่	หัวข้อการประเมิน																				รวม
	การตอบคำถาม				ความตั้งใจเรียน				การช่วยเหลือเพื่อนสมาชิก				การเข้าเรียน				การส่งงาน				
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					

ระดับคุณภาพ

คะแนน 12 – 15 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 8 – 11 หมายถึง ดี

คะแนน 4 – 7 หมายถึง พอใช้

คะแนน 0 - 3 หมายถึง ปรับปรุง

ลงชื่อ... ผู้ประเมิน

(นางสาวนิลุบล สาระ)

วันที่........../.........../..........

รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หัวข้อการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
1. การตอบคำถาม	มีส่วนร่วมในการตอบคำถามทุกครั้ง และตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง	มีส่วนร่วมในการตอบคำถามบางครั้ง และตอบคำถามอย่างถูกต้อง	มีส่วนร่วมในการตอบคำถามบางครั้ง แต่ตอบคำถามไม่ถูกต้อง	ไม่มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม
2. ความตั้งใจเรียน	- ตั้งใจฟังที่ครูสอน - ตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมาย - ถามเมื่อมีข้อสงสัย - ไม่ส่งเสียงดังหรือหยอกล้อกันขณะเรียน - ไม่เล่นโทรศัพท์มือถือขณะเรียน	ขาด 1 คุณลักษณะ หรือไม่ชัดเจน	ขาด 2 คุณลักษณะ หรือไม่ชัดเจน	ขาดมากกว่า 2 คุณลักษณะขึ้นไป หรือไม่ชัดเจน
3. ความซื่อสัตย์	ตอบคำถาม บันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง ไม่ลอกงานผู้อื่น	ตอบคำถาม บันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง แต่ลอกงานผู้อื่น	ตอบคำถามและบันทึกผลการทดลองบิดเบือนความเป็นจริง และลอกงานผู้อื่น	ไม่ตอบคำถาม และ บันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง
4. การเข้าเรียน	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนช้า 1-5 นาที	เข้าเรียนช้า 6-10 นาที	เข้าเรียนช้ามากกว่า 10 นาที
5. การส่งงาน	ส่งงานตามกำหนดเวลา	ส่งงานล่าช้า แต่ส่งภายในวันที่กำหนด	ส่งงานล่าช้า 1 วัน	ส่งงานล่าช้ามากกว่า 1 วัน

ใบงาน เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน ได้แก่อะไรบ้าง

   ....

2. หน่วยย่อยของโปรตีน คืออะไร

   ....

3. กรดอะมิโนจำเป็น คืออะไร และประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

   ....

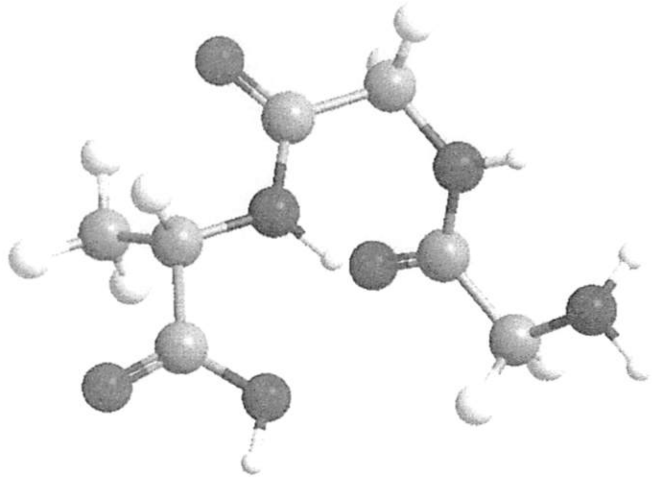
   ....

   ....

4. เราสามารถทดสอบไข่ขาว ไข่แดง และน้ำเต้าหู้ โดยใช้อะไร

   ....

5. จงพิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้



ก. มีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ

....

ข. เกิดจากกรดอะมิโนกี่โมเลกุล

....

ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ (งานเดี่ยว)

ชื่อ .... **ชั้น** .... **เลขที่** ....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

ภาพวาดแบบจำลอง 2 มิติ แสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ (งานกลุ่ม)

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง พิจารณาข้อความต่อไปนี้

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกระอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง

วาดภาพแบบจำลองแสดงพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นโซ่ยาวของโปรตีน

เฉลย ใบงาน เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ธาตุองค์ประกอบหลักของโปรตีน ได้แก่อะไรบ้าง

   ....คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O) และ ไนโตรเจน (N)..............

2. หน่วยย่อยของโปรตีน คืออะไร ....กรดอะมิโน......................

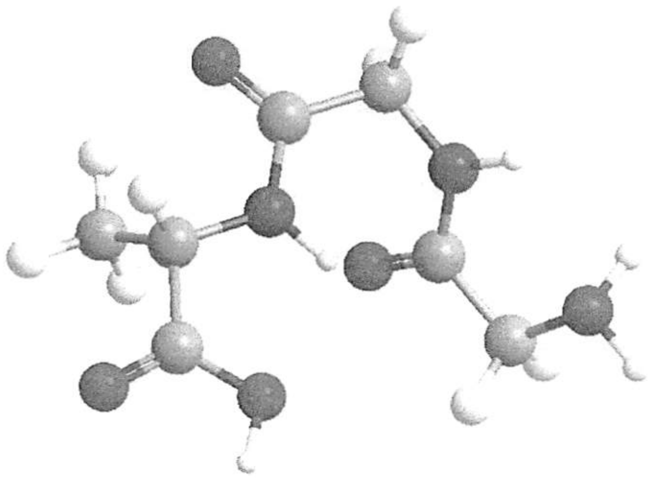
3. กรดอะมิโนจำเป็น คืออะไร และประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

   กรดอะมิโนจำเป็น คือกรดอะมิโนที่ร่างกายจะไม่สามารถขึ้นเองได้ ต้องได้รับจากการรับประทานอาหารต่าง ๆ รวมไปถึงอาหารเสริมเท่านั้น ประกอบไปด้วย ฮิสทิดีน (Histidine), ไอโสลิวซีน (Isoleucine), ลิวซีน (Leucine), ไลซีน (Lysine), เมไธโอนีน (Methionine), ฟีนีลอะลานีน (Phenylalanine), ธรีโอนีน (Threonine), ทริปโทฟาน (Tryptophan), วาลีน (Valine)

4. เราสามารถทดสอบไข่ขาว ไข่แดง และน้ำเต้าหู้ โดยใช้อะไร

   ....ทดสอบโดยใช้สารละลายไบยูเร็ต..

5. จงพิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้



ก. มีพันธะเพปไทด์กี่พันธะ ....2 พันธะ..............................

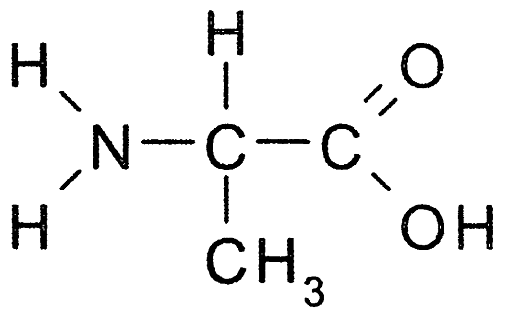
ข. เกิดจากกรดอะมิโนกี่โมเลกุล ....3 โมเลกุล..............................

เฉลย ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์
(งานเดี่ยว)

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน

ภาพวาดแบบจำลอง 2 มิติ แสดงโครงสร้างทั่วไปของกรดอะมิโน



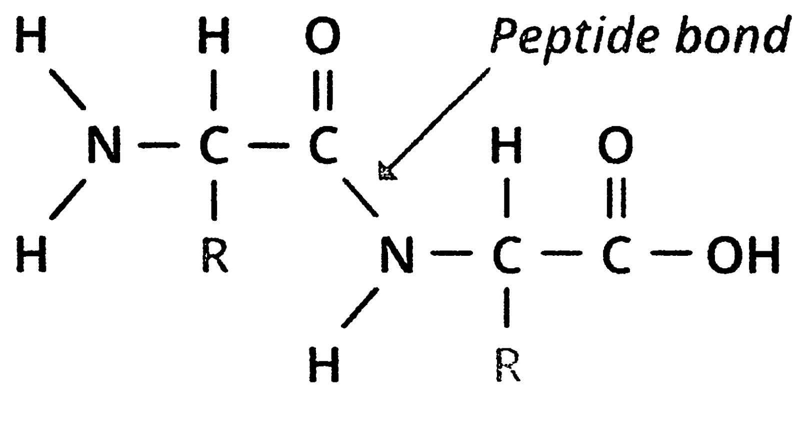
เฉลย ใบงานการสร้างแบบจำลองความคิด เรื่อง กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์
(งานกลุ่ม)

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....
ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....
ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....
ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....
ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง พิจารณาข้อความต่อไปนี้

โปรตีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ ซึ่งเป็นพันธะโคเวเลนต์ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลของกระอะมิโนโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของไนโตรเจนในหมู่อะมิโนของกรดอะมิโนอีกโมเลกุลหนึ่ง

วาดภาพแบบจำลอง 2 มิติ แสดงพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโนเป็นโซ่ยาวของโปรตีน



แบบวัดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุล

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยเรื่อง "การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม Chem Draw" โดยมีผู้วิจัย คือ นางสาวนิลุบล สาระ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดจะถูกนำเสนอในภาพรวมและไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ตอบแบบวัดแต่อย่างใด จึงขอความ กรุณาท่านตอบคำถามทุกข้อด้วยความตั้งใจ

แบบวัด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังของผู้ตอบแบบวัด จำนวน 4 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบจำลองความคิดของนักเรียนในเรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 9 ข้อ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังของผู้ตอบแบบวัด

<u>คำชี้แจง</u> เติมข้อมูลของท่านลงในช่วงว่างที่กำหนดให้ หรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

1. ชื่อ .... นามสกุล ....
2. โรงเรียน .... ชั้น ....
3. เกรดเฉลี่ยวิชาเคมี ....
4. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ส่วนที่ 2 แบบจำลองความคิดของนักเรียนในเรื่อง สารชีวโมเลกุล

คำชี้แจง แสดงความคิดเห็น และวาดภาพแสดงแบบจำลองความคิดของท่าน ลงในที่ว่างใต้คำถามแต่ละข้อ พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

1. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

> คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่มีความสำคัญอย่างมาก เป็นองค์ประกอบหลักของผิวหนัง ทำหน้าที่เชื่อมเซลล์ทุก ๆ เซลล์ในร่างกายไว้ด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ และร่างกายที่สมบูรณ์ขึ้นมาได้ คอลลาเจนจึงมีปริมาณถึง 1 ใน 3 ของโปรตีนในร่างกาย เพราะเป็นโครงสร้างในส่วนที่ยืดหยุ่นของร่างกาย
>
> เมื่ออายุมากขึ้น คอลลาเจนในร่างกายและผิวหนังจะเสื่อมสภาพไป ร่างกายสร้างคอลลาเจนได้น้อยลง จึงเป็นเหตุให้ผิวหนังเหี่ยวย่น แต่ข้อมูลเรื่องการบริโภคคอลลาเจนจากแหล่งอื่น ๆ จะเสริมสร้างคอลลาเจนในร่างกายได้นั้น เป็นข้อมูลที่บิดเบือนความจริงโดยใช้คำว่า "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนัง ซึ่งไม่ใช่การโกหกแต่อย่างใด เพราะการกินคอลลาเจนร่างกายจะได้รับ .... ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างโปรตีนทุกชนิด รวมทั้งคอลลาเจนด้วย แต่นั้นไม่ได้หมายความว่าสารตั้งต้นที่ได้รับจะถูกนำไปสร้างเป็นคอลลาเจน ในผู้สูงอายุร่างกายมีการสร้างคอลลาเจนที่ผิวหนังน้อยลง ไม่ได้เป็นเพราะขาดโปรตีน ที่เป็นวัตถุดิบในการสร้าง แต่เพราะกลไกต่าง ๆ ในการสร้างคอลลาเจนเสื่อมไปตามอายุ ดังนั้นการกินโปรตีนเพิ่มขึ้นจึงแทบจะไม่ "ช่วยเสริมสร้าง" คอลลาเจนในผิวหนังเลย

จากข้อความข้างต้น นักเรียนคิดว่าหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจนที่ร่างกายสามารถดูดซึมเข้าไปใช้งานได้มีโครงสร้างเป็นแบบใด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

<u>หน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของโปรตีนคอลลาเจน</u>

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไป

เด็กชายภูตะวัน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ต้องการทราบว่า สาร Unknown ที่ได้รับจากคุณครู มีองค์ประกอบของ .... หรือไม่ เขาจึงทำการทดสอบด้วยปฏิกิริยาไบยูเร็ต โดยการเติมสารละลาย $CuSO_4$ ในสารละลายเบส NaOH ลงไปในสาร Unknown ที่อยู่ในหลอดทดลอง ผลการทดลองพบว่า เกิดสารสีน้ำเงินม่วงขึ้นในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Cu^{2+} กับ ไนโตรเจนในสารที่มี ....ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของสาร Unknown ที่ทดสอบด้วยปฏิกิริยาไบยูเร็ตแล้วเกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินม่วงขึ้น พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ โดยให้นักเรียนสมมติสาร Unknown ขึ้นเองให้เหมาะสม

<u>โครงสร้างของสาร Unknown ที่ทดสอบด้วยปฏิกิริยาไบยูเร็ตแล้วเกิดสารเชิงซ้อนสีน้ำเงินม่วง</u>

3. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

น้ำตาล .... มีอยู่ในธรรมชาติทั่วไป ในพืช ผัก ผลไม้ องุ่น ข้าวโพด น้ำผึ้ง มีอะตอม C อยู่ 6 อะตอม ตามสูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_n$ เป็นน้ำตาลที่สลายให้พลังงานมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต มีความหวานเป็นที่สองรองจากน้ำตาลฟรักโทส ทางการแพทย์ใช้น้ำตาลชนิดนี้เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการใช้อย่างรวดเร็ว เช่น ในคนป่วยที่อ่อนแอ น้ำตาลชนิดนี้เป็นน้ำตาลชนิดเดียวในกระแสเลือดของมนุษย์ที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตจึงเรียกว่าน้ำตาลในเลือด (blood sugar) เซลล์จำนวนมากใช้ไขมันและโปรตีนในการสร้างพลังงานได้อย่างไรก็ดี เนื้อเยื่อประสาทใช้น้ำตาลชนิดนี้อย่างเดียวเท่านั้น ส่วนในสัตว์มักพบน้ำตาลชนิดนี้มีอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากเป็นสารที่จำเป็นต้องใช้ในการเปลี่ยนโมเลกุลของไขมันและโปรตีนเป็นคาร์โบไฮเดรต

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของน้ำตาลที่สลายให้พลังงานมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

<u>โครงสร้างของน้ำตาลที่สลายให้พลังงานมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต</u>

4. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

น้ำตาล .... หรือน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลอ้อย มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นน้ำตาลที่เรารับประทานกันมากกว่าคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นๆ เมื่อน้ำตาลชนิดนี้แตกตัวหรือถูกย่อยจะให้น้ำตาลกลูโคสกับน้ำตาลฟรักโทสอย่างละ 1 โมเลกุล คนไทยบริโภคน้ำตาลประมาณคนละ 10 กิโลกรัม/ ปี เพื่อนำมาใช้ประกอบอาหารเกือบทุกชนิด น้ำตาลชนิดนี้พบมากในอ้อย หัวบีต และผลไม้ที่มีรสหวานเกือบทุกชนิด

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลอ้อย พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ ในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

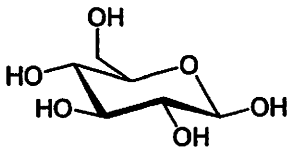
<u>โครงสร้างของน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลอ้อย</u>

5. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

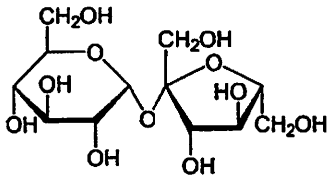
.... เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลที่ต่อกันเป็นโซ่ยาวของกลูโคส พบมากในพืช เพื่อทำหน้าที่เสริมโครงสร้างของลำต้นและกิ่งก้านของพืช ผักและผลไม้ให้แข็งแรง ร่างกายคนเราไม่สามารถย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตชนิดนี้ได้ แต่จะมีการขับถ่ายออกมาในลักษณะของกากเรียกว่า เส้นใยอาหาร ช่วยกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทำให้ขับถ่ายสะดวก พืชประเภทผัก และถั่ว ผลไม้จัดเป็นแหล่งที่ให้เส้นใยอาหาร เพราะมีเซลลูโลสอยู่ปริมาณสูง ดังนั้นจึงควรกินเป็นประจำทุกวัน คาร์โบไฮเดรตชนิดนี้เมื่อย่อยจะแตกตัวออกให้น้ำตาลกลูโคส สัตว์ที่กินหญ้าจะสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตชนิดนี้ได้โดยอาศัยแบคทีเรียในกระเพาะอาหารเป็นตัวย่อย เมื่อย่อยแล้วจะได้น้ำตาลกลูโคส แต่ถ้าสลายไม่สมบูรณ์ จะได้เป็นน้ำตาลเซลโลไบโอส คาร์โบไฮเดรตชนิดนี้เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ เพราะมีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,250-12,500 โมเลกุล

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนพิจารณาโครงสร้างต่อไปนี้ โครงสร้างใดเป็นโครงสร้างของคำตอบจากข้อความด้านบน พร้อมเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ

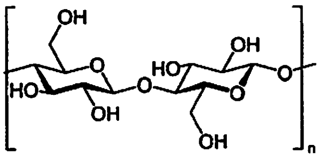
ก.



ข.



ค.



....

....

....

....

6. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

...........................เป็นเอสเทอร์ที่มีสถานะของแข็ง ส่วน .... เป็นเอสเทอร์ประเภทของเหลวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม สารชนิดนี้พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีมวลโมเลกุลมาก (โดยมี C-atom ตั้งแต่ 14 อะตอมขึ้นไป) กับกลีเซอรอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ OH ถึง 3 หมู่

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างสารพื้นฐานของ Unknown ชนิดนี้ ที่เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันกับกลีเซอรอล พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

<u>โครงสร้างของสาร Unknown เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันกับกลีเซอรอล</u>

7-8. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

> น้ำมันประเภท(8) .... จะเกิดอนุมูลอิสระได้มาก เนื่องจากมีพันธะคู่ จึงเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย ดังนั้นในการปรุงอาหารที่มีการให้ความร้อนนาน ๆ เช่น การทอด จึงควรใช้น้ำมันประเภท (7) .... เพราะจะเกิดอนุมูลอิสระได้ยากกว่า แต่ถ้าให้ความร้อนไม่นาน เช่น การผัด สามารถใช้น้ำมันประเภท (8) .... ได้

จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอดและการผัด พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ โดยให้นักเรียนสมมติหมู่แอลคิล (R) ในโครงสร้างของน้ำมันขึ้นเองให้เหมาะสม

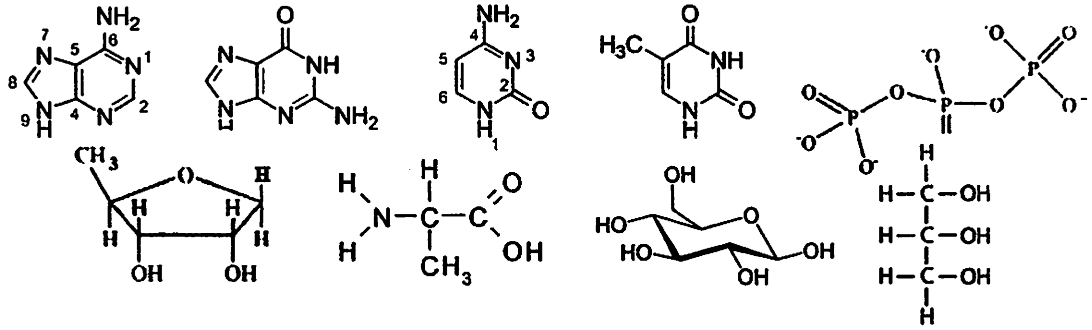
<u>โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอด (7)</u>

<u>โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการผัด (8)</u>

9. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้

> สารพันธุกรรมเป็นสารชีวโมเลกุลประเภท .... ซึ่งมีหน้าที่เป็นหน่วยบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และมีบทบาทในการถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นพ่อและแม่ไปสู่รุ่นลูก สารพันธุกรรมสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) ประกอบไปด้วยน้ำตาลเพนโตส ไนโตรเจนเบส และหมู่ฟอสเฟต
>
> ในมนุษย์มีดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรม ซึ่งมีลักษณะเป็นสายยาวสองสาย พันกันเป็นเกลียวคู่ สายดีเอ็นเอของแต่ละเซลล์จะอยู่ร่วมกับโปรตีนเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นสายยาว เรียกว่า โครมาทิน (chromatin) และเมื่อเซลล์เข้าสู่กระบวนการแบ่งตัว โครมาทินจะมีการพันตัวเป็นเกลียวหนามากขึ้นจนกลายเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า โครโมโซม (chromosome)

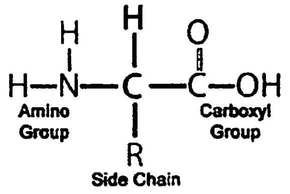
จากข้อความข้างต้น ให้นักเรียนเขียนโครงสร้างของคำตอบด้านบน พร้อมอธิบายแต่ละส่วนของโครงสร้าง เมื่อกำหนดโครงสร้างของสารชนิดต่าง ๆ ให้ดังนี้



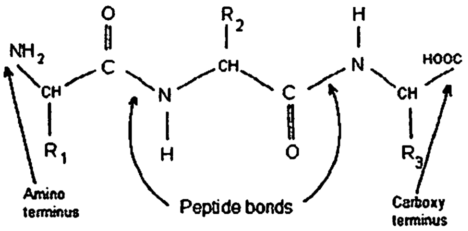
<u>โครงสร้างของ ....</u>

เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบจำลองความคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล

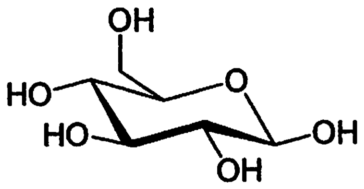
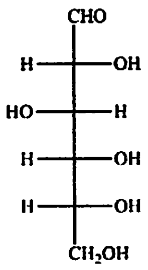
ข้อที่ 1 แนวคิดย่อย โครงสร้างพื้นฐานของกรดอะมิโน

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	กรดอะมิโน  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "โมเลกุลขอกรดอะมิโนประกอบด้วยหมู่ฟังชันก์ 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) กรดอะมิโนแต่ละชนิดมีโครงสร้างต่างกันที่หมู่ R"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

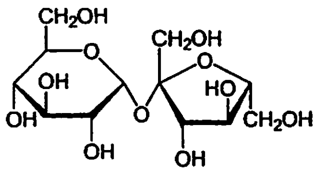
ข้อที่ 2 แนวคิดย่อย การเกิดพันธะเพปไทด์และตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีน

ประเภทแบบจำลองความคิด	**แนวคำตอบ**
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	กรดอะมิโน และ พันธะเพปไทด์  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "พันธะเพปไทด์เกิดเชื่อมระหว่าง C ในหมู่คาร์บอกซิล กับ N ในหมู่อะมิโน กรดอะมิโน 3 โมเลกุล เกิดพันธะเพปไทด์ 2 พันธะ"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

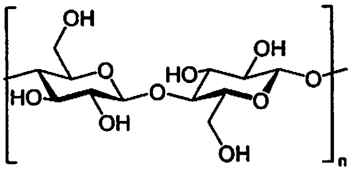
ข้อที่ 3 แนวคิดย่อย โครงสร้างของมอนอแซ็กคาไรด์

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	น้ำตาลกลูโคส  หรือ  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "น้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว มีคาร์บอน 6 อะตอม หากเป็นโซ่เปิดมีสูตรโมเลกุลคือ $C_nH_{2n}O_n$"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

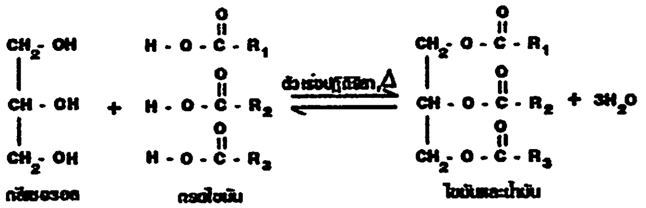
ข้อที่ 4 แนวคิดย่อย โครงสร้างของไดแซ็กคาร์ไรด์

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	น้ำตาลซูโคส  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "น้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลกลูโคส"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

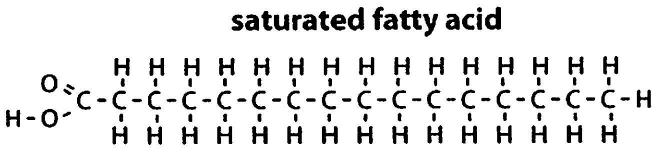
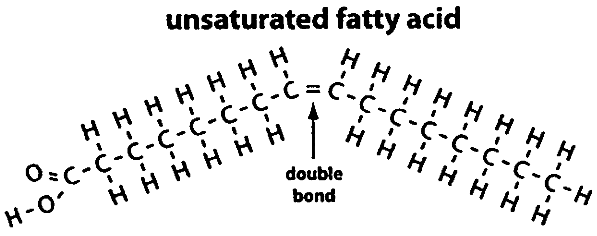
ข้อที่ 5 แนวคิดย่อย โครงสร้างของพอลิแซ็กคาไรด์

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	เซลลูโลส นักเรียนเลือกภาพ ค.  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "เซลลูโลส เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 1,250-12,500 โมเลกุล ภาพ ก. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล ภาพ ข. เป็นโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส จึงไม่ใช่โครงสร้างของเซลลูโลส"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

ข้อที่ 6 แนวคิดย่อย องค์ประกอบและโครงสร้างของไขมันและน้ำมัน

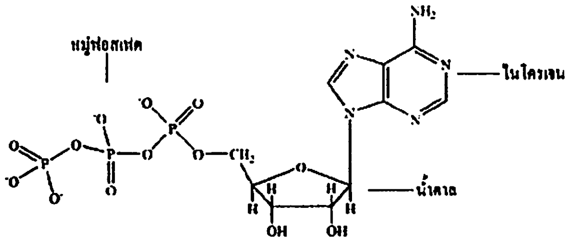
ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	1. ไขมัน 2. น้ำมัน  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "ไขมันและน้ำมันเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกลีซอรอล 1 โมเลกุล กับ กรดไขมัน 3 โมเลกุล เกิดเป็นไขมันและน้ำมัน 1 โมเลกุล และน้ำ 3 โมลเลกุล"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้อง ครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

ข้อที่ 7-8 แนวคิดย่อย รูปร่างของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน โดยนักเรียนสามารถสมมติหมู่แอลคิล (R) ได้ตามความเหมาะสม นักเรียนอธิบายเหตุผลครบถ้วน สมบูรณ์ 1. ไขมันประเภทไม่อิ่มตัว 2. ไขมันประเภทอิ่มตัว 3. ไขมันประเภทไม่อิ่มตัว <u>โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการทอด</u>  "น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภททอด เนื่องจากมีพันธะเดี่ยว เกิดอนุมูลอิสระได้ยาก สามารถใช้ความร้อนมากในการประกอบอาหารได้" <u>โครงสร้างของน้ำมันที่เหมาะสมกับการปรุงอาหารด้วยการผัด</u>  "น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว เหมาะสมกับการปรุงอาหารประเภทผัด เนื่องจากมีพันธะคู่ จึงเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย ต้องใช้ความร้อนน้อย ๆ ในการประกอบอาหาร"

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบายเหตุผล อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายเหตุผลไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

ข้อที่ 9 แนวคิดย่อย โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

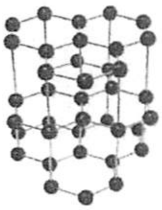
ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental model; CM)	1. กรดนิวคลีอิก <u>โครงสร้างของกรดนิวคลีอิก</u>  นักเรียนอธิบายครบถ้วน สมบูรณ์ "โมเลกุลของกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ซึ่งโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน ได้แก่ 1. หมู่ฟอสเฟต (ภาพที่ 5) 2. น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม (ภาพที่ 6) 3. เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด แตกต่างกันที่องค์ประกอบที่เป็นเบส (ภาพที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือ 4)"
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental model; ICM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนอธิบาย อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อธิบายได้ไม่สมบูรณ์
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental model; CFM)	นักเรียนตอบคำถาม หรือ วาดภาพแบบจำลอง อย่างใดอย่างหนึ่งถูกต้อง แต่เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง
4. แบบจำลองความคิดไม่ถูกต้อง (Flawed mental model; FM)	นักเรียนตอบคำถาม และ วาดภาพแบบจำลอง ไม่ถูกต้อง และเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง

ประเภทแบบจำลองความคิด	แนวคำตอบ
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model; IM)	นักเรียนตอบคำถาม และวาดภาพแบบจำลอง ไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม และเขียนอธิบายไม่เชื่อมโยงกับข้อคำถาม
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response; NO)	ไม่แสดงคำตอบและไม่วาดภาพใด ๆ

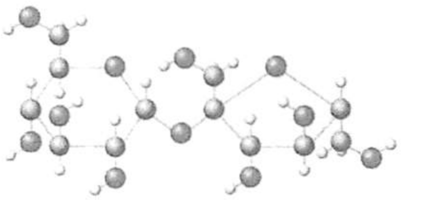
แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล

กำหนด อะตอมสีดำ คือ คาร์บอน (C) อะตอมสีแดง คือ ออกซิเจน (O)
อะตอมสีขาว คือ ไฮโดรเจน (H) อะตอมสีน้ำเงิน คือ ไนโตรเจน (N)
อะตอมสีเขียว คือ คลอรีน (Cl)

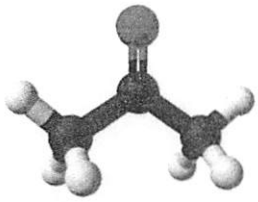
1



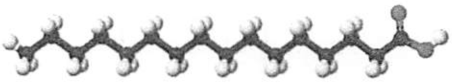
2



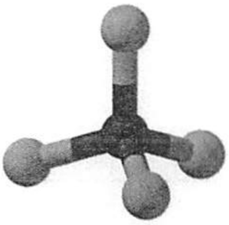
3



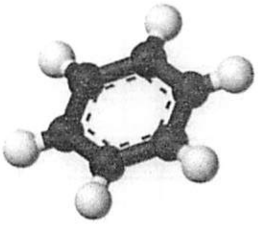
4



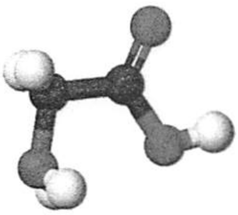
5



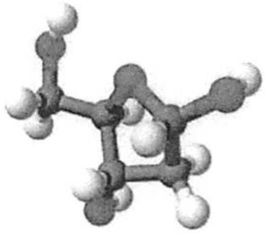
6



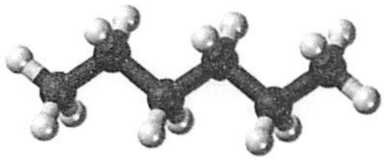
7



8



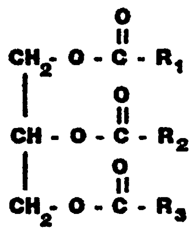
9



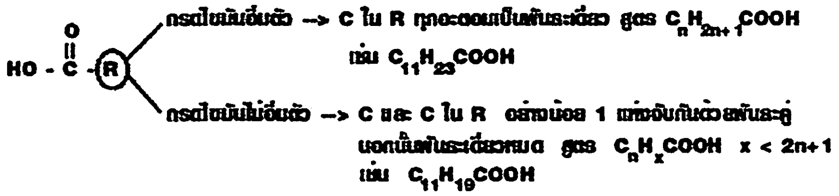
<u>เฉลย</u> **แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล**

สารชีวโมเลกุล คือ สารอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต ซึ่งภายในโมเลกุลจะประกอบด้วยธาตุพื้นฐาน คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เป็นสารที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการดำรงชีวิต ซึ่งจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิปิด และกรดนิวคลีอิก

1. โปรตีนเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติเกิดจากการรวมตัวของกรดอะมิโนจำนวนมากที่มาสร้างพันธะเพปไทด์ เชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุล มี 20 ชนิด กรดอะมิโน (amino acid) มีสูตรโครงสร้างเป็น NH_2-CHR-COOH
2. คาร์โบไฮเดรตเป็นสารชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีสูตรเคมีอย่างง่ายคือ $(C{\cdot}H_2O)_n$ ซึ่ง $n \geq 3$ หน่วยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรตก็คือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือเรียกว่าโมโนแซคคาร์ไรด์ คาร์โบไฮเดรตที่พบทั่วไปในชีวิตประจำวัน ได้แก่ น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบประเภทแอลดีไฮด์ (aldehyde) หรือ คีโตน (ketone) ที่มีหมู่ไฮดรอกซีหลายหมู่
3. ลิพิด (Lipid) เป็นสารประกอบที่มีอยู่ในเนื้อเยื้อของพืชและสัตว์ เป็นสารชีวโมเลกุลที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ไขมันและน้ำมันมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนเอสเทอร์จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ชนิดหนึ่งได้ มีสูตรทั่วไปดังนี้



กรดไขมันแบ่งออกเป็น กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว มีสูตรทั่วไปดังนี้



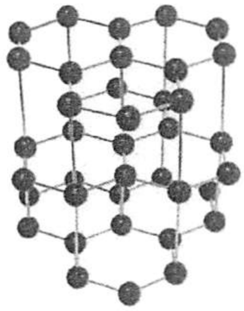
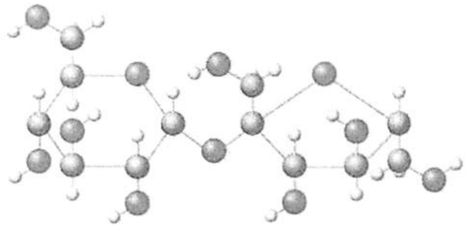
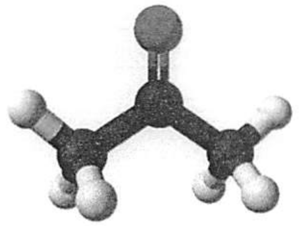
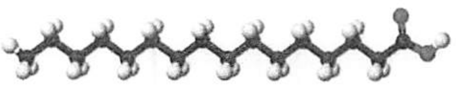
4. กรดนิวคลีอิกเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลย่อยๆที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) จำนวนมากมาสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นสายยาว โดยโมเลกุลนิวคลีโอไทด์จะประกอบด้วย 3 หน่วยย่อย ดังนี้

1) น้ำตาลเพนโทส (pentose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม มี 2 ชนิด คือ น้ำตาลไรโบส (ribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาร์เอ็นเอและดีออกซีไรโบส (deoxyribose) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของดีเอ็นเอ โดยทั้งสองชนิดจะมีความแตกต่างกันคือ น้ำตาลดีออกซีไรโบสจะมีอะตอมธาตุออกซิเจนน้อยกว่าน้ำตาลไรโบสอยู่ 1 อะตอม

2) ไนโตรเจนเบส (nitrogenous base) มีอยู่ทั้งสิ้น 5 ชนิด คือ อะดีนีน (Adenine ; A), กวานีน (Guanine ; G), ไซโทซีน (Cytosine ; C), ยูเรซิล (Uracil ; U) และไทมีน (Thymine ; T) ซึ่งส่วนของไนโตรเจนเบสนี้จะเป็นส่วนที่กำหนดความแตกต่างของโมเลกุลนิวคลีโอไทด์ โดยในดีเอ็นเอจะประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ T ขณะที่ในอาร์เอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ชนิดที่มีเบสเป็น A, C, G หรือ U

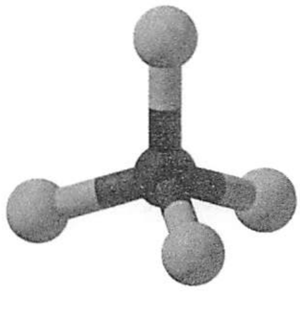
3) หมู่ฟอสเฟต เป็นบริเวณที่สามารถสร้างพันธะกับน้ำตาลเพนโทสของนิวคลีโอไทล์อีกโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์แต่ละโมเลกุลสามารถเชื่อมต่อกันได้

<u>เฉลย</u> แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล

1  ภาพที่ 1 แกรไฟต์ ไม่ใช่โครงสร้างของสารชีวโมเลกุล เป็นผลึกโคเวเลนต์รูปแบบหนึ่งของคาร์บอน อะตอมของคาร์บอนในแกรไฟต์มีการจัดเรียงตัวต่อกันเป็นชั้น ๆ และสร้างพันธะโคเวเลนต์ต่อกันเป็นวง วงละ 6 อะตอม ต่อเนื่องกันอยู่ในแนวระนาบ คาร์บอนในแต่ละชั้นของแกรไฟต์ยึดเหนี่ยวกันด้วย แรงแวนเดอร์วาลส์	2  ภาพที่ 2 น้ำตาลซูโครส เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุลประเภทคาร์โบไฮเดรต ซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ เกิดจากน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ชนิด คือ น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลกลูโคส
3  ภาพที่ 3 อะซีโตน ไม่ใช่โครงสร้างของสารชีวโมเลกุล มีสูตรโมเลกุลคือ CH_3COCH_3 โดยอะตอมของคาร์บอนสร้างพันธะคู่กับอะตอมของออกซิเจน	4  ภาพที่ 4 กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุลประเภท ลิปิด เป็นกรดไขมัน ประเภทกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) ที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 16 อะตอม พบมากในน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว

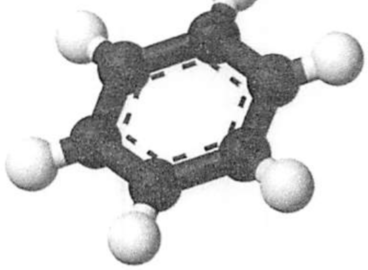
เฉลย แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับภาพตัวอย่างและเหตุการณ์ เรื่องสารชีวโมเลกุล (ต่อ)

5



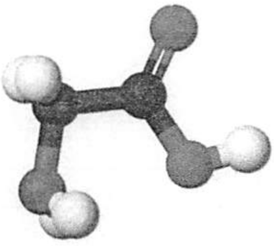
ภาพที่ 5 คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ไม่เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล มีสูตรโมเลกุลคือ CCl_4 โดยอะตอมของคาร์บอน 1 อะตอม สร้างพันธะเดี่ยวกับคลอรีน 4 อะตอม

6



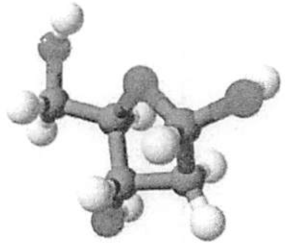
ภาพที่ 6 เบนซีน ไม่เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล เป็นสารไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มีสูตรโมเลกุลคือ C_6H_6 มีโครงสร้างเป็นรูปหกเหลี่ยมแบนราบ คาร์บอนและไฮโดรเจนทุกตัวอยู่ระนาบ เดียวกัน

7



ภาพที่ 7 ไกลซีน เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล แต่ไม่ใช่โปรตีน เป็นเพียงกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีนในร่างกาย การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก การสร้างของ RNA, DNA, กรดน้ำดี และกรดอะมิโนอื่น ๆ ในร่างกาย

8



ภาพที่ 8 น้ำตาลดีออกซีไรโบส เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล ซึ่งเป็นน้ำตาลไรโบสที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และพบว่าที่หมู่ไฮดรอกซี (-OH) ของคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของน้ำตาลนั้นขาดออกซิเจนไปเหลือเพียงไฮโดรเจนอะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_5H_{10}O_4$

9

ภาพที่ 9 เฮกเซน ไม่เป็นโครงสร้างของสารชีวโมเลกุล เนื่องจากเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มีสูตรโมเลกุลคือ C_6H_1

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นิลุบล สาระ
วัน เดือน ปี เกิด	31 ตุลาคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	237/3 ม. 14 ต.ซับไม้แดง อ.บึงสามพัน จ. เพชรบูรณ์ 67160
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	กศ.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร