การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายรัชชานนท์ ดิษเจริญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE LEARNING MEDIA IN BIOLOGY MIXED WITH AUGMENTED REALITY ON DNA TECHNOLOGY FOR PROMOTING BIOLOGY CONCEPTS OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Mr. Radchanon Ditcharoen

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายรัชชานนท์ ดิษเจริญ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ) คณบดีคณะครุศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ) ประธานกรรมการ

.....
(อาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา) กรรมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รัชชานนท์ ดิษเจริญ : การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (DEVELOPMENT OF INNOVATIVE LEARNING MEDIA IN BIOLOGY MIXED WITH AUGMENTED REALITY ON DNA TECHNOLOGY FOR PROMOTING BIOLOGY CONCEPTS OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก: อ. ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร

การวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยา จำนวน 5 ท่าน และผู้ออกแบบหลักสูตรวิชาชีววิทยาในสถานศึกษา จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง และ 2) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ยังไม่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขจากขั้นตอนที่ 2 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ ในรูปแบบของแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.36-0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.43-0.71 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.77 และขั้นตอนที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเดียวกับกลุ่มทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และ 2) แบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ค่าดัชนีประสิทธิผล การสรุปพรรณนาเรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ ผลการวิจัยพบว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบการผสมผสานระหว่างความเป็นจริงเสริมและชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ได้รับการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบเดี่ยวและแบบกลุ่มเล็ก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 (SD = 0.58) 4.26 (SD = 0.59) และ 4.22 (SD = 0.66) ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเห็นด้วยมากเช่นเดียวกัน คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าก่อนทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.4783 และความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 และครูชีววิทยาที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 (SD = 1.20) และ 4.90 (SD = 0.31) ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับพึงพอใจมากและมากที่สุด ตามลำดับ

สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6280126627 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Innovative Learning Media in Biology, Augmented reality, DNA Technology

Radchanon Ditcharoen : DEVELOPMENT OF INNOVATIVE LEARNING MEDIA IN BIOLOGY MIXED WITH AUGMENTED REALITY ON DNA TECHNOLOGY FOR PROMOTING BIOLOGY CONCEPTS OF SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS. Advisor: ATSAWANONTHAPAKORN THANETWEERAPHAT, Ed.D.

This research was a research and development. The main purpose of this research was to develop innovative learning media in biology on DNA technology for senior high school students. The research process was divided into 4 phases. Phase 1: Study basic information about the characteristics of innovative learning media in biology on DNA technology, the target groups in this phase were 5 biology teachers and 5 curriculum designers in biology courses in schools. The research instrument was the structured online focus group note on information about characteristics of innovative learning media in biology on DNA technology. Phase 2: Design, create and evaluate innovative learning media, the target groups in this phase were three content experts, three learning media technicians, and fifteen 11^{th} grade students who have had the experience of studying DNA technology. The research instruments were 1) the innovative learning media in biology on DNA technology, consisting of 4 topics and 2) the assessment form for the suitability and consistency of innovative learning media, which is a 5-level rating scale. Phase 3: Experimenting with innovative learning media, the target groups in this phase were a biology teacher and eleven 10^{th} grade students who have no experience of studying DNA technology. The research instruments were 1) the innovative learning media in biology on DNA technology revised in the previous phase and 2) the 20-item biological concepts test on DNA Technology in the form of a two-tier multiple-choice test. The items difficulty value, discrimination value, and reliability value of this test were 0.36-0.79, 0.43-0.71, and 0.77, respectively. Phase 4: Evaluate and improve innovative learning media, the target groups in this phase were a biology teacher and 10^{th} grade students. They were the same group after experimenting with innovative learning media in phase 3. The research instruments were 1) the assessment form for satisfaction to innovative learning media, which is a 5-level rating scale and 2) the structured online focus group note about the opinions on innovative learning media. The collected data were analyzed by descriptive statistics, effectiveness index, and content analysis. The results showed that the innovative learning media in biology on DNA technology that combines augmented reality and science kits was assessed for the suitability and the consistency of innovative learning media were assessed by experts, single group and small group of 11^{th} grade students were 4.41 (SD = 0.58), 4.26 (SD = 0.59) and 4.22 (SD = 0.66) respectively, with the mean scores at a strongly agree level. The average score of biology concepts about DNA technology after experimenting with innovative learning media of 10^{th} grade students was more than before experimenting with innovative learning media. The effectiveness index of innovative learning media was 0.4783. The average scores of satisfactions to the innovative learning media of 10^{th} grade students and the biology teacher who used innovative learning media were 4.38 (SD = 1.20) and 4.90 (SD = 0.31) respectively. The mean scores of these students and the teacher were a very satisfying and most satisfying level, respectively.

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year	2020	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้ความดูแลเอาใจใส่ติดตาม ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาและกำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงยังให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ศาสตราจารย์ ดร.เนาวนิตย์ สงคราม รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รังษิรุจิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แจ่มจันทร์ ศรีอรุณรัศมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ฉันทนารุ่งภักดิ์ อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ อาจารย์ ดร.สุฑามาศ นิยมพานิช อาจารย์ ดร.นิพาดา ไตรรัตน์ อาจารย์ ดร.ชุติวัฒน์ สุวัตถิพงศ์ และคุณครูภัทรลักษณ์ โพธิ์คง ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ให้กำลังใจและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณครูชุติมา รอดสุด ที่ช่วยประสานงานครูและนักเรียนที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ รวมถึงคุณครูกลุ่มเป้าหมายทุกท่าน ได้สละเวลาและให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัย และขอขอบคุณนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายทุกคน ที่ตั้งใจและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินา ประไพรักษ์สิทธิ์ และขอขอบคุณนายสิริชัย ฉายเพชร นางสาวภัทวริน บ่อสมบัติ นางสาวสุนิษา สภาพไทย นางสาวปรารถนา เสือกลั่น และเพื่อน ๆ ในระดับมัธยมศึกษาและระดับปริญญาตรี รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์โดยตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวเป็นอย่างสูงในการดูแล ให้กำลังใจ และสนับสนุนในทุก ๆ ด้านของผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอมอบความดีที่วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาต่อในอนาคต ไว้ให้ท่านทั้งหลายที่กล่าวมาข้างต้นด้วย

รัชชานนท์ ดิษเจริญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2. คำถามวิจัย 6
3. วัตถุประสงค์การวิจัย 6
4. ขอบเขตการวิจัย 7
5. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา 10

    1.1 ความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา 10

    1.2 ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 12

    1.3 ความเป็นจริงเสริม 15

    1.4 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 19

    1.5 แนวทางการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 29

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางชีววิทยา 32
2.2 สาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 32
2.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 46
2.4 แนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา 48
3. ความพึงพอใจ 53
3.1 ความหมายของความพึงพอใจ 53
3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ 54
3.3 แนวทางการประเมินความพึงพอใจ 55
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 55
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 56
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา 58
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ .. 60
4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทดิจิทัลตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา 63
4.5 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ 65
5. กรอบแนวคิดการวิจัย 66
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 67
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 69
1. วัตถุประสงค์เฉพาะ 69
2. กลุ่มเป้าหมาย 69
3. เครื่องมือวิจัย 70
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 71
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 72
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. วัตถุประสงค์เฉพาะ 72
2. กลุ่มเป้าหมาย 73
3. เครื่องมือวิจัย 74
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 79
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 81
ขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ 82
1. วัตถุประสงค์เฉพาะ 82
2. กลุ่มเป้าหมาย 82
3. เครื่องมือวิจัย 82
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 86
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 88
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 89
1. วัตถุประสงค์เฉพาะ 89
2. กลุ่มเป้าหมาย 89
3. เครื่องมือวิจัย 90
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 93
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 93
การพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย 94
สรุปการดำเนินการวิจัย 96
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 97
ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 97
ส่วนที่ 2 ผลการออกแบบ สร้าง และผลการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 112
ส่วนที่ 4 ผลการประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 125
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 131
1. สรุปผลการวิจัย 132
2. การอภิปรายผลการวิจัย 133
3. ข้อเสนอแนะ 139
บรรณานุกรม 141
ภาคผนวก 149
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ 150
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 151
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 179
ประวัติผู้เขียน 190

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 14
ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม 17
ตารางที่ 3 โครงสร้างความรู้ 5 ประเภท โดย Mayer (2009) 24
ตารางที่ 4 ผลการเรียนรู้และสาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 33
ตารางที่ 5 ผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียนวิชาชีววิทยา 35
ตารางที่ 6 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 47
ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์แบบต่าง ๆ 51
ตารางที่ 8 การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ตามหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียของ Mayer (2009) 75
ตารางที่ 9 โครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 83
ตารางที่ 10 หัวเรื่องและระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา
เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 88
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรม
การเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 107
ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรม
การเรียนรู้แบบเดี่ยวโดยนักเรียน 109
ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรม
การเรียนรู้แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียน 110
ตารางที่ 14 คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน 113
ตารางที่ 15 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 115
ตารางที่ 16 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 117
ตารางที่ 17 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ 118
ตารางที่ 18 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคม
ในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 122
ตารางที่ 19 สรุปภาพรวมการปรับมโนทัศน์ที่ถูกต้องของนักเรียนหลังการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
จำแนกตามข้อคำถามและรายบุคคล 123
ตารางที่ 20 คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนรายบุคคล 125
ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียน 126
ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากครู 127

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย ดัดแปลงจาก Mayer (2009)..... 25
ภาพที่ 2 หัวเรื่องต่าง ๆ ในมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียน 39
ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ มโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์
อ้างอิงจาก Tsui and Treagust (2010)..... 49
ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 66
ภาพที่ 5 ภาพรวมของวิธีดำเนินการวิจัย..... 68
ภาพที่ 6 สรุปการดำเนินการวิจัย..... 96
ภาพที่ 7 แบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
ในส่วนของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 102
ภาพที่ 8 แบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
ในส่วนของความเป็นจริงเสริม 103
ภาพที่ 9 หน้าเว็บไซต์ V-Director..... 104
ภาพที่ 10 พื้นที่สำหรับสร้างความเป็นจริงเสริมของเว็บไซต์ V-Director 105
ภาพที่ 11 ส่วนประกอบของของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ..... 105
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการแสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมผ่านแอปพลิเคชัน V-Player 106
ภาพที่ 13 ร้อยละคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
ก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามหัวเรื่องที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้..... 114
ภาพที่ 14 องค์ประกอบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมบูรณ์..... 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการใช้สิ่งมีชีวิตหรือผลิตภัณฑ์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อประโยชน์ของมนุษย์ (Thieman & Palladino, 2013; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560) ซึ่งประเทศไทยเทคโนโลยีชีวภาพมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศอย่างยิ่ง ดังจะเห็นได้จากการจัดทำกรอบนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564) และนโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2555-2564) โดยสำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ร่วมกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อให้เทคโนโลยีชีวภาพสร้างความมั่นคงในด้านอาหาร สุขภาพ และพลังงาน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในด้านเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงพลเมืองของประเทศต้องมีความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาการด้านเทคโนโลยีเป็นฐานที่สำคัญ เช่น จีโนมิกส์ (Genomics) โปรตีโอมิกส์ (Proteomics) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (DNA technology) ควบคู่กับสาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น ชีววิทยา สัตววิทยา จุลชีววิทยา ฟิสิกส์ เคมี คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสหสาขา เช่น นาโนไบโอเทคโนโลยี (Nanobiotechnology) ชีวสารสนเทศศาสตร์ (Bioinformatics) (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2555)

จากกรอบนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564) ข้างต้น ประเทศไทยจึงต้องส่งเสริมและพัฒนาให้พลเมืองสามารถนำความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพมาประยุกต์ใช้ร่วมกับศาสตร์อื่น ๆ เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ให้มีผลผลิตสูง สามารถต้านทานโรคและศัตรูพืชที่สำคัญได้ รวมถึงมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภคและภาคอุตสาหกรรม การผลิตชุดตรวจทางการแพทย์ให้สามารถตรวจได้หลาย ๆ โรคพร้อมกัน ใช้งานง่าย มีราคาที่สมเหตุสมผล และพัฒนาชุดตรวจให้สามารถตรวจสอบโรคในระดับพันธุกรรมได้ อีกทั้งการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียและของเสีย การผลิตเอทานอลจากวัสดุเซลลูโลสิก การผลิตไบโอดีเซลจากสาหร่าย

ดังนั้นการขับเคลื่อนกรอบนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564) อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีทั้งความรู้และความสามารถในระดับกลุ่มชุมชน กลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม กลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่ และประชาคมวิจัยและนวัตกรรม ซึ่งกลุ่มบุคคลเหล่านี้เป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลักดันให้งานวิจัยและพัฒนาไปสู่การใช้ประโยชน์จริงทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2555)

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ (Modern biotechnology) อย่างกว้างขวาง เช่น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการตัดต่อสารพันธุกรรมทั้งในหลอดทดลองและในสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการผลิตวัคซีนบางชนิด ซึ่งเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการจัดการหรือปรับเปลี่ยนกรดนิวคลิอิก (Nucleic acid) ในสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะตามความต้องการของมนุษย์ เพื่อสร้างประโยชน์ในหลากหลายสาขา (Verma et al., 2011; คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2559) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ล้วนมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ อย่างไรก็ตามคงมีประเด็นปัญหาทางด้านสังคม ความกังวลด้านจริยธรรมและความเชื่อส่วนบุคคลจากการนำเสนอผ่านทางสื่อสาธารณะ เช่น การสร้างตัวอ่อนครึ่งสุกรครึ่งมนุษย์ ความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Berne, 2018; Buntting & Jones, 2020; Devlin, 2017; Osborne et al., 2004; คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2559) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างความเข้าใจในประเด็นทางสังคมที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ให้กับพลเมืองของประเทศ เพื่อให้พลเมืองนำเอาความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่ไปใช้ได้อย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรม รวมไปถึงสามารถประเมินข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่จากสื่อสาธารณะ แล้วนำข้อมูลข่าวสารที่น่าเชื่อถือเหล่านั้นไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวควรเริ่มปลูกฝังและบ่มเพาะตั้งแต่ระดับเยาวชน ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพของผู้เรียนที่หลักสูตรได้ระบุไว้ว่าเมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แล้ว นักเรียนต้องเข้าใจความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของไทย ได้มีการกำหนดให้มีสาระความรู้ทางด้านเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ดังในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระชีววิทยา มีการกำหนดผลการเรียนรู้ให้ผู้เรียนอธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอสายผสม และสืบค้นข้อมูลยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จะเห็นได้ว่าสาระชีววิทยาได้เน้นคำสำคัญคือคำว่า **“เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ”** ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใด ๆ ที่ใช้ระบบชีวภาพ สิ่งมีชีวิตหรือส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตเพื่อสร้างหรือปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการสำหรับการใช้งานที่เฉพาะ เพื่อช่วยในการหาลำดับและจัดการดีเอ็นเอ (Nordqvist & Aronsson, 2019; Sutiani, 2017; Urry et al., 2017) ดังนั้นเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอจึงมีความสำคัญและเป็นหนึ่งในมโนทัศน์หลักที่กำหนดไว้ในแบบเรียน จากการตรวจสอบหัวเรื่องหลักของมโนทัศน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในแบบเรียนไทยเปรียบเทียบกับแบบเรียนต่างประเทศ พบว่า แบบเรียนทุกเล่มกำหนดให้ผู้เรียนต้องศึกษาในประเด็นสำคัญเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ดังนี้ การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม (Jones et al., 2014; เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) ดังนั้น หัวเรื่องเหล่านี้ในมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จึงมีความจำเป็นที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้และรู้จักนำเอาความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตหรือประยุกต์เข้ากับการทำงานตามศาสตร์ที่ตนเองถนัดได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากความสำคัญที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้และเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้นักการศึกษาให้ความสนใจและมุ่งศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องนี้ ทั้งการวิจัยเชิงสำรวจความเข้าใจมโนทัศน์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนแต่ละช่วงวัย ดังจะเห็นจากการศึกษาของ Bahar et al. (1999) พบว่าหัวข้อพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) ซึ่งเป็นหนึ่งในมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีดัชนีความยากของเนื้อหาเท่ากับ 13.4 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของหัวข้อที่มีความยากสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ Osman et al. (2017) ที่ระบุว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายร้อยละ 79.6 อธิบายว่ามโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ยากต่อการเรียนรู้และกระบวนทางพันธุศาสตร์ยากที่จะเข้าใจ เพราะในแบบเรียนไม่มีภาพประกอบ รวมถึงไม่มีการจัดระเบียบเนื้อหา และผลการศึกษาของ Halim et al. (2018) และ Wisch et al. (2018) ที่ศึกษา

มโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักศึกษาในระดับปริญญาตรีระบุว่า นักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ดีเอ็นเอสายผสม (Recombinant DNA) ความหมายของคำศัพท์ เช่น สายดีเอ็นเอแม่แบบ (Template strand), พลาสมิด (Plasmid) และตัวพาดีเอ็นเอ (DNA vector) รวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically modified organisms, GMOs) นอกจากนี้งานวิจัยในประเทศไทยที่ศึกษามโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีความสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศเช่นกัน โดยผลการวิจัยพบว่า ข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีดังนี้ พันธุวิศวกรรมเป็นการใช้เทคโนโลยีสร้างสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนสิ่งมีชีวิตต้นแบบหรือเป็นเทคโนโลยีที่ใช้สร้างสารพันธุกรรมขึ้นมาใหม่ การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมใช้การปลูกถ่ายเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่งเข้าไปอยู่ในเซลล์อีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง หรือนำเซลล์มาผสมพันธุ์กันเพื่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตใหม่ จากข้อความเหล่านี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อ “หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง” (ธนบดี อินหาดกรวด, 2560)

จากผลการศึกษางานวิจัยหลายฉบับในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาเหล่านี้เอง บ่งชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในปัจจุบันยังไม่สามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้เรียนได้เท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจ และปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ยากต่อการจินตนาการให้เข้าใจถึงกระบวนการทางชีววิทยาอย่างถ่องแท้ (Bahar et al., 1999; Orhan & Sahin, 2018; Yang et al., 2018; สุนัดดา โยมญาติ, 2558) เหตุผลอีกประการหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้ที่ขาดการฝึกปฏิบัติการ เนื่องจากไม่มีวัสดุอุปกรณ์หรือมีวัสดุอุปกรณ์แต่ครูผู้สอนที่ไม่มีประสบการณ์ในการทำปฏิบัติการด้านพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนส่วนมากอยู่ในรูปแบบการบรรยาย (สุนัดดา โยมญาติ, 2558) อีกทั้งการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ไม่หลากหลายและแสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นทางเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไม่ชัดเจนเท่าที่ควร เช่น สื่อนำเสนอและแบบเรียน (Qalbina & Ahda, 2019) สื่อวีดิทัศน์ (มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2563) สื่อเว็บไซต์ (ทรูปลูกปัญญา, 2556) และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) เหตุผลทั้งหมดนี้ จึงอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่เข้าใจหรือเกิดมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องในเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญ จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

แนวทางหนึ่งที่ช่วยในการแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือการให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทดลองหรือลงมือปฏิบัติ เพื่อพัฒนามโนทัศน์และฝึกทักษะที่เหมาะสม ดังนั้นประสบการณ์ในการทดลองจึงมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แต่เนื่องจากการทดลองมีข้อจำกัดในด้านทรัพยากรและระยะเวลาของการทดลองซึ่งต้องใช้จำนวนมาก ดังนั้นการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อื่น ๆ ผสมผสานในการทดลองสามารถช่วยลดข้อจำกัดดังกล่าว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น (Asikin & Daningsih, 2018; Goldschmidt & Bogner, 2016; สุนัดดา โยมญาติ, 2558) ดังตัวอย่างรายงานการวิจัยด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่อง การใช้สื่อดิจิทัลประเภทวีดิทัศน์ผสมผสานการปฏิบัติการทดลองทางอณูชีววิทยา ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ความเข้าใจ และช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เรียน (Truebano & Munn, 2015) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนโดยใช้สื่อดิจิทัลประเภทความเป็นจริงเสริม (Augmented reality, AR) ผสมผสานกับการปฏิบัติการทดลอง เช่น การศึกษาเรื่อง กล้องจุลทรรศน์และเซลล์ โดยแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมผ่านความเป็นจริงเสริมโดยใช้ภาพ เพื่อเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้และลดภาระการทำงานของสมองของผู้เรียน (Chang & Yu, 2017) เช่นเดียวกับการศึกษาเรื่อง การเติบโตของแบคทีเรีย เพื่อสร้างความปลอดภัยในการทดลอง โดยเลี่ยงการสัมผัสเชื้อก่อโรคหรืออันตรายโดยตรงผ่านการแสดงผลทางความเป็นจริงเสริม (Wildan et al., 2019) และการศึกษาเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของสารชีวโมเลกุล เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นโครงสร้างโมเลกุลต่าง ๆ เป็นภาพสามมิติได้ทันทีผ่านความเป็นจริงเสริม (Peterson et al., 2020) ซึ่งเห็นได้ว่าความเป็นจริงเสริมเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และเหมาะสมกับผู้เรียนในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาในรูปแบบการผสมผสานความเป็นจริงเสริมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคาดหวังว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยานี้ จะทำให้นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเรียนรู้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการ สามารถใช้ซ้ำเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจได้อย่างไม่จำกัด เกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องและเข้าใจนิยามคำศัพท์เฉพาะและกระบวนการต่าง ๆ ของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าผ่านการลงมือปฏิบัติร่วมกับการแสดงข้อมูลด้วยความเป็นจริงเสริม

2. คำถามวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องมีการวิจัยและพัฒนาก่อนที่จะนำไปใช้จริงกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิผลและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2563) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้กำหนดคำถามวิจัยดังนี้ **สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร**

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์หลักคือ **เพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย** และกำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะของการวิจัยตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and development, R & D) ดังต่อไปนี้

3.1 เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย *(วิจัยระยะที่ 1; Research 1)*

3.2 เพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนนำไปทดลองใช้ *(พัฒนาระยะที่ 1; Development 1)*

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 เพื่อทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่พัฒนาขึ้น *(วิจัยระยะที่ 2; Research 2)*

3.4 เพื่อประเมินความพึงพอใจและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย *(พัฒนาระยะที่ 2; Development 2)*

4. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย สามารถแบ่งตามวิธีการดำเนินการวิจัย ได้ดังนี้

5.1.1 กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือ ครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 ท่าน และผู้ออกแบบหลักสูตรวิชาชีววิทยาในสถานศึกษา จำนวน 5 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

4.1.2 กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร ที่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง

4.1.3 กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 3 ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และขั้นที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือ ครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร ที่ยังไม่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 13 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยครอบคลุมหัวเรื่องดังนี้ การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (Polymerase chain reaction, PCR) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส (Gel electrophoresis) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564

5. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

คำจำกัดความของคำเฉพาะในงานวิจัยครั้งนี้ กำหนดไว้ดังนี้

5.1 สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา หมายถึง สื่อการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีการผสมผสานความเป็นจริงเสริมที่ถ่ายทอดผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาโดยผู้วิจัย

5.2 มโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หมายถึง เทคนิคในการหาลำดับและจัดการดีเอ็นเอ ซึ่งประยุกต์ใช้ในระบบชีวภาพ สิ่งมีชีวิต หรือส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตเพื่อสร้างหรือปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการสำหรับการใช้งานที่เฉพาะ โดยครอบคลุมในหัวเรื่องดังต่อไปนี้ การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

5.3 ประสิทธิผล หมายถึง ค่าร้อยละที่บ่งชี้ผลของการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางชีววิทยาก่อนและหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

5.4 ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคล ๆ หนึ่งต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ของบุคคลนั้น วัดโดยแบบวัดความพึงพอใจของครูและนักเรียนหลังใช้สื่อนวัตกรรมเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในแต่ละหัวข้อตามลำดับดังนี้

1. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา

- 1.1 ความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา
- 1.2 ชุดทดลองวิทยาศาสตร์
- 1.3 ความเป็นจริงเสริม
- 1.4 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
- 1.5 แนวทางการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

- 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางชีววิทยา
- 2.2 สาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 2.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 2.4 แนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา

3. ความพึงพอใจ

- 3.1 ความหมายของความพึงพอใจ
- 3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 3.3 แนวทางการประเมินความพึงพอใจ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา
- 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทดิจิทัลตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา
- 4.5 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่นำไปสู่การวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา 2) ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 3) ความเป็นจริงเสริม 4) ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ และ 5) แนวทางการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1.1 ความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา

การศึกษาความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เริ่มต้นจากการศึกษาความหมายของนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายแต่ละคำไว้ดังนี้

1.1.1 ความหมายของนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

นวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Innovations in science learning ซึ่ง ชวนพบ เอี่ยวสานุรักษ์ และ จุรีภรณ์ เจริญพงศ์ (2560); ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) นิยามนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำแนวคิด การปฏิบัติ รวมถึงสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ นอกจากนี้ Situmorang et al. (2015); ชวนพบ เอี่ยวสานุรักษ์ และ จุรีภรณ์ เจริญพงศ์ (2560) อธิบายเพิ่มว่านวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นี้ทำให้นักเรียนระดับประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษาเกิดการเรียนรู้และมีแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ในระยะเวลาอันสั้นและมีประสิทธิผลสูงขึ้น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า นวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นแนวคิด การปฏิบัติกิจกรรม หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน

1.1.2 ความหมายของสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Science instructional media ซึ่ง Anyanwu and Alafiatayo (2016); Jamuna and Pankajam (2017); Okpechi and Denwigwe (2017); ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ระบุว่า สื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทรัพยากร อันได้แก่ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ วัตถุจริง แบบจำลอง อีกทั้ง Okpechi and Denwigwe (2017); ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ได้ให้ความหมายรวมถึงสื่อกราฟิก สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และสื่อวิธีการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อสร้างความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษา

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อกราฟิก สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสื่อวิธีการ รวมทั้งวัตถุจริง แบบจำลอง และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นำใช้ในกระบวนการเรียนรู้และใช้สร้างความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

1.1.3 ความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และและสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า innovative science learning media ซึ่ง Sinaga (2019); Situmorang et al. (2015); Sutiani (2017); ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ระบุว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ สื่อวัสดุ สื่อกราฟิก สื่อโสตทัศน์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งสื่อวิธีการ ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559) ได้ระบุรายละเอียดเพิ่มเติมของสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นคือ ต้องเป็นสื่อที่มีความใหม่ นอกจากนี้ Sutiani (2017) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า ต้องมีความยืดหยุ่นมากขึ้นตามความต้องการของนักเรียน อีกทั้ง Simaremare et al. (2018); Sinaga (2019) ได้ระบุเพิ่มเติมอีกว่า สื่อที่มีคุณภาพต้องช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ แรงจูงใจและความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษาได้ง่ายขึ้น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นสื่อการเรียนรู้ได้แก่ สื่อวัสดุกราฟิก สื่อโสตทัศน์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสื่อวิธีการ ที่มีความใหม่

มีความยืดหยุ่นและมีคุณภาพดี เหมาะกับพัฒนาการของนักเรียน เพื่อนำมาส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ง่ายขึ้น

จากความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น ช่วยให้สรุปความหมายของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา ซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ได้ว่าเป็นสื่อการเรียนรู้ชีววิทยาใหม่ ๆ มีความยืดหยุ่นและช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยาที่ถูกต้องและง่ายต่อการเรียนรู้

1.2 ชุดทดลองวิทยาศาสตร์

การศึกษาประเด็นเรื่องชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความหมายของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 ความหมายของชุดทดลองวิทยาศาสตร์

ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Science kits ซึ่ง Jones et al. (2012); Setiawan et al. (2019) ระบุว่า ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์การทดลอง อีกทั้ง Dickerson et al. (2014); Koul and Verma (2018); Richardson (2005) ได้ให้ความหมายรวมไปถึง เครื่องมือ ชุดของวัสดุ ชุดอุปกรณ์ทดลอง คู่มือ รวมถึงใบกิจกรรมที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ชุดทดลองช่วยเสริมสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในกิจกรรมทดลองทางวิทยาศาสตร์ ชุดอุปกรณ์ทดลอง ใบกิจกรรมการทดลอง และคู่มือการใช้งาน สามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

1.2.2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Ocampo et al. (2015) ระบุว่าขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) ทบทวนสมรรถนะที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนตามหลักสูตร 2) กำหนดมโนทัศน์และทักษะที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนในรายวิชา 3) ระบุวัสดุที่จำเป็นสำหรับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 4) พัฒนากิจกรรมและคู่มือปฏิบัติการ 5) ออกแบบและสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และ 6) ประเมินก่อนนำชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไปใช้จริงและปรับปรุงแก้ไข สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ของ Rachmawati et al. (2018) ที่ประกอบด้วย 1) เก็บรวบรวมการวิจัยและข้อมูลเกี่ยวกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 2) วางแผนและออกแบบชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 3) ผลิตชุดทดลองวิทยาศาสตร์และคู่มือ และ 4) นำไปทดลองใช้และตรวจสอบแก้ไขชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และ Huda et al. (2018) ระบุขั้นขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไว้ทำนองเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดวัตถุประสงค์ของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 2) ออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 3) สร้าง ทดลองและดัดแปลงชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 4) ทดลองใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ในระดับห้องปฏิบัติการ และ 5) ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองวิทยาศาสตร์

จากขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 1) การศึกษาหลักสูตร กำหนดมโนทัศน์และทักษะที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน 2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และวัตถุประสงค์ของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 3) ออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 4) ผลิตชุดทดลองวิทยาศาสตร์และคู่มือการใช้งาน 5) ประเมินก่อนนำชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไปใช้จริงและปรับปรุงแก้ไข และ 6) ได้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์และคู่มือที่พร้อมใช้งานจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2.3 ข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์

นักการศึกษา	ข้อดี ของชุดทดลองวิทยาศาสตร์	ข้อจำกัด ของชุดทดลองวิทยาศาสตร์
Jones et al. (2012)	1) รวบรวมวัสดุและเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการทดลองไว้ด้วยกัน 2) ลดระยะเวลาที่ครูต้องใช้ในการเตรียมอุปกรณ์และการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 3) สะดวกต่อการพกพา	1) ครูต้องมีความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกและได้รับการฝึกฝนก่อนนำชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไปใช้กับผู้เรียน
Rachmawati et al. (2018)	1) สะดวกในการพกพาและเคลื่อนย้าย 2) ใช้ได้หลายบริบท เช่น สาธิตในชั้นเรียน สอบปฏิบัติ 3) เพิ่มความสนใจของผู้เรียนในการเรียนรู้ 4) ช่วยผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์	-
Koul and Verma (2018)	1) รวบรวมวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่จำเป็นไว้ด้วยกัน 2) ประหยัดเวลาในการทดลอง 3) สะดวกต่อการพกพา 4) ต้นทุนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	1) ฝึกฝนครูก่อนนำชุดทดลองวิทยาศาสตร์ไปใช้ 2) ไม่เหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีจำนวนมาก 3) ไม่สามารถครอบคลุมกลุ่มผู้เรียนได้ทุกกลุ่ม เช่น ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางสายตา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อดีและข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีข้อดี ได้แก่ 1) เป็นการรวบรวมวัสดุและเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการทดลองไว้ด้วยกัน 2) ลดระยะเวลาที่ครูต้องใช้ในการเตรียมอุปกรณ์และการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ 3) สะดวกต่อการพกพาและใช้ได้หลายบริบท 4) ต้นทุนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม 5) ช่วยผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ และ 6) เพิ่มความสนใจของผู้เรียนในการเรียนรู้ ส่วนข้อจำกัดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ก่อนนำชุดทดลองไปใช้กับผู้เรียนครูต้องมีความเข้าใจเนื้อหาเชิงลึกและจำเป็นต้องฝึกฝนครูในการใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ 2) ไม่เหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีจำนวนมาก และ 3) ไม่สามารถครอบคลุมกลุ่มผู้เรียนได้ทุกกลุ่ม

1.3 ความเป็นจริงเสริม

การศึกษาประเด็นของความเป็นจริงเสริมประกอบด้วย ความหมายของความเป็นจริงเสริม ขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริม และข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 ความหมายของความเป็นจริงเสริม

ความเป็นจริงเสริมเป็นคำศัพท์ที่ราชบัณฑิตยสภาได้บัญญัติไว้ ซึ่งตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Augmented reality, AR ซึ่ง Cerrato et al. (2018); Turan et al. (2018); ณัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช (2559); สุรเชษฐ์ จันทร์งาม และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ (2561) ระบุว่า ความเป็นจริงเสริม หมายถึง เทคโนโลยีที่นำมาช่วยแสดงข้อมูลหรือเนื้อหาที่สร้างขึ้นในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยมีการระบุรายละเอียดของสิ่งที่สร้างขึ้น ว่าสามารถแสดงผลซ้อนทับกับโลกแห่งความจริง ทั้งในรูปแบบของภาพนิ่ง ภาพสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว ที่อาจมีทั้งเสียงประกอบและไม่มีเสียงประกอบ นอกจากนี้ Cerrato et al. (2018); สุรเชษฐ์ จันทร์งาม และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ (2561) ยังระบุอีกว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมนี้สามารถแสดงผลแบบทันทีด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความเป็นจริงเสริม หมายถึง เทคโนโลยีที่ผสานโลกแห่งความจริงและโลกเสมือนที่สร้างขึ้น โดยถ่ายทอดด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์โดยตรงและแสดงผลแบบทันที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.2 ขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริม

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมไว้ดังนี้

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ (2557) ระบุว่าขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) ออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติ จากการกำหนดหัวข้อและสร้างชิ้นส่วนย่อยของโมเดลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Autodesk Maya 2) ออกแบบและพัฒนา Marker โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โปรแกรม Adobe Photoshop และ 3) การพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนา เช่น โปรแกรม Unity 3D ร่วมกับเว็บไซต์ Voforia (www.vuforia.com) เพื่อเชื่อมโยง Marker กับโมเดล โดยใช้แท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่สามารถอ่านค่า Marker ผ่านกล้องแล้วแสดงผลโมเดลสามมิติที่ตรงกันได้ สอดคล้องกับขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมของ พจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์ (2560) ที่ประกอบด้วย 1) ออกแบบและสร้าง Marker โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และเว็บไซต์ Vuforia 2) สร้างการแสดงผลและโมเดล ซึ่งโมเดลที่สร้างมีรูปแบบสามมิติที่มีการเคลื่อนไหว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และ 3) เขียนโปรแกรม เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชัน และ Syahputra (2017) ระบุขั้นขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมไว้ทำนองเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1) วิเคราะห์เนื้อหา โดยการกำหนดโมเดลหรือวัตถุที่ต้องการแสดงและ Marker ที่เปรียบเสมือนรหัสที่เชื่อมโยงกับโมเดลให้สอดคล้องหรือเหมาะสมกับเนื้อหา 2) ออกแบบและสร้าง Marker โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Marker ที่สร้างมีได้หลายรูปแบบ เช่น QR code รูปภาพหรือสัญลักษณ์ และ 3) ออกแบบและสร้างฉากหลักของเนื้อหา โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการพัฒนา และใช้แท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนอ่านค่า Marker ผ่านกล้อง เพื่อแสดงผลโมเดลหรือวัตถุที่เชื่อมโยงไว้

จากขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างความเป็นจริงเสริมประกอบไปด้วย การวิเคราะห์เนื้อหา เป็นขั้นตอนการกำหนดโมเดลให้สอดคล้องหรือเหมาะสมกับเนื้อหา หลังจากนั้นจึงนำมาสู่ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโมเดล เป็นขั้นตอนในการออกแบบและการสร้างวัตถุหรือสิ่งที่ต้องการแสดงผล โดยผ่านการสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นทำการออกแบบและพัฒนา Marker เพื่อใช้เป็นรหัสสำหรับแสดงโมเดลหรือวัตถุที่สร้างขึ้น และการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลและนำไปใช้ผ่านแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม

นักการศึกษาหลายท่านได้ระบุข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม

นักการศึกษา	ข้อดี ของความเป็นจริงเสริม	ข้อจำกัด ของความเป็นจริงเสริม
ณัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช (2559)	1) สามารถสร้างและนำเสนอเนื้อหาได้ตามความต้องการอย่างไม่ยากนัก 2) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3) ช่วยให้แบบเรียนยุคใหม่ข้ามข้อจำกัดของคำว่าสิ่งพิมพ์แบบเดิม ที่รับสารด้วยประสาทตาเพียงอย่างเดียว 4) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้มากขึ้น	1) จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต ที่ใช้ในการอ่านข้อมูล 2) ต้องใช้พื้นฐานโครงสร้างของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ค่อนข้างเสถียร
Akçayır and Akçayır (2017)	1) ช่วยอำนวยความสะดวกในการสังเกตเหตุการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า 2) สามารถเพิ่มแรงจูงใจของนักเรียน 3) ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการสำรวจที่ดีขึ้น	1) นักเรียนมักประสบปัญหาทางเทคนิคขณะใช้งาน 2) อาจซับซ้อนเกินไปสำหรับผู้เรียน 3) จำเป็นต้องใช้เวลาในการบรรยายเพิ่มเติม เพื่อใช้ความเป็นจริงเสริมอย่างมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริม (ต่อ)

นักการศึกษา	ข้อดี ของความเป็นจริงเสริม	ข้อจำกัด ของความเป็นจริงเสริม
Martin et al. (2018)	1) การใช้ความเป็นจริงเสริมในห้องปฏิบัติการไม่จำเป็นต้องอธิบายส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่นักเรียนใช้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้พร้อมแสดงแบบทันที 2) การใช้ความเป็นจริงเสริมนำไปสู่การทำงานของนักเรียนที่มีอิสระมากขึ้นในห้องปฏิบัติการ	1) การนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการศึกษาจำเป็นต้องได้รับการเสริมด้วยการสื่อสารกับครูเพื่อลดความคลุมเครือและช่วยเหลือนักเรียน

จากข้อดีและข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริมที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าความเป็นจริงเสริมมีข้อดีในประเด็นต่อไปนี้ 1) ช่วยอำนวยความสะดวกในการสังเกตเหตุการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า 2) ช่วยให้แบบเรียนยุคใหม่ข้ามข้อจำกัดของคำว่าสิ่งพิมพ์แบบเดิมจากที่รับสารด้วยประสาทตาเพียงอย่างเดียว 3) สามารถสร้างและนำเสนอเนื้อหาได้ตามความต้องการอย่างไม่ยากนัก 4) สามารถประยุกต์ใช้ได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ รวมถึงช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้มากขึ้น สามารถเพิ่มแรงจูงใจของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนมีทักษะการสำรวจที่ดีขึ้น 5) การนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ในห้องปฏิบัติการไม่จำเป็นต้องอธิบายส่วนประกอบของอุปกรณ์ที่นักเรียนใช้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้พร้อมแสดงแบบทันที และ 6) เพิ่มอิสระในการทำงานให้กับนักเรียน ส่วนข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริมได้แก่ 1) จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต ในการอ่านข้อมูล 2) ต้องใช้พื้นฐานโครงสร้างของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ค่อนข้างเสถียร 3) รวมถึงนักเรียนมักประสบปัญหาทางเทคนิคขณะใช้งาน เพราะอาจซับซ้อนเกินไปสำหรับนักเรียน ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เวลาในการบรรยายเพิ่มเติมจากครู เพื่อลดความคลุมเครือและช่วยเหลือนักเรียน

1.4 ทฤษฎีในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาในงานวิจัยนี้ เป็นการผสมผสานระหว่างสื่อประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์และความเป็นจริงเสริมซึ่งจัดเป็นสื่อมัลติมีเดียประเภทหนึ่ง โดยทฤษฎีทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์ (Cognitive learning theory) ทฤษฎีภาระการทำงานของสมอง (Cognitive load theory) และทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Cognitive theory of multimedia learning) ซึ่งแต่ละทฤษฎีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.4.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์ (Cognitive learning theory)

Bruner (1964) ระบุถึงการทำงานของปัญญาหรือสมองของมนุษย์ โดยบรูเนอร์เชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยให้มนุษย์เติบโตขึ้น เพื่อจัดการลักษณะของสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน จากการสร้างแบบจำลองผ่านการกระทำ จินตนาการ และภาษาหรือสัญลักษณ์ และยังเชื่อว่าการกระทำของมนุษย์ที่เป็นระบบ เป็นลำดับไว้สามารถแก้ปัญหาที่เฉพาะโดยใช้หน่วยข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ บรูเนอร์ยังกล่าวอีกว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำงานของปัญญาคือ หน่วยความจำ ซึ่งไม่ได้เป็นแหล่งเก็บประสบการณ์ที่ผ่านมา แต่เป็นการดึงสิ่งที่เกี่ยวข้องในรูปแบบที่ใช้งานได้บางส่วนขึ้นอยู่กับวิธีการเข้ารหัสและประมวลผลประสบการณ์ที่ผ่านมา เพื่อนำมาใช้งานเมื่อจำเป็นต้องใช้ทันที ซึ่งผลลัพธ์จากการเข้ารหัสและประมวลผล เรียกว่า ตัวแทน (Representation) บรูเนอร์ได้เสนอการเป็นตัวแทนที่กล่าวมาข้างต้นใน 3 ลักษณะ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การเป็นตัวแทนจากการกระทำ (Enactive representation) เป็นกระบวนการที่แสดงถึงเหตุการณ์ในอดีตผ่านการตอบสนองด้วยการกระทำเป็นหลัก เพราะการกระทำอาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดีกว่าการอธิบายด้วยคำพูด ตัวอย่าง การขี่จักรยาน การผูกเงื่อน การขับรถ ซึ่งเป็นตัวแทนกล้ามเนื้อของเรา เช่นเดียวกับการศึกษาที่อธิบายถึงการเป็นตัวแทนจากการกระทำของเพียเจต์ (Piaget) จากพฤติกรรมของเด็ก ๆ ที่นอนอยู่ในเปลและเขย่ากระดิ่งเล่น ขณะที่เด็กเขย่ากระดิ่งบังเอิญทำกระดิ่งตกลงด้านข้างเปล เด็กจะหยุดชั่วขณะแล้วยกมือขึ้นดู เด็กทำท่าประหลาดใจและเขย่ามือเล่นต่อไป การที่เด็กเขย่ามือต่อไปนั้นโดยที่ไม่มีกระดิ่ง เพราะเด็กคิดว่ามือนั้นคือกระดิ่งและเมื่อเขย่ามือก็จะได้ยินเสียงเหมือนเขย่ากระดิ่ง กล่าวคือ เด็กถ่ายทอดสิ่งของ (กระดิ่ง) ในสถานการณ์ข้างต้นหรือประสบการณ์ด้วยการกระทำตามความหมายของบรูเนอร์

2) การเป็นตัวแทนจากจินตนาการ (Iconic representation) เป็นกระบวนการคิดหรือตัดสินใจสรุปเหตุการณ์จากการใช้ภาพที่เห็นเป็นหลัก เห็นได้จากตัวอย่างการทดลองของบรูเนอร์กับเด็กวัย 5 ปี และ 7 ปี โดยการให้เด็กดูภาพการจัดแก้ว 9 ใบ ต่อจากนั้นหยิบแก้วออกทีละแถวและให้เด็กจัดแก้วใหม่ให้เหมือนเดิม ผลปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างอายุ 5 และ 7 ปี กล่าวคือ เด็ก ๆ ทุกคนประสบความสำเร็จในการแทนที่แก้วให้เหมือนเดิม แต่ในการเรียงนั้นเด็กที่มีอายุมากกว่าจะจัดได้เร็วกว่าและอีกหนึ่งสถานการณ์ที่บรูเนอร์ทดลองคือ ให้เด็กเรียงแก้วสลับโดยให้เริ่มจากใบใหญ่ให้อยู่ทางซ้ายมือ ผลปรากฏว่า ความแตกต่างระหว่างเด็ก 2 วัยนี้คือ เด็กวัย 5 ปี เริ่มต้นอย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถจัดเรียงต่อได้ ในที่สุดเด็กจัดออกมาเหมือนแบบที่ให้เด็กดูตั้งแต่แรก ส่วนเด็กวัย 7 ปีนั้น สามารถเรียงแก้วสลับได้อย่างถูกต้อง บรูเนอร์จึงสรุปว่าการเกิดภาพในจินตนาการแสดงให้เห็นความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นตามอายุ

3) การเป็นตัวแทนจากสัญลักษณ์ (Symbolic representation) เป็นกระบวนการที่สามารถถ่ายทอดประสบการณ์ของตนให้ผู้อื่นทราบได้โดยการใช้ภาษาในรูปแบบของถ้อยคำเป็นหลัก ตัวอย่าง Philadelphia เป็นซองลาเวนเดอร์ในตู้เสื้อผ้าลินินของยาย หรือ $(x + 2)^2 = x^2 + 4x + 4 = x(x + 4) + 4$ ซึ่งภาษาเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความคิดและถือว่าเป็นพัฒนาการทางด้านความรู้และความเข้าใจขั้นสูงสุด

จากทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์ สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้ National Research Council (2006) สรุปไว้ว่า บรูเนอร์แนะนำให้นักเรียนเป็นนักแก้ปัญหาที่กระตือรือร้นพร้อมจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง และกล่าวอีกว่านักเรียนไม่ควรได้รับการสอนข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ที่แยกออกจากกัน แต่ควรช่วยให้นักเรียนค้นพบโครงสร้าง แนวคิดหรือทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้เห็นถึงความสำคัญกับกิจกรรมของการลงมือปฏิบัติ ชุดทดลองวิทยาศาสตร์จึงถูกนำมาใช้ในการจำลองการปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการจริงและช่วยผู้เรียนให้มีโอกาสเลือกและค้นพบสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง ลักษณะของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ เรียนรู้ด้วยภาพ และเรียนรู้ด้วยภาษาหรือสัญลักษณ์ ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นสิ่งที่พัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยเฉพาะในด้านพุทธิปัญญาตามทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.2 ทฤษฎีภาระการทำงานของสมอง (Cognitive load theory)

Sweller (2011) อธิบายว่า ทฤษฎีภาระการทำงานของสมอง (Cognitive load theory) เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับความเข้าใจของมนุษย์ โครงสร้างทางปัญญาของมนุษย์ (Cognitive architecture) เพื่อสร้างผลของการทดลองและการเรียนการสอน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจะแสดงให้เห็นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเรียนการสอนแบบใหม่กับวิธีการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม หากวิธีการเรียนการสอนใหม่ช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนง่ายขึ้น โดยพิจารณาจากผลสอบซึ่งเป็นผลมาจากความรู้ด้านการรับรู้ของมนุษย์ วิธีการเรียนการสอนใหม่นี้อาจเป็นตัวเลือกสำหรับนักออกแบบการเรียนการสอนและครู

ทฤษฎีภาระการทำงานของสมองไม่ได้มีลักษณะเฉพาะในการใช้การรับรู้ของมนุษย์ในการสร้างวิธีการเรียนการสอน แต่เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการออกแบบการเรียนการสอน คือ การใช้โครงสร้างทางปัญญา เช่น หน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ (Working memory) และหน่วยความจำระยะยาว (Long-term memory) ซึ่งโครงสร้างทางปัญญาเหล่านี้มีผลกระทบอย่างมากต่อการเรียนการสอน แต่มีข้อจำกัดของหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ ซึ่งเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการออกแบบการเรียนการสอน ขณะที่สมองกำลังทำความเข้าใจข้อมูลใหม่นั้น จะมีการระลึกหรือเรียกข้อมูลเก่าในหน่วยความจำระยะยาว โดยหน่วยความจำระยะยาวมีการเก็บความจำที่ไม่จำกัด ซึ่งหากการรับข้อมูลใหม่ ๆ เข้ามาทำให้หน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ได้รับข้อมูลจำนวนมากเกินหรือข้อมูลที่รับเข้ามาไม่สัมพันธ์กับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยะยาว จะเกิดภาวะที่หนักเกินไป (Overload) หรือเกินความสามารถสมองจะทำความเข้าใจในข้อมูลใหม่ที่ได้รับมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sweller (2011) อธิบายว่า ข้อมูลจะแตกต่างกันไปตามปริมาณที่ใช้ในหน่วยความจำในช่วงใช้งานอยู่ ซึ่งข้อมูลนี้มี 2 แหล่งที่เป็นพื้นฐานของภาระการทำงานของสมอง ข้อมูลบางอย่างกำหนดภาระการทำงานของสมองอย่างหนัก (Heavy cognitive load) เพราะเกิดจากลักษณะที่แท้จริงของข้อมูลนั้น ภาระในลักษณะนี้ถูกเรียกว่า ภาระภายใน (Intrinsic cognitive load) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยการเปลี่ยนสิ่งที่เรียนรู้หรือโดยการเปลี่ยนระดับความรู้ของผู้เรียน แต่ถ้าภาระการทำงานของสมองอย่างหนักไม่ได้เกิดจากธรรมชาติที่แท้จริงของข้อมูล แต่เป็นเพราะวิธีการนำเสนอข้อมูล ภาระนั้นเรียกว่า ภาระภายนอก (Extraneous cognitive load) ซึ่งสามารถลดได้โดยการเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนหรือวิธีการนำเสนอข้อมูล

ภาระภายใน หมายถึง ภาระการทำงานหนักของสมองที่เกิดจากความซับซ้อนของความรู้หรือข้อมูลที่จะได้รับ โดยไม่ต้องอ้างอิงถึงวิธีการที่ได้รับความรู้หรือข้อมูลนั้น และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่เรียนรู้หรือระดับความเชี่ยวชาญของผู้เรียน ตัวอย่างเช่น พิจารณานักเรียนที่ต้องเรียนรู้สัญลักษณ์ทางเคมี ซึ่งมีสัญลักษณ์มากมายและสัญลักษณ์แต่ละแบบสามารถเรียนรู้ได้โดยเป็นอิสระจากสัญลักษณ์อื่น ๆ เช่น นักเรียนสามารถเรียนรู้ว่า Cu เป็นสัญลักษณ์ของทองแดง โดยไม่มีการอ้างอิงถึงสัญลักษณ์ของเหล็กคือ Fe อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์นี้แสดงถึงภาระภายในที่ไม่ได้มากเกินไปจึงยังไม่ส่งผลต่อหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่มากนัก ในทางตรงกันข้าม ถ้าข้อมูลที่มีองค์ประกอบมาก ๆ ทำให้มีหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่เกิดภาวะที่หนัก เนื่องจากได้รับภาระภายในสูง ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้ที่จะสร้างความสมดุลสมการทางเคมีจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบจำนวนมากของข้อมูลในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่พร้อมกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

ภาระภายนอก หมายถึง ภาระการทำงานหนักของสมองที่เกิดวิธีการนำเสนอข้อมูลหรือวิธีการสอน วิธีการอธิบายของครู เช่น การใช้คำศัพท์เทคนิคมากเกินไป โดยขาดการอธิบายที่ชัดเจน การใช้วิธีสอนที่ไม่เหมาะกับธรรมชาติของเนื้อหา สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดภาระการทำงานหนักของสมองที่รบกวนการเรียนรู้อย่างยิ่ง ภาระภายนอกสามารถลดลงได้จากการออกแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน เช่น ปรับเปลี่ยนวิธีสอน การใช้สื่อการสอน

จากทฤษฎีภาระการทำงานของสมองที่อธิบายว่าภาระภายในไม่สามารถลดลงได้ แต่ภาระภายนอกสามารถลดได้ด้วยการออกแบบสื่อที่เหมาะสมและมีการนำเสนอที่ดี มีการแบ่งส่วนการนำเสนอเป็นขั้น ๆ ไม่เร็วจนเกินไป สามารถทำให้ภาระการทำงานของสมองลดลง และสมองสามารถนำหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ในส่วนที่เหลือไปช่วยในการเรียนรู้ส่วนอื่น ๆ ต่อไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนดีขึ้น ดังที่กอบเกียรติ สระอุบล และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์ (2557) อธิบายว่า สื่อการเรียนรู้ที่สามารถช่วยลดภาระการทำงานของสมองมีหลายรูปแบบด้วยกัน ส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นสื่อมัลติมีเดีย เพื่อให้ผู้เรียนรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสทางตาหู รวมถึงการสัมผัสหรือมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ความเป็นจริงเสริม หนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วีดิทัศน์ ดังนั้นในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาในงานวิจัยนี้ ต้องคำนึงถึงการออกแบบสื่อรวมไปถึงวิธีการนำเสนอ เพราะสามารถลดภาระภายนอกได้ เมื่อออกแบบสื่อได้เหมาะสม จะทำให้ภาระการทำงานของสมองของผู้เรียนโดยรวมลดลง ซึ่งสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Cognitive theory of multimedia learning)

Mayer (2009) อธิบายว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดียเป็นทฤษฎีที่อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์จากคำและรูปภาพ ภายใต้สมมติฐาน 3 ประการ ซึ่งรายละเอียดดังนี้

1) สมมติฐานการรับรู้สองช่องทาง (Dual-channel assumption) ระบุว่าผู้เรียนมีช่องทางสำหรับการประมวลผลข้อมูลทั้งภาพและการได้ยิน ได้แก่ ช่องทางการมองเห็น (Visual/Pictorial channel) และช่องทางการได้ยิน (Auditory/Verbal channel) เมื่อสายตารับข้อมูล เช่น ภาพประกอบ ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์หรือข้อความบนหน้าจอ มนุษย์จะเริ่มต้นด้วยการประมวลผลข้อมูลนั้นในช่องทางการมองเห็น เมื่อหูได้รับข้อมูล เช่น คำบรรยายหรือเสียงมนุษย์จะเริ่มต้นด้วยการประมวลผลข้อมูลนั้นในช่องทางการได้ยิน

แม้ว่าข้อมูลจะเข้าสู่ระบบข้อมูลของมนุษย์ผ่านช่องทางเดียว แต่อาจสามารถแปลงตัวแทนเพื่อประมวลผลในช่องทางอื่นได้ เมื่อมนุษย์เอาใจใส่ความรู้ ความเข้าใจที่เพียงพอ ข้อมูลที่นำเสนอในช่องหนึ่งจะถูกแสดงในช่องอื่นด้วย ตัวอย่างเช่น ข้อความบนหน้าจออาจถูกประมวลผลในช่องทางการมองเห็นในตอนแรกเนื่องจากมันถูกนำเสนอผ่ายสายตา แต่ผู้อ่านที่มีประสบการณ์อาจสามารถแปลงรูปภาพเป็นเสียงซึ่งประมวลผลผ่านช่องทางการได้ยิน

2) สมมติฐานขีดจำกัดในการรับข้อมูล (Limited capacity assumption) ระบุว่ามนุษย์ถูกจำกัดจำนวนข้อมูลที่สามารถประมวลผลได้ในแต่ละช่องทางในครั้งเดียว เมื่อนำเสนอภาพประกอบหรือภาพเคลื่อนไหวมนุษย์สามารถเก็บภาพได้เพียงไม่กี่ภาพในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ (Working memory) ในแต่ละครั้ง ทำให้สามารถแสดงเนื้อหาได้บางส่วนแทนที่จะเป็นเนื้อหาทั้งหมด และเมื่อมีการนำเสนอคำบรรยาย มนุษย์จะสามารถเก็บความจำเพื่อใช้งานได้เพียงไม่กี่คำในแต่ละครั้ง ไม่สามารถจดจำข้อมูลได้แบบต่อคำ ด้วยข้อจำกัดของความสามารถในการประมวลผลเหล่านี้ จึงทำให้มนุษย์จำเป็นต้องตัดสินใจรับข้อมูลที่เข้ามาเพียงบางอย่าง ไม่สามารถรับข้อมูลได้ทั้งหมดในคราวเดียว

3) สมมติฐานการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ (Active processing assumption) ระบุว่า มนุษย์มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาจากช่องทางการรับรู้ผ่านเข้าสู่กระบวนการกลั่นกรอง คัดเลือก จัดระบบ และบูรณาการ สมองของมนุษย์จะพยายามเพิ่มข้อมูลให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้และเก็บในหน่วยความจำ เพื่อสร้างการเป็นตัวแทนที่สอดคล้องกันของประสบการณ์ในคน ๆ นั้น

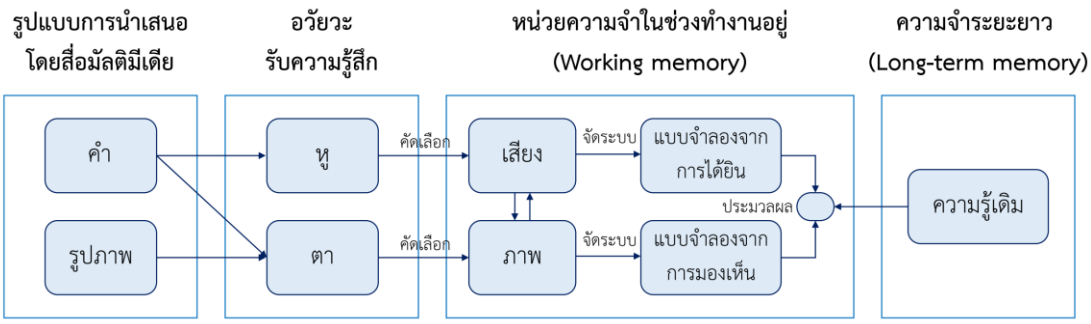
Mayer (2009) อธิบายว่าความเข้าใจสื่อมัลติมีเดียมักเกี่ยวข้องกับการสร้างโครงสร้างความรู้ประเภทใดประเภทหนึ่ง โดยโครงสร้างความรู้พื้นฐานแบ่งเป็น 5 ประเภท คือ กระบวนการ การเปรียบเทียบ หลักการทั่วไป การแจกแจง และการจำแนกประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โครงสร้างความรู้ 5 ประเภท โดย Mayer (2009)

ประเภทโครงสร้าง	คำอธิบาย	ตัวแทน	ตัวอย่าง
กระบวนการ (Process)	อธิบายสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น	ผังงาน (Flowchart)	การอธิบายว่าหูของมนุษย์ทำงานอย่างไร
การเปรียบเทียบ (Comparison)	เปรียบเทียบองค์ประกอบสองอย่างหรือมากกว่าในหลายมิติ	ตารางเปรียบเทียบ (Matrix)	เปรียบเทียบทฤษฎีการเรียนรู้สองทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของผู้เรียน ครูและวิธีการสอน
หลักการทั่วไป (Generalization)	อธิบายแนวคิดหลักและรายละเอียดต่าง ๆ	แผนภูมิต้นไม้ (Branching tree)	การนำเสนอวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับสาเหตุสำคัญของสงครามกลางเมืองอเมริกาพร้อมกับหลักฐาน
การแจกแจง (Enumeration)	นำเสนอรายการ	รายการ (List)	รายการ 12 หลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดีย
การจำแนกประเภท (Classification)	วิเคราะห์เป็นชุดและชุดย่อย	ลำดับขั้น (Hierarchy)	รายละเอียดของระบบการจำแนกทางชีวภาพของสัตว์ทะเล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมมติฐาน 3 ประการข้างต้น สามารถสรุปกระบวนการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดียได้ดังภาพที่ 1 โดยการเรียนรู้ที่มีความหมายที่จะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่สื่อมัลติมีเดียและผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ก็ต่อเมื่อสมองทำการคัดเลือก (Selecting) ข้อมูลจากสื่อมัลติมีเดียผ่านช่องทางการมองเห็นและช่องทางการได้ยินเข้ามาจัดระบบ (Organizing) ในความจำระยะสั้นหรือหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ (Short-term memory หรือ Working memory) ในรูปแบบของตัวแทนและบูรณาการ (Integrating) ตัวแทนนั้นกับความรู้เดิม (Prior knowledge) ในหน่วยความจำระยะยาว



ภาพที่ 1 กระบวนการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย ดัดแปลงจาก Mayer (2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mayer (2009) อธิบายถึงตัวอย่างกระบวนการการนำเสนอข้อมูล 3 ประเภทที่ถูกประมวลผลในทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย มีรายละเอียดดังนี้

1) การนำเสนอข้อมูลด้วยภาพ

การนำเสนอภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว จะสามารถรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทางตา ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นโดยไม่ต้องใช้ความพยายามผู้เรียนมากนัก แต่ตอนนี้การประมวลผลทางสมองจะเริ่มต้นขึ้น หากผู้เรียนให้ความสนใจกับภาพที่เข้าผ่านตา บางส่วนของภาพจะกลายเป็นตัวแทนในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ เมื่อฐานของการเก็บภาพเต็มไปด้วยชิ้นส่วนของภาพ การประมวลผลความรู้ความเข้าใจในครั้งต่อไปจะเกี่ยวข้องกับการจัดระบบชิ้นส่วนของภาพเหล่านี้ให้เป็นโครงสร้างที่เชื่อมโยงกัน ซึ่งการจัดระบบรูปภาพเป็นการแสดงให้เห็นถึงความรู้ที่เกิดขึ้นเป็นแบบจำลองจากการมองเห็น (แบบจำลองภาพ) ในที่สุดการประมวลผลความรู้ความเข้าใจในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่จะต้องเชื่อมต่อการเป็นตัวแทนใหม่ที่มีความรู้อื่น ๆ ซึ่งคือการบูรณาการ นอกจากนี้หาก

ผู้เรียนสร้างแบบจำลองจากการได้ยินหรือวาจา พวกเขาอาจพยายามเชื่อมต่อกับแบบจำลองรูปภาพภายใต้หน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่

2) การนำเสนอข้อมูลด้วยคำพูด

คำบรรยายหรือเสียงจะสามารถรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทางหูและเก็บไว้การประมวลผลความรู้ความเข้าใจในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่สามารถเกิดขึ้นได้ หากผู้เรียนให้ความสนใจกับเสียงที่เข้ามาในหูของผู้เรียน เสียงที่เข้ามาบางส่วนจะถูกเลือกเพื่อรวมไว้ในฐานของคำที่อยู่ในรูปของเสียง ซึ่งคำในฐานของคำนั้นเป็นชิ้นส่วนที่ไม่เป็นระบบจึงต้องมีการจัดระบบคือ การสร้างคำเหล่านั้นลงในโครงสร้างที่เชื่อมโยงกัน และสร้างเป็นแบบจำลองทางการได้ยินหรือวาจา ในกระบวนการนี้คำจะเปลี่ยนจากรูปแบบของเสียงเป็นตัวแทนตามความหมายของคำ หรืออาจเชื่อมโยงคำกับรูปภาพเข้าด้วยกัน

3) การนำเสนอข้อมูลด้วยคำที่อยู่ในรูปแบบของการพิมพ์

การประมวลผลความรู้ความเข้าใจของภาพส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่องการมองเห็น ในขณะที่การประมวลผลความรู้ความเข้าใจของคำพูดส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่องทางการได้ยินและจากคำที่อยู่ในรูปแบบของการพิมพ์ จะสามารถรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทางดวงตา และนำมาไว้ในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่ในฐานของภาพ จากนั้นสามารถนำคำเข้าไปในฐานของคำในรูปแบบเสียง หลังจากนั้นสามารถสร้างแบบจำลองทางการได้ยินหรือวาจาที่สอดคล้องกับฐานเก็บภาพได้ และในที่สุดการประมวลผลความรู้ความเข้าใจในหน่วยความจำในช่วงทำงานอยู่จะต้องเชื่อมต่อความรู้อื่น ๆ ที่ดึงมาจากหน่วยความจำระยะยาวซึ่งคือการบูรณาการของความรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในระหว่างการเรียนผ่านสื่อมัลติมีเดีย สมองของผู้เรียนจะเกิดกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) ขึ้น 3 ประเภท ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีภาระการทำงานของสมอง ได้แก่ ภาระภายนอกและภาระภายใน

ในการจัดการและควบคุมกระบวนการทางปัญญาแต่ละประเภท Mayer (2009) ได้อธิบายเชื่อมโยงกับหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดีย (Principles of multimedia design) โดยแบ่งหมวดหมู่ตามประเภทของภาระการทำงานของสมองของ Sweller (2011) แต่ Mayer (2009) ได้เพิ่มเติมภาระการทำงานของสมองอีกประเภทเรียกว่า ภาระอัตโนมัติ (Germane cognitive load) ซึ่งหมายถึง ภาระการทำงานหนักของสมองที่เกิดจากในการประมวลผลระหว่างการเรียนรู้ภายใต้

แรงจูงใจของตัวผู้เรียนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนนั้นอย่างลึกซึ้ง หลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียตามแนวคิดของ Mayer ประกอบไปด้วยหลักการที่มีประโยชน์และสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนที่มีความรู้เดิมน้อย รวมถึงการใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความซับซ้อนกับผู้เรียน เพื่อให้มีผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ แบ่งเป็น 3 หมวด โดยรายละเอียดแต่ละหมวดมีดังต่อไปนี้

หมวดที่ 1 การลดกระบวนการทางปัญญาภาระภายนอก (Reducing extraneous processing)

กระบวนการทางปัญญาภาระภายนอก (Extraneous cognitive process) หรือภาระภายนอก เป็นกระบวนการทางปัญญาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายของการเรียนการสอน ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบการเรียนการสอนที่ไม่มีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การวางภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันไว้คนละหน้า ทำให้ผู้เรียนต้องเปิดกระดาษไปมาหรือพลิกกระดาษไปมา ดังนั้นหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียที่ดีนั้น ควรลดภาระภายนอกให้ได้มากที่สุด โดยการใช้สื่อที่มีประสิทธิภาพ หลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียที่มีประสิทธิภาพและช่วยลดภาระภายนอกได้เป็นอย่างดีมีทั้งหมด 5 หลักการ ดังนี้

1) หลักการลดกลุ่มก้อน (Coherence principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียใช้เฉพาะภาพ ข้อความ หรือเสียงที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนนั้น ส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องควรตัดออกไป

2) หลักการการเน้นความสำคัญของเรื่อง (Signaling principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียเน้นส่วนสำคัญของเนื้อหานั้น เช่น คำศัพท์ใหม่ สัญลักษณ์สำคัญ คำแนะนำ คำสั่งต่าง ๆ ภาพที่จำเป็น

3) หลักการการลดความซ้ำซ้อน (Redundancy principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียมีการเล่าเรื่องประกอบภาพ ไม่ควรใช้ข้อความที่เป็นเนื้อหาบรรยายปริมาณมาก ๆ ใส่เข้าไปในสื่อ

4) หลักการความใกล้ชิด (Spatial contiguity principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันไว้ข้างกันหรือบริเวณใกล้เคียงกัน

5) หลักการการปรากฏต่อเนื่อง (Temporal contiguity principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันพร้อม ๆ กันอย่างต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมวดที่ 2 การจัดการกระบวนการทางปัญญาภาระภายใน (Managing essential processing)

กระบวนการทางปัญญาภาระจำเป็น (Essential cognitive process) หรือภาระภายใน เป็นกระบวนการทางปัญญาที่จำเป็นต่อผู้เรียนเพื่อเป็นตัวแทนสิ่งที่ถูกนำเสนอไว้ตามเป้าหมายของการนำเสนอ ซึ่งขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของสิ่งนั้น ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนรับชมบทเรียนที่เนื้อหามีความซับซ้อนผ่านสื่อมัลติมีเดียที่นำเสนอเนื้อหาเร็วเกินไป และสภาวะปริมาณข้อมูลเกินขีดจำกัด (Overload) ดังนั้นหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียที่ดีนั้น ควรมีการจัดการ หรือหลีกเลี่ยงสภาวะปริมาณข้อมูลเกินขีดจำกัดจากกระบวนการทางปัญญาภาระภายใน โดยหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียในหมวดนี้มีทั้งหมด 3 หลักการ ดังนี้

1) หลักการการแบ่งส่วนย่อย (Segmenting principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียมีการนำเสนอเนื้อหาเป็นส่วนย่อย ๆ ไม่ควรนำเสนอเนื้อหาทั้งหมดพร้อมกัน

2) หลักการการเตรียมก่อนสอน (Pre-training principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียมีการระบุรายละเอียดให้เห็นภาพรวมเนื้อหาทั้งหมดก่อนเริ่มเรียน

3) หลักการการใช้ภาพและเสียงพูด (Modality principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอเนื้อหาด้วยภาพและเสียงบรรยาย ซึ่งดีกว่าการนำเสนอด้วยภาพและข้อความ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมวดที่ 3 การสนับสนุนกระบวนการทางปัญญาเพื่อการเรียนรู้ในเชิงลึก (Fostering generative processing)

กระบวนการทางปัญญาเพื่อการเรียนรู้ในเชิงลึก (Generative cognitive process) หรือภาระอัตโนมัติเป็นกระบวนการทางปัญญาสำหรับการทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงจูงใจของผู้เรียน เช่น หากผู้เรียนรู้สึกต่อต้านหรือไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจบทเรียนที่สื่อนำเสนอกระบวนการทางปัญญาประเภทนี้ก็จะไม่เกิดขึ้นแม้สมองจะมีพื้นที่เหลืออยู่มากพอก็ตาม ซึ่งกระบวนการทางปัญญาเพื่อการเรียนรู้ในเชิงลึกจะทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้ใหม่ในหน่วยความจำระยะยาว ดังนั้นหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียที่ดีนั้น ควรก่อให้เกิดกระบวนการทางปัญญาเพื่อการเรียนรู้ในเชิงลึกให้ได้มากที่สุด โดยหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียในหมวดนี้มีทั้งหมด 4 หลักการ ดังนี้

1) หลักการการใช้สื่อผสม (Multimedia principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้จากข้อความพร้อมกับภาพ ได้ดีกว่าข้อความเพียงอย่างเดียว

2) หลักการการใช้ภาษาสนทนา (Personalization principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้สื่อมัลติมีเดียที่นำเสนอภาษาที่มีรูปแบบใกล้เคียงบทสนทนา (ภาษาพูด) ได้ดีกว่าการใช้ภาษาทางการ

3) หลักการการใช้เสียง (Voice principle) ระบุว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้สื่อมัลติมีเดียที่มีเสียงบรรยายเป็นเสียงมนุษย์ได้ดีกว่าเสียงบรรยายจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4) หลักการการใช้รูปภาพ (Image principle) ระบุว่า การใส่ภาพของผู้บรรยายเสียงลงในสื่อมัลติมีเดียไม่มีส่วนช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย ได้ระบุหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียทั้ง 3 หมวด รวม 12 หลักการของ Mayer (2009) ซึ่งเป็นหลักการที่อธิบายถึงลักษณะของสื่อมัลติมีเดียที่ดีและสามารถนำไปใช้ได้ง่าย รวมถึงสามารถพัฒนาการเรียนรู้ทางด้านพุทธิปัญญาของผู้เรียน ดังนั้นหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียดังกล่าวจึงเป็นหลักการที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียที่จะแสดงผ่านความเป็นจริงเสริมที่ผสมผสานกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ของงานวิจัยนี้

1.5 แนวทางการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ประเด็นคือ การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปทดลองใช้และการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้ มีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปทดลองใช้

การผลิตสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นั้น ก่อนนำไปทดลองใช้จำเป็นต้องมีการประเมินเพื่อดูว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่ ดังนั้นผู้ผลิตสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จึงจำเป็นต้องนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปประเมินเพื่อหาคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียดดังนี้

Billah and Widiyatmoko (2018); Irwansyah et al. (2017) ศึกษาการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าการประเมินสื่อการเรียนรู้เพื่อหาคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ การใช้แบบสอบถาม เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้และด้านเนื้อหามาปรับปรุงให้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีคุณภาพดีขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Asikin and Daningsih (2018) ที่มีการประเมินสื่อการเรียนรู้ด้วยแบบสอบถาม ทั้งนี้ได้มีการเพิ่มเติมการใช้แบบสัมภาษณ์ร่วมด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้กับนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยเหล่านี้สามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือที่จำเป็นต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปทดลองใช้ ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อรายงานค่าคะแนนเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ รวมถึงนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญไปใช้พัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

1.5.2 การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้

การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ต่อกลุ่มเป้าหมายในสภาพจริง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาตัดสินใจว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิผล สามารถใช้ได้จริง บรรลุตามวัตถุประสงค์และก่อให้เกิดความพึงพอใจต่อกลุ่มเป้าหมายหรือไม่ โดยมีวิธีการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ มีรายละเอียดดังนี้

มานิตย์ อาษานอก (2561); รัตนะ บัวสนธ์ (2563) อธิบายว่า ประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ผลของการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index, E.I.) หาได้จากสูตร

สูตร $$E.I. = \frac{\sum X_{posttest} - \sum X_{pretest}}{(N)(A) - \sum X_{pretest}}$$

เมื่อ E.I. คือ ค่าดัชนีประสิทธิผล

$\sum X_{pretest}$ คือ ผลรวมของคะแนนก่อนการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

$\sum X_{posttest}$ คือ ผลรวมของคะแนนหลังการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

N คือ จำนวนนักเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเป็นไปได้สูงสูดคือ 1 ในกรณีที่คำนวณและค่าติดลบ แสดงว่า คะแนนก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนหลังเรียน หรือสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไม่มีประสิทธิผล ในการแปรผลค่าดัชนีประสิทธิผลจะนำค่าที่คำนวณได้นำไปเทียบกับค่า E.I. สูงสุดคือ 1.00 เช่น ค่า E.I.= 0.3526 หมายถึง ค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.3526 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนจากการเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 0.3526 หรือคิดเป็นร้อยละ 35.26

นอกจากการคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล จะบ่งบอกถึงคุณภาพของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ได้แล้ว รัตนะ บัวสนธ์ (2563) ได้แนะนำเพิ่มเติมถึงวิธีการที่หลากหลายอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินสื่อการเรียนรู้ได้ เช่น 1) การจัดประชุมผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นวิธีการที่สะดวกและทำให้ได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ โดยใช้ระยะเวลาค่อนข้างสั้น 2) การสัมภาษณ์ ใช้เพื่อเก็บข้อมูลความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในเชิงลึก และมีประโยชน์ในการนำไปใช้เพื่อปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้ได้ยิ่งขึ้น 3) การรายงานตนเอง เป็นการสะท้อนมุมมองของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ และ 4) การใช้แบบสอบถามความคิดเห็น เป็นการให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ได้แสดงความคิดเห็นและความพึงพอใจตลอดจนข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กล่าวโดยสรุป การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการประเมินคุณภาพของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เพื่อให้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีความถูกต้องและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพมากขึ้น ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้ และการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้ เพื่อศึกษาประสิทธิผล การใช้งานได้จริงและความพึงพอใจต่อกลุ่มเป้าหมาย

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สามารถแบ่งเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของมโนทัศน์ทางชีววิทยา 2) สาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และ 4) แนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางชีววิทยา

มโนทัศน์ทางชีววิทยาตรงกับภาษาอังกฤษคือ Biological concept หรือ Biology concept ซึ่ง Akerson et al. (2015); Chavan and Patankar (2018); Krishnamoorthy and Perumal (2013) ให้ความหมาย มโนทัศน์ทางชีววิทยาว่าเป็นแนวคิดหรือความเข้าใจที่แสดงลักษณะทั่วไปของสิ่ง ๆ นั้นที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยา และสามารถใช้อ้างถึงสิ่งที่เฉพาะเจาะจงในทางชีววิทยา อีกทั้ง Akerson et al. (2015) ได้ระบุเพิ่มเติมว่า แนวคิดในทางชีววิทยา เน้นในด้านความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ด้านการเจริญเติบโตและการพัฒนาของสิ่งมีชีวิต ด้านเชื้อโรคและการติดเชื้อ รวมถึงด้านพืชและสัตว์

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง ชุดของแนวคิดหรือความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ความแตกต่างระหว่างสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต การเจริญเติบโตและการพัฒนาของสิ่งมีชีวิต เชื้อโรคและการติดเชื้อ พืชและสัตว์ ที่แสดงลักษณะทั่วไปของสิ่ง ๆ นั้น และสามารถใช้อ้างถึงหรืออนุมานสิ่งที่เฉพาะเจาะจงในทางชีววิทยาในด้านที่กล่าวมาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 สาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาระสำคัญและเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (DNA technology) แบ่งเป็น 2 ประเด็นคือ 1) ความหมายของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและความสำคัญในหลักสูตร และ 2) เนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ความหมายของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและความสำคัญในหลักสูตร

Nordqvist and Aronsson (2019); Urry et al. (2017) ให้ความหมายของคำว่าเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หมายถึง เทคนิคในการหาลำดับและจัดการดีเอ็นเอ ซึ่งประยุกต์ในใช้ระบบชีวภาพ สิ่งมีชีวิต หรือส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตเพื่อสร้างหรือปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการสำหรับการใช้งานที่เฉพาะ ซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นเนื้อหาที่มีความทันสมัยสอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต อีกทั้งเป็นเนื้อหาที่เพิ่มเติมเข้ามาในสาระชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยระบุผลการเรียนรู้และสาระสำคัญที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเรียนรู้และสาระสำคัญเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

สาระชีววิทยา
เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน **เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ** หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
ผลการเรียนรู้
1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอสายผสม 2. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม
สาระสำคัญ
1. การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการสร้างดีเอ็นเอสายผสม สามารถนำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนที่ต้องการมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติตามต้องการ 2. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบต่อสังคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของสาระชีววิทยา ในมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เน้นให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และอภิปราย ซึ่งแต่ละคำ กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

1) สืบค้นข้อมูล หมายถึง หาข้อมูล หรือข้อสนเทศที่มีผู้รวบรวมไว้แล้วจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์

2) อธิบาย หมายถึง กล่าวถึงเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และมีข้อมูล หรือประจักษ์พยานอ้างอิง

3) ยกตัวอย่าง หมายถึง ให้ข้อมูลเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ เพื่อแสดงความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้

4) อภิปราย หมายถึง แสดงความคิดเห็นต่อประเด็น หรือคำถามอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้อภิปรายและข้อมูลประกอบ

ดังนั้นการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนจึงเป็นส่วนที่สำคัญต่อการบรรลุผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนรู้เนื้อหาและสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และอภิปรายความคิดเห็นต่อประเด็นต่าง ๆ ได้ ดังที่กล่าวถึงในงานวิจัยของ Chang and Yu (2017); Rachmawati et al. (2018); ทวีศิลป์ พรมสุวรรณ์ (2556) ว่าการนำสื่อการเรียนรู้ เช่น ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้นโดยการสืบค้นข้อมูล อธิบาย ยกตัวอย่าง และอภิปรายร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับในด้านเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้วิจัยได้มีการศึกษาและวิเคราะห์แบบเรียนที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แบบเรียนไทย รายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของเธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ (2561); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2562) และแบบเรียนต่างประเทศ รายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของ Jones et al. (2014) รับรองโดย Cambridge international examinations พบว่าผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีสาระสำคัญดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียนวิชาชีววิทยา

	แบบเรียนรายวิชาชีววิทยาของประเทศไทย (เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)	**แบบเรียนรายวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ** (Jones et al., 2014)
ผลการเรียนรู้	1. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอสายผสมได้ 2. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรมได้	1. อธิบายหลักการของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เครื่องมือและเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมได้ 2. อธิบายเทคนิคพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้ 3. อธิบายหลักการของไมโครอาร์เรย์ได้ 4. อธิบายประโยชน์จากชีวสารสนเทศศาสตร์ได้ 5. ยกตัวอย่างการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในทางการแพทย์ได้ 6. อธิบายการประยุกต์ใช้สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมในด้านการเกษตรได้
มโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	**เทคนิคในเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ**	
	1. การตัดต่อและการถ่ายยีนเข้าสู่สิ่งมีชีวิต โดยใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมจะได้สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่มีสมบัติตามที่มนุษย์ต้องการหรือมีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม 2. การสร้างดีเอ็นเอสายผสมอาจทำได้โดยการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดสายดีเอ็นเอ จากนั้นใช้เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสเชื่อมสายดีเอ็นเอที่ถูกตัดแล้ว กับชิ้นส่วนดีเอ็นเออื่นที่ถูกตัดเช่นกันให้มาต่อกัน 3. การโคลนยีนทำได้โดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียในการสร้างดีเอ็นเอสายผสม แล้วนำไปเพิ่มจำนวน โดยถ่ายดีเอ็นเอสายผสมนี้เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย	1. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นใช้เทคนิคที่หลากหลายในการตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์หรือลำดับเบสในดีเอ็นเอ และการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต 2. เทคนิค Crispr คือวิธีการแก้ไขดีเอ็นเอที่มีความผิดปกติหรือต้องการแก้ไข ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 3. พันธุวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแยกยีนจากสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ตัดต่อใส่ดีเอ็นเอ อีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อสร้างดีเอ็นเอสายผสมให้ได้สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 ผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียนวิชาชีววิทยา (ต่อ)

	แบบเรียนรายวิชาชีววิทยา ของประเทศไทย (เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)	**แบบเรียนรายวิชาชีววิทยา ของต่างประเทศ** (Jones et al., 2014)
	4. การโคลนยีนอีกวิธีหนึ่งสามารถใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR) ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเออีกวิธีหนึ่ง โดยสามารถเพิ่มปริมาณของดีเอ็นเอบริเวณที่ต้องการจากดีเอ็นเอแม่แบบที่มีปริมาณน้อยผ่านกระบวนการจำลองดีเอ็นเอซ้ำกันหลาย ๆ รอบในหลอดทดลอง ในระยะเวลาอันรวดเร็ว 5. เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นเทคนิคการแยกโมเลกุลสารรวมถึงดีเอ็นเอ ที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันในสนามไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นวุ้น และสามารถใช้หาขนาดของโมเลกุลได้ โดยเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของเครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker)	4. พีซีอาร์ (PCR) เป็นวิธีการจำลองดีเอ็นเอจำนวนมากจากปริมาณดีเอ็นเอแม่แบบที่น้อยมาก โดยเกิดการแยกสายดีเอ็นเอสายคู่เป็นสายเดี่ยวด้วยความร้อน และมีดีเอ็นเอไพรเมอร์ (DNA primer) เข้าจับกับสายดีเอ็นเอแม่แบบที่ถูกแยกออก เพื่อให้ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส (DNA polymerase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์สายดีเอ็นเอ โดยใช้นิวคลีโอไทด์เพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่และทำกระบวนการเช่นนี้หลาย ๆ รอบ 5. เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีการแยกโปรตีนและชิ้นส่วนสารพันธุกรรมที่มีความยาวและรูปร่างแตกต่างกัน โดยโปรตีนหรือสารพันธุกรรมที่จะทดสอบจะถูกบรรจุในช่องใส่สารวุ้นและใช้สนามไฟฟ้าไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการแยกขนาดบนวุ้น 6. ไมโครอาร์เรย์เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยวัดการแสดงออกของยีนจำนวนมากในเวลาเดียวกัน โดยการอาศัยหลักการไฮบริไดเซชัน (Hybridization) 7. ชีวสารสนเทศศาสตร์เป็นการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวภาพ โดยเฉพาะลำดับนิวคลีโอไทด์และกรดแอมิโน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 ผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียนวิชาชีววิทยา (ต่อ)

	แบบเรียนรายวิชาชีววิทยาของประเทศไทย (เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)	**แบบเรียนรายวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ** (Jones et al., 2014)
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ		
	1. การสร้างผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ในปริมาณมาก ๆ และรวดเร็ว เช่น วัคซีน บางชนิด ฮอร์โมน เป็นต้น อาศัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 2. การวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรมบางโรคจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้ตรวจพบได้รวดเร็ว มีความจำเพาะ แม้ว่าผู้ป่วยจะเป็นพาหะหรือยังไม่แสดงอาการของโรค 3. การรักษาโรคทางพันธุกรรมรวมถึงอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการแสดงออกของยีน และการแก้ไขยีนในตำแหน่งที่ผิดปกติในจีโนมได้อย่างจำเพาะสามารถนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาใช้ในการรักษาได้ 4. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์และสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะตามต้องการ 5. การใช้ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมในกระบวนการผลิตสินค้าในเชิงอุตสาหกรรม เช่น การมันฝรั่งดัดแปรพันธุกรรมที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ 6. การตรวจหาวัตถุพยานทางชีววิทยา โดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อพิสูจน์ตัวบุคคลหรือพิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายเลือดที่แม่นยำ	1. การสร้างโปรตีนของมนุษย์จำนวนมากโดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอจากการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เช่น ฮอร์โมนอินซูลิน (Insulin) 2. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมีบทบาทในการตรวจคัดกรองทางพันธุกรรมเพื่อดูว่ามีแอลลีลที่ผิดปกติที่อาจทำให้เกิดโรค ตัวอย่างโรคที่สามารถคัดกรองได้ เช่น มะเร็งเต้านม โรคฮีโมฟิเลีย 3. ยีนบำบัดเป็นเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เป็นการเพิ่มยีนในเซลล์มนุษย์หรือสัตว์ที่สามารถรักษาหรือลดอาการของโรคทางพันธุกรรม 4. พันธุวิศวกรรมใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตของพืชและปศุสัตว์เพื่อแก้ปัญหาความต้องการในด้านอาหารทั่วโลก ตัวอย่างเช่น ข้าวโพดบีที ข้าวเสริมวิตามินเอ 5. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เช่น Gene probe ซึ่งเป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวที่ติดฉลากเพื่อให้สามารถสังเกตหรือติดตามได้ เพื่อนำมาใช้ตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อค้นหาดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยจากสถานที่เกิดเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

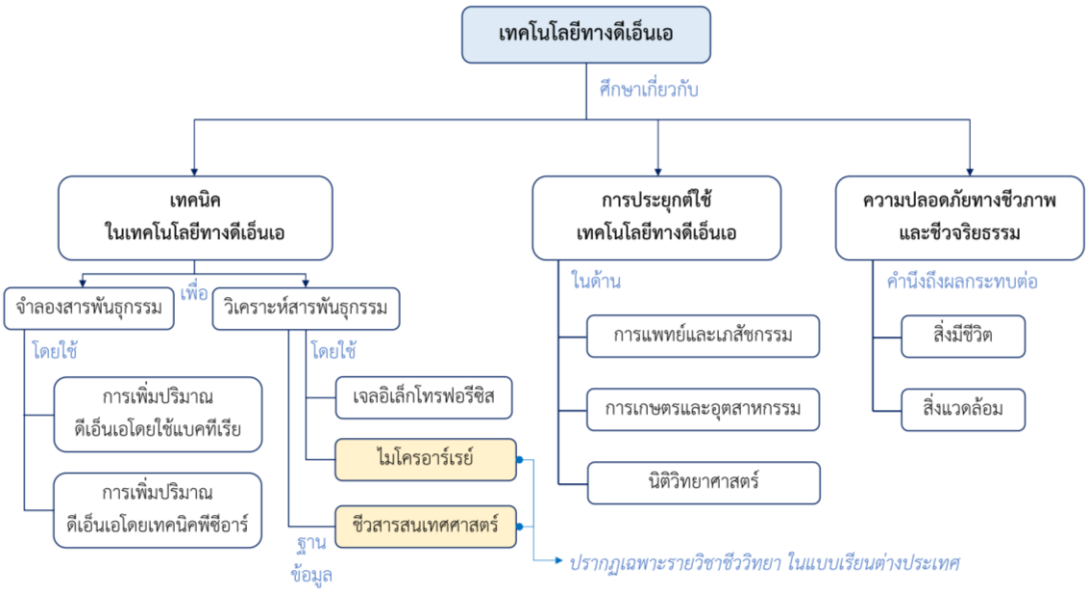
ตารางที่ 5 ผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียนวิชาชีววิทยา (ต่อ)

	แบบเรียนรายวิชาชีววิทยา ของประเทศไทย (เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)	**แบบเรียนรายวิชาชีววิทยา ของต่างประเทศ** (Jones et al., 2014)
ผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม		
	1. การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรจะเป็นไปโดยระมัดระวัง และคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมทั้งความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม 2. ความกังวลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ เนื่องจากเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นการปรับแต่งพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ที่อาจมีผลเสียต่าง ๆ ตามมา 3. การใช้ประโยชน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอยังมีความกังวลด้านชีวจริยธรรมและด้านสังคม ซึ่งชีวจริยธรรม หมายถึง การปฏิบัติอย่างมีคุณธรรม โดยไม่ทำร้ายหรือทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต	1. ผลกระทบทางสังคมของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นเป็นทั้งประโยชน์และโทษต่อสังคมมนุษย์ 2. จริยธรรมเป็นชุดของมาตรฐานที่กลุ่มคนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เห็นด้วยที่จะควบคุมพฤติกรรมให้เป็นที่ยอมรับ และต้องตัดสินใจก่อนว่าการวิจัยเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอนั้นเป็นที่ยอมรับหรือไม่ก่อนที่จะนำมาใช้ 3. การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรจะเป็นไปโดยระมัดระวัง และคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ เช่น สุขภาพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในตารางที่ 5 ของแบบเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบข้อแตกต่างดังนี้ ในรายวิชาชีววิทยาในแบบเรียนต่างประเทศ มีผลการเรียนรู้ในเรื่องไมโครแอเรย์และชีวสารสนเทศศาสตร์ ซึ่งรายวิชาชีววิทยาในประเทศไม่ปรากฏผลการเรียนรู้ในเรื่องนี้ อีกทั้งมีรายละเอียดบางหัวเรื่องที่แตกต่างกัน ได้แก่ หัวเรื่องเทคนิคในเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้แก่ ประเด็นเทคนิค Crispr ไมโครอาร์เรย์ และชีวสารสนเทศศาสตร์ ที่ปรากฏเฉพาะรายวิชาชีววิทยาในแบบเรียนต่างประเทศ ส่วนหัวเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรมมีความคล้ายคลึงกันทั้งแบบเรียนในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ การประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์

และเภสัชกรรม การเกษตรและอุตสาหกรรม และนิติวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลกระทบและข้อกังวลจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และจากการวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทั้งแบบเรียนในประเทศและต่างประเทศสามารถกำหนดหัวเรื่องหลัก ได้ดังนี้ เทคนิคในเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม โดยสามารถสรุปเป็นผังมโนทัศน์หัวเรื่องต่าง ๆ ในมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ดังภาพที่ 2



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2 หัวเรื่องต่าง ๆ ในมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบเรียน

ขอบเขตของเนื้อหาที่นำไปใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่พัฒนาโดยผู้วิจัยประกอบด้วยหัวเรื่องดังนี้ การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เนื่องจากหัวเรื่องเหล่านี้เป็นเหมาะสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อีกทั้งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐานในอนาคต นอกจากนี้เนื้อหาดังกล่าวมีความทันสมัย สอดคล้องกับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

2.2.2 เนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา

เนื้อหาในมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง ดังนี้ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเนื้อหาอ้างอิงจากแบบเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Fullick, 2016; Jones et al., 2014; เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์

การโคลนดีเอ็นเอ (DNA cloning) เป็นการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ เช่น ดีเอ็นเอสายผสมที่ผ่านการตัดต่อมานั้นอาจไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ประโยชน์ จึงอาศัยการโคลนดีเอ็นเอเพื่อเพิ่มจำนวนให้เพียงพอต่อการนำไปใช้ และหากดีเอ็นเอบริเวณนั้นเป็นยีน (Gene) จะเรียกว่าการโคลนยีน (Gene cloning) แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียและการโคลนยีนในหลอดทดลองโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (Polymerase chain reaction, PCR) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการโคลนยีนในหลอดทดลองโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์

การโคลนยีนในหลอดทดลองโดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ ถูกพัฒนาขึ้นโดย Kary Mullis ในปี ค.ศ. 1983 เป็นเทคนิคการเพิ่มชิ้นส่วนของดีเอ็นเอในหลอดทดลอง โดยอาศัยเครื่องเทอร์มอลไซเคลอร์ (Thermal cycler) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งกำหนดจำนวนรอบและเวลาสำหรับปฏิกิริยาในแต่ละขั้นตอนได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งองค์ประกอบของการทำพีซีอาร์มีดังนี้ 1) สายดีเอ็นเอแม่แบบ (Template strand) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่ต้องการโคลน 2) ดีเอ็นเอไพรเมอร์ (DNA primer) เป็นดีเอ็นเอสายสั้นที่มีลำดับเบสคู่สมกับสายดีเอ็นเอแม่แบบ 3) นิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด (Deoxyribonucleotide triphosphate, dNTPs) และ 4) เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส (DNA polymerase) เป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่สร้างสายดีเอ็นเอและต้องเป็นเอนไซม์ชนิดที่สามารถทนความร้อนสูงได้โดยไม่เสียสภาพ ซึ่งเอนไซม์ที่นิยมใช้ในพีซีอาร์ คือ แท็คพอลิเมอเรส (*Taq* polymerase) ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดจะละลายอยู่ในสารละลายบัฟเฟอร์เพื่อควบคุมให้เกิดภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา

ขั้นตอนของพีซีอาร์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การแยกดีเอ็นเอสายคู่เป็นสายเดี่ยว (Denaturation) เป็นขั้นตอนที่ดีเอ็นเอสายคู่ที่ต้องการโคลนถูกแยกออกเป็นสายเดี่ยวโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 92 - 95 องศาเซลเซียส 2) การจับของไพรเมอร์กับดีเอ็นเอแม่แบบ (Annealing of primer) เป็นขั้นตอนการจับของไพรเมอร์กับดีเอ็นเอแม่แบบที่เป็นสายเดี่ยว โดยลดอุณหภูมิลงเหลือ 45 - 65 องศาเซลเซียส ซึ่งไพรเมอร์ทำหน้าที่เป็นจุดเริ่มต้นของการทำงานของเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรสเพื่อสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ อีกทั้งความยาวของไพรเมอร์และเบสในไพรเมอร์จะเป็นสิ่งที่กำหนดอุณหภูมิในขั้นตอนนี้ และ 3) การสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ต่อจากไพรเมอร์ (Extension) เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่โดยการเพิ่มนิวคลีโอไทด์ (dNTPs) ทั้งสี่ชนิดที่ปลายของไพรเมอร์ในทิศทาง 5′ ไป 3′ โดยการทำงานของเอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส ซึ่งอุณหภูมิของปฏิกิริยาจะถูกปรับให้อยู่ระหว่าง 65 - 75 องศาเซลเซียส

พีซีอาร์เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เนื่องจากจำนวนดีเอ็นเอสายใหม่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในแต่ละรอบและดีเอ็นเอสายใหม่พร้อมกับสายเก่าจะทำหน้าที่เป็นดีเอ็นเอแม่แบบในรอบถัดไป ดังนั้นจำนวนโมเลกุลของดีเอ็นเอ จะเท่ากับ 2^n เมื่อ n แทนจำนวนรอบของปฏิกิริยา ซึ่งปฏิกิริยาแต่ละรอบใช้เวลา ประมาณ 2 - 5 นาที และสามารถทำซ้ำได้ทันที โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 25 - 30 รอบ ใช้เวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นกว่าล้านเท่า

ข้อดีของพีซีอาร์ ได้แก่ 1) ปฏิกิริยาเป็นไปอย่างรวดเร็วและสามารถดำเนินการได้ภายในไม่กี่ชั่วโมง 2) พีซีอาร์มีความไวสูงและจำเพาะเจาะจงกับดีเอ็นเอแม่แบบ ถึงแม้ดีเอ็นเอแม่แบบจะมีปริมาณเริ่มต้นที่น้อยมาก และ 3) พีซีอาร์มีประโยชน์ในการใช้งานหลายประเภท เช่น ด้านนิติวิทยาศาสตร์ ด้านบรรพชีวินวิทยา ด้านอณูชีววิทยา แต่การทำพีซีอาร์มีข้อจำกัดเช่นกัน ได้แก่ 1) การทำพีซีอาร์จำเป็นต้องทราบลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอแม่แบบ เพื่อใช้ออกแบบดีเอ็นเอไพรเมอร์ซึ่งคู่ของดีเอ็นเอไพรเมอร์จะเข้าไปจับโดยคร่อมส่วนของดีเอ็นเอหรือยีนที่ต้องการศึกษา 2) การปนเปื้อนของดีเอ็นเออื่น ๆ ที่ไม่ใช่ดีเอ็นเอแม่แบบ หากดีเอ็นเอไพรเมอร์สามารถจับกับดีเอ็นเออื่นได้ จะมีการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนของดีเอ็นเอนั้นไปพร้อมกันกับดีเอ็นเอแม่แบบที่ต้องการศึกษา และ 3) โดยทั่วไปพีซีอาร์ไม่สามารถสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ที่ยาวเป็นพิเศษได้ โดยปกติจะได้ผลดีที่สุดเมื่อผลผลิตขนาดน้อยกว่า 1000 คู่เบส เพราะข้อจำกัดในการทำงานของเอนไซม์แท็คพอลิเมอเรส (*Taq* polymerase) ไม่มีกลไกที่ใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ เมื่อมีการต่อนิวคลีโอไทด์ไม่ถูกต้องจะไม่สามารถสังเคราะห์ต่อไปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส

หลังจากการเพิ่มจำนวนยีนหรือดีเอ็นเอด้วยการทำพีซีอาร์ ยีนหรือดีเอ็นเอจะถูกวิเคราะห์ เรียกว่า การวิเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA analysis) โดยใช้ความรู้พื้นฐานของการแยกโมเลกุลดีเอ็นเอที่มีขนาดและรูปร่างต่างกัน ภายใต้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส (Electrophoresis) ผ่านตัวกลางที่ลักษณะคล้ายวุ้น (Gel) จึงเรียกว่า เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส (Gel electrophoresis)

เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส เป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารในวุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า แล้วตรวจสอบขนาดโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล รูปร่าง และประจุจากความเร็วของการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า ซึ่งวิธีนี้สามารถใช้แยกได้โมเลกุลได้ทั้งดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และโปรตีน โดยในเนื้อหานี้จะเน้นการแยกโมเลกุลของดีเอ็นเอเป็นหลัก วิธีนี้ใช้แยกขนาดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอบนแผ่นตัวกลางในสารละลายบัพเฟอร์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งแผ่นตัวกลางมีลักษณะเป็นวุ้น โดยอาจใช้ Agarose gel หรือ Polyacrylamide gel วุ้นเหล่านี้มีคุณสมบัติคือเนื้อวุ้นจะมีรูพรุนเล็ก ๆ ที่ดีเอ็นเอสามารถเคลื่อนที่ผ่านได้

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่ให้กับสารละลายบัพเฟอร์และแผ่นตัวกลางจะมีขั้วลบอยู่ทางด้านที่มีช่องใส่ดีเอ็นเอ (Well) ขณะที่ขั้วบวกจะอยู่ด้านตรงข้าม เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอมีประจุโดยรวมเป็นลบเนื่องจากหมู่ฟอสเฟต เมื่ออยู่ในสนามไฟฟ้าโมเลกุลของดีเอ็นเอจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปสู่ขั้วบวกเสมอ ความเร็วในการเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของดีเอ็นเอ โดยดีเอ็นเอที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอที่มีขนาดใหญ่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในกรณีที่ดีเอ็นเอมีขนาดโมเลกุลเท่ากัน ดีเอ็นเอรูปวงเหวนที่มีการม้วนขดเป็นเกลียวแน่น (Supercoiled DNA) จะมีแรงเสียดทานน้อยกว่าดีเอ็นเอแบบเส้นตรง (Linear DNA) จึงเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า และดีเอ็นเอแบบเส้นตรงจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอรูปวงแหวนปกติ (Relaxed circular DNA) ทำให้สามารถแยกชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกจากกันได้ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์มักใส่เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) เพื่อใช้เทียบแถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นว่ามีขนาดเท่าใด โดยผลิตภัณฑ์จากการทำพีซีอาร์ที่ดีและถูกต้องควรให้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ชัดเจนและตรงตามขนาดที่ต้องการ แต่ถ้ามีขนาดไม่ตรงกับที่ต้องการและแถบดีเอ็นเอไม่ชัดเจน อาจเป็นดีเอ็นเอที่ไม่จำเพาะ (Non-specific DNA) หรือเป็นผลผลิตที่เกิดจากการจับกันเองของไพรเมอร์ (Primer dimer) ดังนั้นการทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสจะต้องมีกลุ่มควบคุมเชิงบวก (Positive control)

และกลุ่มควบคุมเชิงลบ (Negative control) ด้วยเสมอ ซึ่งจะบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของการทำปฏิกิริยาแต่ละครั้ง

ตำแหน่งของดีเอ็นเอบนเจลภายหลังการแยกแล้วสามารถมองเห็นได้ โดยการย้อมด้วย Ethidium Bromide (EtBr) เป็นสารในกลุ่ม intercalating (Intercalating agent) ที่จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเบสแต่ละคู่ภายในโมเลกุลของดีเอ็นเอทำให้สามารถมองเห็นดีเอ็นเอภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet, UV) ได้ แล้วนำเจลที่ย้อมด้วย EtBr ไปส่องผ่านรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อสังเกตผลซึ่งแถบดีเอ็นเอที่ถูกย้อมจะมีการเรืองแสงสีส้ม แต่เนื่องจาก EtBr เป็นสารที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ที่รุนแรงและอาจเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการใช้ EtBr ต้องใช้อย่างระมัดระวัง ในปัจจุบันมีการพัฒนาสีย้อมดีเอ็นเอที่มีความปลอดภัยมากกว่า EtBr เช่น SYBR Green, SYBR Safe, SYBR Gold ซึ่งสีเหล่านี้จะจับกับร่องรอง (Minor groove) ของดีเอ็นเอ

การวิเคราะห์ดีเอ็นเออีกหนึ่งวิธีได้แก่ การหาลำดับดีเอ็นเอ (DNA sequencing) จะทำให้ทราบลำดับเบสของชิ้นส่วนดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นข้อมูลในการศึกษาด้านพันธุศาสตร์และสามารถใช้ยืนยันชิ้นส่วนดีเอ็นเอดังอธิบายว่าเป็นยีนหรือชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการหรือไม่

3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในหลายด้าน ทั้งในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม และด้านนิติวิทยาศาสตร์

Chulalongkorn University

การนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะหรือคุณสมบัติที่ดีขึ้น ตัวอย่างการสร้างสัตว์หรือพืชดัดแปรพันธุกรรม เพื่อให้ผลิตสารหรือแสดงลักษณะตามต้องการออกมา ตัวอย่างเช่น 1) พืชดัดแปรพันธุกรรมที่มีความสามารถในการต้านทานแมลง โดยการถ่ายยีนที่สามารถสร้างสารพิษจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ซึ่งสามารถทำลายตัวอ่อนของแมลงบางประเภทอย่างเฉพาะเจาะจง โดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ 2) พืชดัดแปรพันธุกรรมที่มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น เช่น ข้าวสีทอง (Golden rice) เป็นข้าวที่สามารถสร้างวิตามินเอได้ โดยการตัดต่อยีนจากต้นแดฟโฟดิล (Daffodil) ที่มีความสามารถในการสร้างวิตามินเอเข้าไปในจีโนมของข้าว 3) พืชดัดแปรพันธุกรรมที่ต้านทานต่อโรค เช่น การถ่ายยีนสร้างโปรตีนเปลือกไวรัสเข้าสู่เซลล์ของมะละกอ แล้วชักนำให้มะละกอสร้างโปรตีนดังกล่าว ทำให้สามารถต้านทานเชื้อ

ไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคใบด่างจุดวงแหวนได้ 4) พืชดัดแปรพันธุกรรมเพื่อยืดอายุของผลผลิต โดยการนำยีนที่มีผลยับยั้งการสร้างเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทิลีน (Ethylene) เช่น มะเขือเทศ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและขนส่งในระยะทางไกลได้ และ 5) การดัดแปรพันธุกรรมในสัตว์ ส่วนใหญ่จะถูกใช้เพื่อปรับปรุงผลผลิตให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น วัวผลิตน้ำนมเร็วและมากขึ้น

การประยุกต์ใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการพัฒนาผลผลิตที่เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การดัดแปรพันธุกรรมของมันฝรั่งสายพันธุ์หนึ่งที่มีชื่อว่า Amflora potato ของบริษัท BASF เพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแป้งในมันฝรั่ง โดยปกติแป้งในมันฝรั่งมีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงผสมกับโซ่กิ่ง แต่มันฝรั่งที่ถูดดัดแปรพันธุกรรมจะมีโครงสร้างที่เป็นโซ่กิ่งเกือบทั้งหมด โดยมันฝรั่งดัดแปรพันธุกรรมนี้จะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตกระดาษและอุตสาหกรรมผลิตกาว นอกจากนี้การดัดแปรพันธุกรรมของจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตยาหรือฮอร์โมนบางชนิดที่ใช้ในทางการแพทย์ เช่น ฮอร์โมนอินซูลิน ก็ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อให้มีการผลิตในปริมาณมากและรวดเร็วขึ้น

การนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์และเภสัชกรรม เป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการวินิจฉัยโรค การรักษาโรค และการผลิตยาหรือฮอร์โมนบางชนิด ตัวอย่างเช่น การวินิจฉัยโรค โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ที่มีการออกแบบไพรเมอร์ให้จำเพาะกับยีนที่เกี่ยวข้องกับโรค การบำบัดด้วยยีน โดยแทรกยีนปกติเข้าสู่ร่างกายของผู้ป่วยหรือผู้มีความผิดปกติ เพื่อให้ยีนปกติเข้าไปแทนที่ยีนที่ผิดปกติ และสามารถทำงานแทนยีนที่ผิดปกติได้ หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม โดยแทรกยีนที่สามารถผลิตสารหรือฮอร์โมนให้กับแบคทีเรีย แล้วนำไปเพิ่มจำนวนเพื่อให้สามารถผลิตในปริมาณมากขึ้น

การประยุกต์ใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) บริเวณ Short tandem repeat, STRs เป็นส่วนของดีเอ็นเอที่มีการเรียงซ้ำต่อ ๆ กัน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายสูงและจะได้รับการถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก และเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล เพื่อระบุความสัมพันธ์ในครอบครัว และผู้กระทำความผิดในคดีต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จะมีประโยชน์ในหลายด้าน แต่ยังมีความกังวลด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ เนื่องจากเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นการปรับแต่งพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ที่อาจมีผลเสียต่าง ๆ ตามมา จึงมีข้อควรคำนึงถึง ดังนี้ 1) ความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตที่มียีนของสิ่งมีชีวิตอื่นที่อาจไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอาจกระตุ้นให้เกิดภูมิแพ้ 2) การเป็นพาหะของเชื้อโรคหรือสารพิษ เนื่องจากยีนจากไวรัสที่ใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอาจเป็นอันตรายต่อผู้รับได้ 3) การดื้อยาของเชื้อโรคเนื่องจากการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอาจเกิดความผิดพลาดและทำให้เกิดเชื้อก่อโรคสายพันธุ์ใหม่ที่ร้ายแรงและดื้อยาปฏิชีวนะ ทำให้ยากต่อการรักษา 4) ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เนื่องจากพืชที่ผ่านการดัดแปรพันธุกรรมที่ต้านทานต่อสารฆ่าแมลงซึ่งช่วยให้ผลผลิตมีคุณภาพที่ดีขึ้น แต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการตกค้างของสารเคมี ซึ่งอาจนำมาสู่การเกิดโรคมะเร็งในผู้ที่บริโภคได้เช่นกัน 5) การรับโภชนาการเกินปริมาณ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการดัดแปรพันธุกรรมอาจทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารมากกว่าอาหารที่ได้จากธรรมชาติทั่วไป และอาจมากเกินไปจนก่อให้เกิดโทษต่อร่างกาย โดยเฉพาะเด็กทารกที่อาจเป็นอันตรายได้ 6) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากอาจมีสายพันธุ์ใหม่ที่สามารถปรับตัวได้ดีกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิมในธรรมชาติ ทำให้สายพันธุ์ดังเดิมสูญพันธุ์ และ 7) การถ่ายยีนจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งสู่สิ่งมีชีวิตข้างเคียง เช่น การถ่ายยีนต้านทานโรคหรือต้านทานแมลงไปยังวัชพืชใกล้เคียง อาจทำให้เกิดวัชพืชที่มีความแข็งแรงจนยากต่อการควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อควรคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จึงมีมาตรการป้องกันต่าง ๆ ดังนี้ 1) การป้องกันการติดเชื้อที่มีการดัดแปรพันธุกรรมของนักวิจัย โดยป้องกันไม่ให้สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหลุดออกจากห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่ใช้ในการทำพันธุวิศวกรรมจะถูกทำให้ไม่สามารถมีชีวิตรอดนอกห้องปฏิบัติการ รวมทั้งการทดลองบางอย่างที่เป็นอันตรายอย่างชัดเจนจะถูกห้ามทำการทดลองเพื่อป้องกันผลกระทบร้ายแรงที่ตามมา 2) การสร้างข้อตกลงเพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคโดยการติดฉลากระบุบนผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เพื่อสิทธิในการเลือกซื้อของผู้บริโภค และ 3) การประเมินความปลอดภัยของอาหารและผลิตภัณฑ์จะต้องถูกประเมินคุณภาพจากหลายหน่วยงาน ทั้งองค์กรอาหารและยา หน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อม สถาบันสุขภาพแห่งชาติและ

กรมวิชาการเกษตร นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอยังมีความกังวลด้านชีวจริยธรรมและด้านสังคม ซึ่งชีวจริยธรรม หมายถึง การปฏิบัติต่อสิ่งมีชีวิตอย่างมีคุณธรรม ไม่ทำร้ายหรือทำอันตรายต่อสัตว์หรือมนุษย์เพื่อการศึกษาและการวิจัย

2.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตรงกับภาษาอังกฤษคือ Misconception ซึ่ง Abimbola and Baba (1996); Gurel et al. (2015) อธิบายว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิดที่ขัดแย้งกับมโนทัศน์หรือทฤษฎีอย่างชัดเจนและเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง อีกทั้ง Halim et al. (2018); วันเพ็ญ คำเทศ (2560) อธิบายเพิ่มเติมว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นรวมถึงความรู้ ความเข้าใจหรือคำอธิบายที่ไม่สมบูรณ์และแตกต่างจากสิ่งที่ถูกต้อง จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีคำที่ใช้ใกล้เคียงกับคำว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่มีความหมายแตกต่างออกไป คือคำว่า มโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) ซึ่ง Abimbola and Baba (1996); Dal (2009) ได้อธิบายว่า เป็นแนวคิดจากผู้เรียนที่ไม่ขัดแย้งกันหรือไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง

จากความหมายที่ของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนข้างต้นจึงพอสรุปได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ แนวคิด ความรู้ ความเข้าใจหรือคำอธิบายที่ไม่สมบูรณ์ ขัดแย้งและแตกต่างจากมโนทัศน์หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และเพื่อขยายความจากความหมายข้างต้นไปถึงความหมายของคำว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยาที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จึงอาจให้ความหมายของคำนี้ว่า เป็นแนวคิด ความรู้ ความเข้าใจหรือคำอธิบายที่ไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ ขัดแย้งกับมโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ถูกต้อง สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ พบว่ามีปรากฏในงานวิจัยหลายฉบับ แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

มโนทัศน์ที่ถูกต้องและ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ข้อความมโนทัศน์
หัวเรื่อง หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	
มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Campbell et al., 2018)	• *การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้พันธุวิศวกรรม ด้วยวิธีตัดยีนที่ต้องการจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่งต่อเข้ากับยีนของเซลล์อีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อให้ได้สิ่งมีชีวิตที่มีคุณลักษณะใหม่*
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (ธนบดี อินหาดกรวด, 2560)	• การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมใช้วิธีปลูกถ่ายเซลล์สิ่งมีชีวิตที่มียีนที่ต้องการเข้าไปอยู่ในอีกเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง • การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมใช้วิธีสกัดสารที่ได้จากเซลล์สิ่งมีชีวิตที่มียีนที่ต้องการฉีดเข้าสู่อีกเซลล์ของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง
หัวเรื่อง ความหมายของดีเอ็นเอสายผสม	
มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Campbell et al., 2018)	• *ดีเอ็นเอสายผสม หมายถึง ดีเอ็นเอที่มาจากสิ่งมีชีวิตหลายชนิดต่ออยู่ด้วยกัน โดยกระบวนการทางพันธุวิศวกรรม*
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Wisch et al., 2018)	• ดีเอ็นเอสายผสม หมายถึง ดีเอ็นเอที่ถูกเปลี่ยนหรือที่ถูกจำลอง • ดีเอ็นเอสายผสม หมายถึง ดีเอ็นเอที่ถูกตัด
หัวเรื่อง ความหมายของพีซีอาร์	
มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Campbell et al., 2018)	• *พีซีอาร์ หมายถึง เทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ บริเวณที่เฉพาะในหลอดทดลองโดยการบ่มด้วยไพรเมอร์เฉพาะ เอมไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส ที่ทนความร้อนและนิวคลีโอไทด์*
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Halim et al., 2018)	• พีซีอาร์ หมายถึง กระบวนการที่นำดีเอ็นเอสายผสมที่ทำการตัดต่อในหลอดทดลองเข้าสู่เซลล์

มโนทัศน์ทางชีววิทยาที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวเรื่อง ได้แก่ หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหมายของคำศัพท์เช่น ดีเอ็นเอสายผสมและพีซีอาร์ จากตัวอย่างข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบว่าผู้เรียนมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งความหมายของคำศัพท์ต่าง ๆ และหลักการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาควรใช้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนามโนทัศน์และลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 แนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาและเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) เครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา และ 2) ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 เครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา

การประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาประเมินได้หลายแนวทาง โดยจากการศึกษาข้อมูลพบว่านักวิชาการทางการศึกษาได้เสนอแนวทางการประเมินมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Mintzes et al. (2001) กล่าวถึงการประเมินที่ส่งเสริมการเรียนรู้และความเข้าใจในมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยเสนอเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาไว้ 9 ชนิด ได้แก่ 1) ผังมโนทัศน์ (Concept maps) เป็นการนำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญและการเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ออกเป็นแผนภาพ 2) ผังรูปตัววี (V diagrams) เป็นการนำเสนอโครงสร้างความรู้ที่ซับซ้อนเกี่ยวข้องกับการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้วัดความเข้าใจในธรรมชาติของการค้นพบปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการออกแบบการสืบค้นข้อมูล 3) โปรแกรม SemNet (SemNet software) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถใช้ระบุมโนทัศน์และความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ได้ โดยให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความรู้ของตนเองเกี่ยวกับหัวข้อที่กำหนดในรูปแบบของบทความ จากนั้นโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์เพื่อวัดความเข้าใจมโนทัศน์ 4) แบบทดสอบแบบใช้รูปภาพเป็นฐาน (Image-based tests) เป็นการนำเสนอกราฟิกหรือรูปภาพที่มีความหลากหลาย ซึ่งการนำเสนอความรู้โดยใช้รูปภาพเป็นหลักฐานความเข้าใจของผู้เรียนได้ 5) การสัมภาษณ์ (Interviews) เป็นการสอบถามความคิดของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับปัญหาที่เฉพาะ เพื่อสืบความเข้าใจในมโนทัศน์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูเข้าใจปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนได้ชัดเจนขึ้น 6) แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เป็นการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนจากการทำงานในชั้นเรียน ห้องปฏิบัติการ หรือจากการทำกิจกรรม โดยอาจรวมสมุดบันทึก ผลงาน ผังมโนทัศน์ 7) งานจากการเขียน (Written products) เป็นงานที่สำคัญในการแสดงถึงความคิดและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น รายงานการเขียนบันทึก 8) แบบวัดการปฏิบัติ (Performance measures) เป็นสิ่งสำคัญที่ระบุถึงความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งใช้ในการประเมินกระบวนการทำงานของนักเรียน และ 9) แบบทดสอบวินิจฉัย

มโนทัศน์ (Conceptual diagnostic tests) เป็นเครื่องมือการประเมินที่มุ่งเน้นการประเมินมโนทัศน์ ซึ่งส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) แต่สิ่งที่แตกต่างคือ แบบทดสอบนี้สะท้อนสิ่งที่ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางชีววิทยาได้ชัดเจน

นอกจากเครื่องมือการประเมินของ Mintzes et al. (2001) แล้ว ยังมีเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ของ Kılıç and Sağlam (2009) ซึ่งอธิบายไว้ว่า การประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องวัดด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น ผังมโนทัศน์ (Concept maps) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice tests) การสัมภาษณ์ (Interviews) รวมถึง แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-tier multiple-choice diagnostic instruments) ซึ่งเป็นการประเมินความเข้าใจของนักเรียนได้ดีขึ้นและง่ายต่อการทำคะแนนและนำไปใช้ แบบประเมินประเภทนี้ประกอบด้วย 1) ข้อคำถามและตัวเลือก และ 2) เหตุผลที่ใช้ในการตอบคำถามข้างต้น แสดงตัวอย่างในภาพที่ 3 ในการพิจารณาให้คะแนน ผู้เรียนจะต้องตอบคำถามให้ถูกต้องทั้ง 2 ส่วนจึงได้รับคะแนน

Item 7 Which one of the following is the best description of a gene?

[ ] 1. The smallest unit of structure in a chromosome.

[ ] 2. A sequence of instructions that codes for a protein.

[ ] 3. A segment in a DNA molecule.

[ ] 4. Don't know.

Reason for the above:

[ ] 1. It is about the information of a gene for producing a characteristic.

[ ] 2. It is about the structural relationship between a gene and a chromosome.

[ ] 3. It is about the chemical nature of a gene.

[ ] 4. It is about the gene being a protein.

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ มโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ อ้างอิงจาก Tsui and Treagust (2010)

Knight (2010) ได้ระบุขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาไว้ดังนี้ 1) ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับหัวข้อของชีววิทยา 2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่อธิบายมโนทัศน์ในหัวข้อของชีววิทยา 3) วิเคราะห์บทความของผู้เรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดของผู้เรียน 4) สร้างโดยยึดมโนทัศน์ที่ถูกต้องและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ศึกษาและรวบรวมไว้ 5) ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไข 6) นำไปทดลองใช้กับผู้เรียน เพื่อคำนวณค่าความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยงของแบบประเมินมโนทัศน์ และ 7) ทำซ้ำขั้นตอนที่ 5-7 ตามความจำเป็นก่อนนำไปประเมินกลุ่มเป้าหมาย

Gurel et al. (2015) อธิบายเพิ่มเติมถึงเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ของผู้เรียน ได้แก่ 1) การสัมภาษณ์ (Interviews) เป็นการสอบถามเชิงลึกเพื่อให้ได้คำอธิบายโดยละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียน และเป็นวิธีที่เผยมุมมองและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน 2) แบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิด (Open-ended tests) เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วยข้อคำถามที่ใช้ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนมักใช้เวลาในการคิดและเขียนเกี่ยวกับความคิดของตนเองมากขึ้น และสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ 3) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-choice Tests) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการสัมภาษณ์และแบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับการตรวจให้คะแนน ซึ่งแบบทดสอบแบบเลือกตอบสามารถระบุและวัดมโนทัศน์ของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุมมโนทัศน์ที่จำเป็น 4) แบบทดสอบหลายระดับ (Multiple Tier Tests) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ไม่สามารถระบุเหตุผลที่อยู่เบื้องหลังการเลือกคำตอบของผู้เรียนได้ แบบทดสอบหลายระดับแบ่งเป็น แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-tier multiple-choice tests) แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ (Three-tier multiple-choice tests) และแบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับ (Four-tier multiple-choice tests) ซึ่ง Suryanti et al. (2018) ระบุเพิ่มเติมถึงความแตกต่างของแบบทดสอบหลายระดับแบบต่าง ๆ ดังนี้ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ ประกอบด้วยส่วนของคำถามและส่วนของคำตอบเช่นเดียวกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ แต่เพิ่มระดับที่ 3 ในส่วนของคำตอบ ซึ่งเป็นระดับความมั่นใจว่าผู้เรียนมั่นใจคำตอบในระดับคำตอบและระดับเหตุผลหรือไม่ ส่วนแบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับ เป็นแบบทดสอบที่พัฒนามาจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ โดยเพิ่มระดับความมั่นใจเป็นสองส่วน ได้แก่ ระดับความมั่นใจในระดับคำตอบและระดับความมั่นใจในระดับเหตุผล

จากการศึกษาแนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยามีการใช้เครื่องมือประเมินอยู่ 5 ประเภท ขึ้นอยู่กับบริบทของการนำไปใช้ ได้แก่ 1) แบบประเมินผลงาน เช่น ผังมโนทัศน์ ผังรูปตัววี การเขียน การอธิบายรูปภาพ แฟ้มสะสมผลงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2) แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง 3) แบบสัมภาษณ์ 4) แบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิด และ 5) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบหนึ่งระดับหรือแบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับ

2.4.2 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา จากการศึกษาของ Gurel et al. (2015) มีรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์แบบต่าง ๆ

เครื่องมือการประเมิน	ข้อดี	ข้อจำกัด
การสัมภาษณ์	• ให้ข้อมูลเชิงลึก • มีความยืดหยุ่นในการถาม	• การสัมภาษณ์และวิเคราะห์ข้อมูลใช้เวลานาน • ผลสรุปที่ดีจำเป็นต้องอาศัยผู้เรียนหรือผู้ถูกสัมภาษณ์จำนวนมาก • การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ยากและไม่เป็นปรนัย • ผู้เรียนอาจรู้สึกไม่เป็นอิสระในการตอบถ้าหากผู้เรียนไม่ไว้ใจผู้สัมภาษณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์แบบต่าง ๆ (ต่อ)

เครื่องมือการประเมิน	ข้อดี	ข้อจำกัด
แบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิด	• เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบด้วยสำนวนของผู้เรียนเอง • ผู้เรียนอาจตอบคำตอบที่มีคุณค่าซึ่งผู้วิจัยไม่ได้คาดคิดมาก่อน	• การวิเคราะห์คำตอบใช้เวลานาน • การให้คะแนนยุ่งยาก • ผู้เรียนอาจเขียนตอบน้อยเนื่องจากผู้เรียนขาดทักษะในการเขียน
แบบทดสอบแบบเลือกตอบ	• ประหยัดเวลา • ตรวจให้คะแนนได้รวดเร็ว • ตรวจให้คะแนนได้อย่างเป็นปรนัย • มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือสูงเกี่ยวกับความตรง • ใช้ได้กับผู้เรียนจำนวนมาก	• ไม่เหมาะสำหรับการวัดด้านเจตคติ • ไม่สามารถวัดความคิดเชิงลึกของผู้เรียน • การตอบอาจเกิดจากการเดา • การตีความของผู้เรียนอาจผิดพลาดหากข้อสอบไม่มีประสิทธิภาพ • การสร้างข้อสอบให้มีคุณภาพอาจทำได้ยาก
แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ	• เหมือนกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบ • ลดการคาดเดาคำตอบของผู้เรียน	• มีการประมาณค่าที่เกินความเป็นจริง เนื่องจากไม่สามารถระบุกลุ่มที่ตอบผิดเพราะขาดความรู้ได้อย่างแน่นอน
แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ	• เหมือนกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ • จำแนกการตอบที่ผิดออกเป็นกลุ่มที่ตอบผิดเพราะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือเพราะไม่มีความรู้	• มีการประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะไม่สามารถตัดสินได้แน่ชัดว่ากลุ่มที่ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ ซึ่งไม่สามารถระบุความมั่นใจได้แน่ชัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือการประเมินมโนทัศน์แบบต่าง ๆ (ต่อ)

เครื่องมือการประเมิน	ข้อดี	ข้อจำกัด
แบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับ	• ข้อดีเหมือนกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับ • แยกกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกลุ่มที่ตอบเพราะความคลาดเคลื่อนของการตอบและกลุ่มที่ตอบเพราะไม่มีความรู้ได้อย่างชัดเจน	• ใช้เวลาทดสอบนาน • ถูกจำกัดด้วยวัตถุประสงค์ของการวินิจฉัย

ดังนั้นแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อดีคือ ประหยัดเวลาสอบ สามารถตรวจให้คะแนนและให้ข้อมูลป้อนกลับนักเรียนได้ทันท่วงที มีความตรง และใช้กับผู้เข้าสอบจำนวนมาก ๆ พร้อมกันได้ ถ้าหากเพิ่มระดับเหตุผลและความมั่นใจในการตอบก็จะกลายเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายระดับ ซึ่งจะสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์ถูกต้อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และกลุ่มที่ไม่มีความรู้ ส่วนข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายระดับ คือ แบบทดสอบที่มีคุณภาพนั้น ทำได้ยาก ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ออกแบบทดสอบ และใช้เวลามากในการทำแบบทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ความพึงพอใจ

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจสามารถแบ่งเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของความพึงพอใจ 2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ และ 3) แนวทางการประเมินความพึงพอใจ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจตรงกับภาษาอังกฤษคือ Satisfaction ซึ่ง Collins (2020); Saif (2014) ให้ความหมายของความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่แต่ละบุคคลได้รับการตอบสนองต่อความต้องการ

นอกจากนี้ Cambridge Dictionary (2020); Weerasinghe and Fernando (2017) อธิบายเพิ่มเติมว่า เป็นความรู้สึกที่แต่ละบุคคลได้รับจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ การบริการ สิ่งที่อำนวยความสะดวก รวมถึงสิ่งที่อยากทำ แล้วส่งผลให้บุคคลนั้นมีความสุข

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกของบุคคล ๆ หนึ่งต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้หรือได้รับสิ่งที่ต้องการหรือได้ทำในสิ่งที่อยากทำแล้วมีความสุข

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ทิศนา แขมมณี (2561) อธิบายว่า ทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ (Thorndike's classical connectionism) เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า การเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ซึ่งมีหลายรูปแบบ บุคคลจะมีการลองผิดลองถูก (Trial and error) ปรับเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะพบรูปแบบการตอบสนองที่สามารถให้ผลที่พึงพอใจมากที่สุด เมื่อเกิดการเรียนรู้แล้ว บุคคลจะใช้รูปแบบการตอบสนองที่เหมาะสมแบบเดียว และจะพยายามใช้รูปแบบนั้นเชื่อมโยงกับสิ่งเร้าในการเรียนรู้ต่อไปเรื่อย ๆ ซึ่งกฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์สรุปได้ดังนี้ 1) กฎแห่งความพร้อม (Law of readiness) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีถ้าผู้เรียนมีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจ 2) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of exercise) การฝึกหัดหรือกระทำบ่อย ๆ ด้วยความเข้าใจจะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวร ถ้าไม่ได้กระทำบ่อย ๆ การเรียนรู้นั้นจะไม่คงทนถาวร และในที่สุดอาจลืมได้ 3) กฎแห่งการใช้ (Law of use and disuse) การเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ความมั่นคงของการเรียนรู้จะเกิดขึ้น หากได้มีการนำไปใช้บ่อย ๆ หากไม่มีการนำไปใช้อาจมีการลืมเกิดขึ้นได้ และ 4) กฎแห่งผลที่พึงพอใจ (Law of effect) เมื่อบุคคลได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจ จะไม่อยากเรียนรู้ ดังนั้นการได้รับผลที่พึงพอใจจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้

3.3 แนวทางการประเมินความพึงพอใจ

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ระบุเครื่องมือที่สามารถใช้ประเมินความพึงพอใจ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Fieger (2012); Richardson (2005) อธิบายว่า การประเมินความพึงพอใจ สามารถใช้แบบสำรวจความพึงพอใจ การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่มเป็นเครื่องมือในการประเมินความพึงพอใจได้ ซึ่งการประเมินความพึงพอใจแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของประสบการณ์การเรียนรู้ของคน ๆ นั้นว่ามีความพึงพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับใด รวมถึง Fieger (2012); García-Hernández and González-Ramírez (2018); Strachota (2006) ระบุว่าแบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมินความพึงพอใจเช่นกัน ซึ่งมีองค์ประกอบของคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจและระดับของความพึงพอใจในคำถามข้อนั้น ๆ เช่น ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย เห็นด้วย และเห็นด้วยอย่างยิ่ง

ดังนั้นจากแนวทางการประเมินความพึงพอใจที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ ได้แก่ แบบสำรวจความพึงพอใจ แบบสอบถามความพึงพอใจ การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม เพื่อแสดงความสำคัญของประสบการณ์การเรียนรู้ของคน ๆ นั้นว่ามีความพึงพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับใด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยจากต่างประเทศ โดยผู้วิจัยแบ่งประเด็นออกเป็น 5 ประเด็น ได้แก่ 1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา 3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทดิจิทัลตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา และ 5) การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

งานวิจัยในประเทศ

พัชราภรณ์ บัวระบัดทอง และ ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2556) ได้ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุกรรม ก่อนและหลังเรียน เมื่อใช้วิธีการสอนแบบเปรียบเทียบร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรม แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Two-tier multiple-choice diagnostic test) เรื่องพันธุกรรม จำนวน 14 ข้อ มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.43-0.77 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20–0.37 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.74 และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์เรื่อง พันธุกรรม ในระดับไม่เข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ร้อยละ 0.18 ระดับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนร้อยละ 70.35 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 26.07 และระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ร้อยละ 3.40 เมื่อใช้วิธีการสอนแบบเปรียบเทียบร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา นักเรียนมีระดับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนร้อยละ 14.46 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 13.04 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ร้อยละ 65.00 และระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 7.50

ธนบดี อินหาดกรวด (2560) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ และวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับวิชาชีววิทยา ในมโนทัศน์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการ ตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 62 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ และแบบสัมภาษณ์โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง ผลจากการใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพ ในประเด็นความหมายของพันธุวิศวกรรม และหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ พบว่ามีงานวิจัยของพัชราภรณ์ บัวระบัดทอง และไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์ (2556) ที่ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์เพียง 1 งาน แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ศึกษามโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน อีกทั้งในงานวิจัยของธนบดี อินหาดกรวด (2560) เป็นงานวิจัยที่ปรากฏรายละเอียดของผู้เรียนในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2 ประเด็น ได้แก่ ความหมายของพันธุวิศวกรรม และหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Osman et al. (2017) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายในเลบานอนเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ ใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับธรรมชาติของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบกับนักเรียน 729 คน ใน 6 โรงเรียนและสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับนักเรียน 62 คน เพื่อเพิ่มเติมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพันธุศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนในทุกระดับชั้นมีความรู้ทางพันธุศาสตร์ในระดับต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหัวเรื่อง เทคโนโลยีทางพันธุกรรม ที่นักเรียนร้อยละ 62.5 ไม่สามารถยกตัวอย่างว่าพันธุวิศวกรรมมีผลต่อมนุษย์ พืชและสัตว์อย่างไร และนักเรียนร้อยละ 63.8 มีความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอน้อยที่สุด

Halim et al. (2018) ได้ระบุและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนผ่านงานเขียนของนักศึกษาและการทบทวนโดยเพื่อน ตัวอย่างในงานวิจัยนี้ คือนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จาก Midwestern University ในหลักสูตรเซลล์และชีววิทยาระดับโมเลกุล 35 คน โดยเครื่องมือวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูล คืองานเขียน 4 งานในเรื่องโครงสร้างโปรตีน การสังเคราะห์ด้วยแสง ดีเอ็นเอสายผสม และเอนไซม์ ผลการวิจัยพบว่าจากงานเขียนของนักศึกษา 11 คน พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ดีเอ็นเอสายผสม โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นคือ กระบวนการรีคอมบิเนชัน (Recombination) และความสัมพันธ์ของพลาสมิดกับการอยู่รอดของเซลล์ นอกจากนี้ยังพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในความหมายของคำศัพท์ เช่น สายดีเอ็นเอแม่แบบ (Template strand), พลาสมิด (Plasmid) และตัวพาดีเอ็นเอ (DNA vector)

Wisch et al. (2018) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ในมหาวิทยาลัยแห่งรัฐมิสซูรี ประเทศโคลอมเบีย จำนวน 117 คน โดยเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์มโนทัศน์ของนักศึกษาคือ Biotechnology Instrument for Knowledge Elicitation (BIKE) ผลการวิจัยพบว่ามีนักศึกษาร้อยละ 6.5 ที่มีมโนทัศน์เรื่องดีเอ็นเอสายผสม และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นดีเอ็นเอสายผสมและสิ่งมีชีวิตดัดแปร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พันธุกรรม (GMOs) ตัวอย่างข้อความมโนทัศน์ เช่น ดีเอ็นเอสายผสม หมายถึง ดีเอ็นเอที่ถูกเปลี่ยนหรือดีเอ็นเอที่ถูกจำลอง ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษางานวิจัยจากต่างประเทศ พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความรู้ในมโนทัศน์เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเออยู่ในระดับที่ต่ำ และมีมโนทัศน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่คลาดเคลื่อนในหัวเรื่องความหมายของคำศัพท์และหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา

งานวิจัยในประเทศ

ธนบดี อินหาดกรวด และ ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง (2561) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ และวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับวิชาชีววิทยาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ ตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 62 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ และแบบสัมภาษณ์โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง โดยเครื่องมือมุ่งวัดความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนในมโนทัศน์ดังนี้ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการ ผลการวิจัยพบว่าการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์พบว่าส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง (V มีค่าระหว่าง 0.322 ถึง 0.489) และเมื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับกับผลการสัมภาษณ์ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ พบว่า การประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาในหัวเรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ มีการใช้เครื่องมือในการประเมินมโนทัศน์ ได้แก่ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบหลายระดับนั้นมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อดีของการใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบหลายระดับสามารถแบ่งกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้เรียนได้ว่าผู้มีเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้นแบบใด แต่ข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ คือ ระยะเวลาที่ใช้พัฒนาแบบสอบและระยะเวลาที่ผู้สอบทำแบบสอบ ใช้เวลานานและต้องอาศัยความชำนาญในการสร้างแบบสอบ

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Gurel et al. (2015) ได้ศึกษาภาพรวมของเครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และเปรียบเทียบเครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงศึกษาจุดแข็งและข้อจำกัดแบบสอบวินิจฉัยประเภทต่าง ๆ ตัวอย่างของงานวิจัย คือ บทความ 273 บทความที่ตีพิมพ์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 ถึง 2014 และได้รับการตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยวิธีการวิเคราะห์เอกสาร ผลการศึกษาพบว่าการสัมภาษณ์ (53%), แบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิด (34%), แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (32%) และแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายระดับ (13%) เป็นเครื่องมือวินิจฉัยที่ใช้กันมากที่สุด จุดแข็งและข้อจำกัดของเครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การสัมภาษณ์ให้ข้อมูลเชิงลึก และความยืดหยุ่นของการตั้งคำถาม แต่ต้องใช้เวลามากเพื่อเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ยาก การทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิดแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบมีโอกาสที่จะเขียนคำตอบในคำพูดของตัวเอง แต่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ และปัญหาในการให้คะแนน การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับให้โอกาสในการตัดสินใจในการตอบ แต่สัดส่วนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไม่สามารถทราบหรือจำแนกได้ การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับมีการกำหนดคำตอบสองชั้น โดยสามารถวิเคราะห์คำตอบได้ว่าเกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการขาดความรู้ แต่การประเมินสัดส่วนการขาดความรู้ ต่ำกว่าความเป็นจริงเนื่องจากไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าผู้ตอบจะแน่ใจในคำตอบหรือไม่ และการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสี่ระดับมีการประเมินความเข้าใจผิดอย่างแท้จริง แต่ต้องใช้เวลาในการทดสอบนานขึ้น และอาจถูกจำกัดด้วยวัตถุประสงค์ในการวินิจฉัย

Atmojo and Daryanto (2020) ได้ศึกษาการวัดมโนทัศน์ทางเทคโนโลยีชีวภาพโดยใช้แบบสอบแบบเลือกตอบสองระดับ (TTMC) ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาจำนวน 137 คน จากภาควิชาครูประถมศึกษา มหาวิทยาลัย Sebelas Maret เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ (TTMC) จำนวน 20 ข้อ และการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ (TTMC) มีความตรงเชิงเนื้อหาเท่ากับ 1.00 ค่าความเที่ยง 0.92 ระดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความความยากง่ายของแบบทดสอบ แบ่งเป็น ระดับยาก 4.1% และระดับปานกลาง 79.2% และค่าอำนาจจำแนกในระดับดีมาก 18.7% และระดับดี 39.6% เครื่องมือแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ (TTMC) ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวัดมโนทัศน์ทางเทคโนโลยีชีวภาพนั้นเพียงพอที่จะวัดความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพด้วยความสอดคล้อง 41.6% แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับมีประสิทธิภาพในการประเมินมโนทัศน์ของผู้เรียนเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพและสามารถใช้เป็นทางเลือกในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

Stern et al. (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบที่วัดมโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศสวิตเซอร์แลนด์และฝรั่งเศสจำนวน 714 คน จาก 14 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ และการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ สำหรับวัดมโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์สามารถนำไปใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ นอกจากนี้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับสามารถใช้เป็นหลักฐานเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียนก่อนและหลังบทเรียนได้

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศ พบว่า การประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และชีววิทยา มีการใช้เครื่องมือในการประเมินมโนทัศน์ที่หลากหลาย ได้แก่ การสัมภาษณ์ แบบทดสอบโดยใช้คำถามปลายเปิด แบบทดสอบแบบเลือกตอบ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายระดับ และมโนทัศน์ทางชีววิทยาในหัวเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ เครื่องมือในการประเมินที่ใช้กันส่วนใหญ่ คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ เนื่องจากแบบทดสอบประเภทนี้เป็นแบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการประเมินมโนทัศน์ของผู้เรียน สามารถแบ่งกลุ่มผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ต่างกันออกจากกันได้ และใช้ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบไม่มากเท่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

งานวิจัยในประเทศ

พรรณี ภิบาลวงษ์ อุษา ทองไพโรจน์ และ บังอร แถวโนนงิ้ว (2558) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาและนักเรียนที่เรียนตามปกติ โดยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้อยู่ในหัวข้อ พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 82 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 5 แผน แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ชุด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ 82.47/81.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ พบว่า การศึกษาการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีเพียงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งเป็นสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลเทานั้น แสดงให้เห็นว่าการศึกษาการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในหัวเรื่องนี้ยังมีอยู่อย่างจำกัดและยังไม่พบการใช้ชุดทดลองและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนในมโนทัศน์นี้

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Qalbina and Ahda (2019) ได้ศึกษาลักษณะของสื่อการเรียนรู้ในเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้โดยนักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาในเมืองปาดัง ตัวอย่างในการวิจัย คือ อาจารย์ผู้สอนวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ 4 คน นักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย 113 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การสัมภาษณ์อาจารย์ และแบบสอบถามสำหรับนักศึกษา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาระบุว่าเทคโนโลยีชีวภาพยากที่จะเข้าใจ เพราะเนื้อหาอยู่ในรูปแบบของกระบวนการและไม่สามารถสังเกตได้

โดยตรง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ทั่วไป คือ สื่อนำเสนอ (PowerPoint) และแบบเรียน ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ยังไม่สามารถมองเห็นถึงกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ และนักศึกษาให้เหตุผลว่าสื่อการเรียนรู้ในเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพในอุดมคติที่จะส่งเสริมความเข้าใจได้ คือสื่อการเรียนรู้ที่สามารถเห็นภาพกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง

Halimah et al. (2019) ได้ศึกษาผลของการใช้ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองในรูปแบบวีดิทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน วีดิทัศน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอซึ่งเป็นแบบจำลองภาพเคลื่อนไหว ผลการวิจัยพบว่าเมื่อผู้เรียนศึกษาตัวอย่างการสร้างแบบจำลองในรูปแบบวีดิทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีคะแนนสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .001 แสดงให้เห็นว่าการใช้วีดิทัศน์ส่งเสริมมโนทัศน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ

Wildan et al. (2019) ได้ศึกษาการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาการเจริญของ *Escherichia coli* โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) เพื่อป้องกันการติดเชื้อในห้องปฏิบัติการที่อาจเกิดขึ้นจากการกินโดยไม่ตั้งใจ การสูดดมหรือการซึมผ่านผิวหนังของจุลินทรีย์ ตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 10 คน และนักศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสำรวจผู้เรียน และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการศึกษาการเจริญของแบคทีเรีย *Escherichia coli* ผลการวิจัยพบว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ใช้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์บนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตและผลการสำรวจผู้เรียนชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรองรับการเรียนรู้และเพิ่มความมั่นใจในการจัดการวัสดุชีวภาพในการปฏิบัติการ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพิ่มความเป็นจริงในการปฏิบัติการ มีข้อได้เปรียบในการลดเวลาการเตรียมการสำหรับผู้สอนในห้องปฏิบัติการ รวมถึงช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงและคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการจริงได้ทั้งในระดับมัธยมศึกษาและปริญญาตรี

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศ พบว่าการศึกษาการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพและเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีการใช้แบบจำลองในรูปแบบวีดิทัศน์หรือภาพเคลื่อนไหว และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เนื่องจากหัวเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นเนื้อหาอยู่ในรูปแบบของกระบวนการหรือขั้นตอนซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง และ

การศึกษาผ่านการใช้แบคทีเรียจริงมีความไม่ปลอดภัยต่อตัวผู้เรียน ทำให้การใช้วีดิทัศน์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมซึ่งเป็นสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่มีบทบาทในการจัดการเรียนรู้ปฏิบัติการและสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และมโนทัศน์เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของผู้เรียนได้

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทดิจิทัลตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Astra et al. (2015) ได้ศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านแอปพลิเคชันในระบบแอนดรอยด์ (Android) ในรูปแบบห้องปฏิบัติการจำลอง โดยรูปแบบของการวิจัยคือ การวิจัยและพัฒนา ที่ใช้ในการสร้างและทดสอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยนี้เป็นแอปพลิเคชันในระบบแอนดรอยด์ที่ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ การทดสอบเชิงประจักษ์ของครูและการทดสอบโดยนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยสำหรับความเป็นไปได้ของสื่อจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อคือร้อยละ 83.13 จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคือร้อยละ 87.50 จากการทดสอบเชิงประจักษ์ของครูคือร้อยละ 83.13 และจากการทดสอบของนักเรียนคือร้อยละ 78.51 สรุปได้ว่าแอปพลิเคชันในระบบแอนดรอยด์ในรูปแบบห้องปฏิบัติการจำลอง สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้

Dewi et al. (2018) ได้ศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการเล่าเรื่องรูปแบบดิจิทัลเพื่อปรับปรุงความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการเล่าเรื่องโดยใช้รูปแบบดิจิทัลและเพื่อปรับปรุงความสามารถในการเรียนรู้ทางปัญญา โดยรูปแบบของการวิจัยคือ การวิจัยและพัฒนา ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ครู 4 คน และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 40 คน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงร้อยละเฉลี่ยของผลการตรวจสอบความถูกต้องของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อคือร้อยละ 97.70 และ 95.16 ตามลำดับ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญระบุว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดมีความเป็นไปได้มากที่จะนำใช้จริง สรุปได้ว่าสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการเล่าเรื่องรูปแบบดิจิทัลเพื่อมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เพื่อปรับปรุงความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Fitriani et al. (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบโต้ตอบโดยใช้โปรแกรม Autoplay Studio 8 สำหรับเรื่องสารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) และทำการทดสอบเพื่อพิจารณาความพึงพอใจของครูและนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อการเรียนรู้แบบโต้ตอบโดยใช้โปรแกรม Autoplay Studio 8 เรื่อง สารไฮโดรคาร์บอน ต่อครูและนักเรียน ซึ่งสื่อที่สร้างขึ้นได้รับการทดสอบความเป็นไปได้โดยอาศัยการตรวจสอบความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญ รูปแบบของการวิจัย คือ การวิจัยและพัฒนา โดยผู้ตรวจสอบความถูกต้องของสื่อประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 3 คน โดยมีค่าร้อยละเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่ออยู่ที่ร้อยละ 94.15 และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาร้อยละ 93.70 ความพึงพอใจของครูเคมีและนักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ย 94.6 และ 92.33 ตามลำดับ สรุปได้ว่าสื่อสามารถใช้ในกระบวนการเรียนรู้จริงได้

Nofitasari et al. (2021) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ชีววิทยา My Android Biology App เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ที่กระตุ้นนักเรียนและผลการเรียนรู้ของนักเรียน วัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องของสื่อการเรียนรู้ชีววิทยาตามผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 2) เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของสื่อการเรียนรู้ชีววิทยาตามคำตอบของครูและนักเรียน 3) เพื่อวิเคราะห์แรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน และ 4) เพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียน รูปแบบของการวิจัยคือ การวิจัยและพัฒนา ผลการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาระบุว่าสื่อการเรียนรู้ My Android Biology App นั้นมีความเป็นไปได้ในการใช้งานมาก คำตอบของครูมีร้อยละคะแนนเฉลี่ย 97.62 และการตอบสนองของนักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ย 90.00 เหมาะสำหรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนสูงขึ้นร้อยละ 63.00 และนักเรียนมีแรงจูงใจสูงขึ้นร้อยละ 37.00 สรุปได้จากผลการวิจัยว่าสื่อการเรียนรู้ My Android Biology App สามารถเพิ่มแรงจูงใจและผลการเรียนรู้ของนักเรียนในเรื่อง ระบบย่อยอาหารได้

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศ พบว่าการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเภทดิจิทัล พบว่ามีการใช้รูปแบบของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 2) ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ 3) นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และ 4) ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งทำให้ได้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพและสามารถนำมาใช้กับผู้เรียนได้จริง

4.5 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีประเด็นที่สามารถนำมาปรับใช้กับการทำวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ได้กรอบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการนำข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นอีก และนำไปพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ในการออกแบบคำถามและตัวเลือกในหัวเรื่องที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นที่ 2 ได้แนวทางการสร้างแบบวัดเพื่อประเมินมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายระดับเป็นรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปวัดมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ เนื่องจากแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับสามารถแบ่งกลุ่มผู้เรียนได้ว่าผู้มีมโนทัศน์ในเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแบบใด และระยะเวลาในการสร้างแบบทดสอบโดยผู้วิจัยและการทำแบบทดสอบโดยผู้เรียนมีความเหมาะสมกับเวลาในการดำเนินการวิจัย

ประเด็นที่ 3 ได้แนวทางในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งงานวิจัยก่อนหน้านี้ยังไม่พบการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าว เพื่อพัฒนามโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของผู้เรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเด็นที่ 4 ได้แนวทางของขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน 2) ออกแบบ สร้างและประเมินสื่อ 3) นำสื่อไปทดลองใช้ และ 4) ประเมินและปรับปรุง ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและประสิทธิผลตามขั้นตอนดังกล่าว

ดังนั้นจากประเด็นต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์เรื่องนี้แก่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้รูปแบบของการวิจัยและพัฒนาและใช้แบบวัดมโนทัศน์ในรูปแบบของแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับเป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้

ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้รูปแบบการวิจัยคือ การวิจัยและพัฒนา (Research and development, R&D) โดยกำหนดวิธีดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
ขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้
ขั้นตอนที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

ภาพรวมของวิธีดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 5 ซึ่งแต่ละขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ประเด็น ดังนี้ 1) วัตถุประสงค์เฉพาะ 2) กลุ่มเป้าหมาย 3) เครื่องมือวิจัย 4) การเก็บรวบรวมข้อมูล และ 5) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 5 ภาพรวมของวิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. วัตถุประสงค์เฉพาะ

เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. กลุ่มเป้าหมาย

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ กลุ่มเป้าหมายในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนนี้คือ ครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ท่าน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1) เป็นครูที่สอนในรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2) มีประสบการณ์สอนชีววิทยาในโรงเรียนหรือสถานศึกษา อย่างน้อย 5 ปี

3) มีประสบการณ์สอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) เป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2) มีคุณวุฒิการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสาขาชีววิทยาหรือชีววิทยาศึกษา ระดับปริญญาโทขึ้นไป

3. เครื่องมือวิจัย

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ แบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้าง สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 7 ข้อ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ด้วยสื่อการเรียนรู้ประเภทต่าง ๆ รวมถึงทฤษฎีการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อกำหนดสภาพปัจจุบัน สภาพปัญหา และนำมาสร้างแนวข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้าง

2) สร้างข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้าง เรื่อง ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์เฉพาะของขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในขั้นนี้ หลังจากนั้นนำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3) นำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 7 ข้อ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(1) ตอนสนทนาให้ปรับเป็นภาษาพูด

(2) ปรับคำและเรียบเรียงคำใหม่เพื่อให้ประโยคสมบูรณ์มากขึ้น เช่น ปรับจากคำว่า “เรื่องนี้” เป็นคำว่า “เนื้อหานี้” หรือสลับข้อความจาก “ในการเรียนการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์สิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างและใช้อย่างไรในหัวข้อนั้น ๆ” เป็น “ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ ประเภทใดบ้างและใช้อย่างไรในการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์สิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม”

4) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ที่มีโครงสร้าง เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) นำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ที่มีโครงสร้าง เรื่อง ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 7 ข้อ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในขั้นตอนนี้ใช้การสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ (Online focus groups) โดยใช้ประเด็นจากข้อคำถามในการสนทนาผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ (Moderator) มีรายละเอียดในการประสานงานและชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัยกับกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

1) ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยถึงกลุ่มเป้าหมาย

2) เมื่อจดหมายได้รับการพิจารณาอนุมัติจากกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยติดต่อประสานงานและอธิบายเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายรับทราบด้วยตนเอง

3) นัดหมายการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์กับกลุ่มเป้าหมาย ในวันและเวลาที่ทุกคนสะดวกตรงกัน และอธิบาย ชี้แจงวิธีการเก็บข้อมูลและทำลายข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัย ผู้วิจัยขออนุญาตบันทึกการสนทนานี้ในคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล และดำเนินการทำลายเอกสารและลบข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ซึ่งตลอดการวิจัยจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมายหรือข้อมูลอื่นที่ระบุถึงตัวตน จากนั้นสร้างห้องประชุมออนไลน์เพื่อเตรียมใช้ในการสนทนากลุ่ม

4) เมื่อถึงวันเวลาที่นัดหมาย ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการกล่าวทักทายและชวนสนทนาในเรื่องทั่วไประหว่างรอความพร้อมของกลุ่มเป้าหมาย เมื่อทุกคนพร้อมผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการสนทนาในครั้งนี้ จากนั้นเริ่มการสนทนาโดยผู้วิจัยเป็นคนอ่านประเด็นคำถามทีละคำถามเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายได้สนทนาในประเด็นนั้น ระหว่างการสนทนาผู้วิจัยได้บันทึกคำพูดของกลุ่มเป้าหมาย และขอให้กลุ่มเป้าหมายขยายความเพิ่มเติมเมื่อผู้วิจัยไม่เข้าใจในสิ่งที่กลุ่มเป้าหมายพูด เมื่อประเด็นคำถามครบถ้วนผู้วิจัยกล่าวขอบคุณและปิดการสนทนา

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ (Content analysis) และตรวจสอบการนำเสนอผลการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ในขั้นนี้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. วัตถุประสงค์เฉพาะ

เพื่อออกแบบ สร้างและประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนนำไปทดลองใช้

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน สำหรับประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ใช้การเลือกแบบเจาะจง

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีดังนี้

1) เป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ประจำสาขาชีววิทยาหรือวิทยาศาสตร์ชีวภาพ หรือเป็นครูที่สอนในรายวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2) มีประสบการณ์สอนชีววิทยาภายในสถานศึกษา อย่างน้อย 10 ปี

3) มีประสบการณ์สอน เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้มีดังนี้

1) เป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ประจำสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา หรือมีประสมการณ์การทำวิจัยด้านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ หรือเป็นนักออกแบบด้านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการผลิตหรือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ อย่างน้อย 5 ปี

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนเดียวกัน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2) ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สอดคล้องกับสาระชีววิทยาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เนื่องจากนักเรียนกลุ่มนี้สามารถนำประสบการณ์ที่ผ่านมาในการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาวิเคราะห์และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในด้านการนำเสนอเนื้อหา การออกแบบและการส่งเสริมการเรียนรู้ของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ได้

3. เครื่องมือวิจัย

การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง ดังนี้ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับของลิเคิร์ท แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 25 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 13 ข้อ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยดังนี้

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

1) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จากทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Mayer, 2009)

2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริม

3) ศึกษาเอกสารหลักสูตรและแบบเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

4) วิเคราะห์และกำหนดหัวเรื่องของเนื้อหา 4 หัวเรื่องดังที่กล่าวข้างต้น รวมถึงกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เรียบเรียงลำดับเนื้อหาก่อนและหลัง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้และครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้

5) วางแผนและออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา ประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เริ่มต้นจากกำหนดวัตถุประสงค์ของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จากนั้นออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับ

ความเป็นจริงเสริมตามทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย โดยใช้หลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดีย (Mayer, 2009) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 8 ออกแบบสถานการณ์ที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ คัดเลือกวัสดุอุปกรณ์สำหรับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ คัดเลือกหรือสร้างกราฟิกทั้งรูปภาพและภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในความเป็นจริงเสริม จากนั้นจึงดำเนินการร่างแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ตามแผนงานที่กำหนดไว้

ตารางที่ 8 การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ตามหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียของ Mayer (2009)

	หลักการ	**ตัวอย่างการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้**
1.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียมีภาพ โดยไม่มีข้อความและเสียงที่ไม่เกี่ยวข้องกับบทเรียนปรากฏอยู่	ฉากในความเป็นจริงเสริมที่เตรียมสารและส่วนประกอบที่ใช้ในการทำพีซีอาร์ โดยใส่ภาพที่เกี่ยวข้องกับข้อความที่นำเสนออยู่
2.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียเน้นองค์ประกอบที่สำคัญระหว่างเรียน	ฉากในความเป็นจริงเสริมที่แสดงการจับของสีย้อมดีเอ็นเอ โดยใช้สีระบุโมเลกุลที่ต่างชนิดกัน
3.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันไว้ข้างกันหรือบริเวณใกล้กัน	ฉากในความเป็นจริงเสริมที่แสดงขั้นตอนการทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส โดยระบุข้อความไว้ด้านล่างของภาพ
4.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันพร้อม ๆ กัน	ฉากในความเป็นจริงเสริมที่แสดงสถานการณ์ที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวและใส่คำอธิบายที่ตรงกับความหมายของภาพ
5.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียมีการนำเสนอเนื้อหาเป็นส่วนย่อย ๆ ก่อนเรียนรู้ในส่วนถัดไป	การออกแบบเนื้อหาบทเรียนเป็นขั้นตอนอย่างชัดเจน และแบ่งแต่ละขั้นตอนออกเป็นฉากอุปกรณ์ที่ใช้และฉากวิธีการทดลองแยกส่วนกันเพื่อให้นักเรียนสะดวกในการใช้สื่อ
6.	ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียให้ความรู้เบื้องต้นก่อนการเรียนการสอน เช่น คำศัพท์สำคัญ	ฉากในความเป็นจริงเสริมที่แสดงคำศัพท์ก่อนเข้าเรียนกระบวนการที่เกิดขึ้น เช่น พีซีอาร์ เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ตามหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียของ Mayer (2009) (ต่อ)

	หลักการ	ตัวอย่างการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
7.	ผู้เรียนจะเรียนรู้จากข้อความและภาพ ได้ดีกว่าข้อความเพียงอย่างเดียว	ในการนำเสนอด้วยความเป็นจริงเสริม ฉากส่วนใหญ่ผู้วิจัยออกแบบให้ในการนำเสนอในรูปแบบของภาพประกอบกับข้อความเป็นหลัก
8.	ผู้เรียนจะเรียนรู้สื่อมัลติมีเดียที่มีเสียงบรรยายเป็นเสียงมนุษย์ได้ดีกว่าเสียงบรรยายจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์	ในฉากที่เป็นภาพเคลื่อนไหวหรือวีดิทัศน์ ผู้วิจัยออกแบบให้ใส่เสียงบรรยายของมนุษย์ เพื่อเป็นให้ตัวเลือกนักเรียนเลือกใช้ตามความเหมาะสม

6) นำแบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลังจากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขเสร็จเรียบร้อยนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7) นำแบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 เรียบร้อยแล้วมาพัฒนาเป็นสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (Prototype) โดยใช้ผลจากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ในขั้นตอนที่ 1 มาเป็นข้อมูลในการพัฒนาสื่อต้นแบบ โดยคัดเลือกและจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์สำหรับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ คัดเลือกหรือสร้างกราฟิกต่าง ๆ เช่น ภาพ วีดิทัศน์และข้อความที่จะนำเสนอในแต่ละฉากที่วางแผนไว้ และ AR Marker ซึ่งเป็นภาพหรือสัญลักษณ์เริ่มต้น เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงไปยังฉากหรือข้อมูลในความเป็นจริงเสริม ซึ่งการสร้างความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยนำกราฟิกต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น ไปจัดรูปแบบของการนำเสนอผ่านเว็บไซต์ V-Director (https://armanager.vidinoti.com) และแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน V-Player เมื่อจับภาพ (Scan) ไปยัง AR Marker ผ่านทางสมาร์ตโฟนได้ทั้งในระบบ Android และ iOS

8) เมื่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เสร็จเรียบร้อย นำส่งผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ความเชี่ยวชาญด้านชีววิทยา จำนวน

1 ท่าน และครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

9) เมื่อได้รับผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ตามข้อเสนอแนะและเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เมื่อผ่านความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นผู้วิจัยนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว นำไปประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน แบ่งเป็น 1) การประเมินแบบเดี่ยว จำนวน 3 คน และ 2) การประเมินแบบกลุ่มเล็ก จำนวน 12 คน ซึ่งนักเรียนทั้ง 15 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ห้องเรียนเดียวกันและคละความสามารถในการเรียนรู้ พิจารณาจากเกรดในรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้เวลากลุ่มละ 4 ชั่วโมง แบ่งเป็นวันละ 2 ชั่วโมง โดยจัดการเรียนรู้นอกเวลาเรียนตามปกติ เมื่อนักเรียนใช้สื่อเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ และนำข้อมูลที่ได้รายงานผลวิเคราะห์ข้อมูล

10) เมื่อได้รับผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากนักเรียน ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีคุณภาพพร้อมนำไปทดลองใช้ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในขั้นที่ 3 และ 4 และปรับปรุงแก้ไขให้ได้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่สมบูรณ์

แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา รวมถึงหลักการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมและเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 25 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 13 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดของระดับในการประเมินดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลของการประเมิน ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3) นำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษาและปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องจากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 25 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 13 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

(1) การเรียงลำดับข้อคำถาม อาจเรียงเป็นหมวดหมู่ในการถาม เช่น ภาพ/กราฟิก ตัวอักษร หน้าจอ

(2) ปรับปรุงแก้ไขคำผิดและเรียบเรียงคำใหม่เพื่อให้ประโยคสมบูรณ์

5) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 25 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 13 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขั้นตอนนี้ใช้แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญและสำหรับนักเรียน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมและลำดับของเนื้อหา และตรวจสอบความยากง่ายของการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้

กลุ่มของผู้เชี่ยวชาญมีรายละเอียดในการประสานงานและชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัย ดังนี้

1) ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญและจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยถึงกลุ่มเป้าหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เมื่อจดหมายได้รับการพิจารณาอนุมัติจากกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยติดต่อประสานงานและอธิบายเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายรับทราบด้วยตนเอง

3) หลังจากนั้นผู้วิจัยนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบของเอกสารที่อธิบายรายละเอียดของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ฉากต่าง ๆ ในความเป็นจริงเสริม และคู่มือการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ฉบับของครูและนักเรียน พร้อมทั้งแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยกำหนดระยะเวลาในการตรวจสอบและประเมิน 2 สัปดาห์ หลังจากที่ผู้วิจัยนำส่งเมื่อผู้เชี่ยวชาญดำเนินการเสร็จเรียบร้อย ส่งผลการประเมินและข้อเสนอแนะกลับมาให้ผู้วิจัยเพื่อปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

กลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน มีรายละเอียดในการประสานงาน ชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัย และการดำเนินการเก็บข้อมูล ดังนี้

1) ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน

2) เมื่อจดหมายได้รับการพิจารณาอนุมัติ ผู้วิจัยติดต่อประสานงานและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยคุณครูที่ปรึกษาและนักเรียนด้วยตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ผู้วิจัยติดต่อและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองเพื่อลงนาม และชี้แจงเบื้องต้นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย อีกทั้งระบุว่าการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ไม่ได้ลดทอนความรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่เสียผลประโยชน์ในการเรียน และการนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนและไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียน

4) นัดหมายวันและเวลานอกเวลาเรียนตามปกติกับนักเรียน เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 2 วัน วันละ 2 ชั่วโมง รวมเป็น 4 ชั่วโมงต่อกลุ่ม และอธิบาย ชี้แจงวิธีการเก็บข้อมูลและทำลายข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัย และดำเนินการทำลายเอกสารและลบข้อมูล

ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ซึ่งตลอดการวิจัยจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมายหรือข้อมูลอื่นที่ระบุถึงตัวตน จากนั้นสร้างห้องประชุมออนไลน์เพื่อเตรียมใช้ในการประเมินประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์

5) เมื่อถึงวันเวลาที่นัดหมาย ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ผู้วิจัยแนะนำตัว ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนะนำการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แก่กลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง หลังจากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ โดยผู้วิจัยใช้วิธีการสาธิตรวมกับการลงมือใช้ความเป็นจริงเสริม ด้วยแอปพลิเคชัน V-Player เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 13 ข้อ เป็นระยะเวลา 20 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการผู้วิจัยกล่าวขอบคุณและปิดการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และแปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของข้อเสนอแนะจากแบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระและตรวจสอบการนำเสนอผลการประเมินโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้

1. วัตถุประสงค์เฉพาะ

เพื่อทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่พัฒนาขึ้น

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนนี้คือ ครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สมัครใจ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร ที่ยังไม่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 13 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1) เป็นครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2) มีประสบการณ์สอนเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สอดคล้องกับสาระชีววิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

1) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนเดียวกันกับครูชีววิทยาที่กล่าวข้างต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2) เป็นนักเรียนที่ไม่เคยเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาก่อน

3. เครื่องมือวิจัย

การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขจากขั้นตอนที่ 2 และแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ ในรูปแบบของแบบทดสอบ

แบบเลือกตอบสองระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในขั้นตอนนี้ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบเลือกตอบสองระดับ

2) วิเคราะห์หัวเรื่องและมโนทัศน์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามขอบเขตเนื้อหาในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

3) สร้างแบบวัดมโนทัศน์ ในรูปแบบของแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ ซึ่งประกอบด้วยส่วนของคำถามและส่วนของคำตอบ ซึ่งส่วนของคำตอบแบ่งเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 คือระดับคำตอบซึ่งเป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง และระดับที่ 2 คือ ระดับเหตุผล ซึ่งเป็นเหตุผลในสนับสนุนการตอบในระดับที่ 1 และแต่ละระดับเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบบวัดนี้กำหนดหัวเรื่องและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 โครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

หัวเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	หมายเลขข้อ	จำนวนข้อ
การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของพีซีอาร์ได้	ข้อ 1-3	6
	2. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับพีซีอาร์ได้	ข้อ 7-9	
เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส	3. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการของเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้	ข้อ 4-6	4
	4. นักเรียนสามารถบอกความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้	ข้อ 10	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 โครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (ต่อ)

หัวเรื่อง	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	หมายเลขข้อ	จำนวนข้อ
ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ	5. นักเรียนสามารถอธิบายการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรมได้	ข้อ 11-12	9
	6. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรมได้	ข้อ 13	
	7. นักเรียนสามารถอธิบายการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมได้	ข้อ 14-15	
	8. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมได้	ข้อ 16	
	9. นักเรียนสามารถอธิบายการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้	ข้อ 17-18	
	10. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการนำความรู้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้	ข้อ 19	
ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	11. นักเรียนสามารถอธิบายถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบทางด้านสังคมจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้	ข้อ 20	1
รวมจำนวนข้อคำถามในแบบวัดมโนทัศน์			**20**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) เมื่อสร้างแบบวัดมโนทัศน์เสร็จเรียบร้อยและกำหนดคะแนนในแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ คือ นักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งระดับคำตอบและระดับเหตุผล นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษาและปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ความเชี่ยวชาญด้านชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องจากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.33-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

(1) ผู้ทรงคุณวุฒิท่านหนึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าข้อที่ 10 เป็นแนวคิดที่ไม่จำเป็นสำหรับเรื่องนี้ ผู้วิจัยตัดสินใจคงข้อคำถามนี้ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่นำเสนอผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อใช้ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

(2) ปรับสถานการณ์ที่ใช้ในข้อคำถามให้ทันสมัย เช่น ข้อที่ 12 ปรับเป็น “ในการตรวจหาเชื้อ Coronavirus โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR) องค์ประกอบสำคัญใดในเทคนิคพีซีอาร์ที่ส่งผลต่อการจำแนกได้ว่าติดเชื้อหรือไม่”

(3) ปรับปรุงแก้ไขคำผิดและเรียบเรียงคำใหม่เพื่อให้ประโยคสมบูรณ์

6) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามและตัวเลือกในแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

7) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 30 คน และไม่ใช่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบหาค่าความยาก (Level of difficulty,

p) อำนาจจำแนก (Power of discrimination, r) และหาความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดมโนทัศน์ทั้งฉบับ ด้วยวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) เนื่องจากข้อสอบแต่ละข้อมีความยากไม่เท่ากัน โดยค่าความเที่ยงควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559)

ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ มีค่าดังนี้

(1) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.36 - 0.79

(2) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.43 - 0.71

(3) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.77

8) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขจากขั้นตอนที่ 2 และแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ โดยเก็บข้อมูลวิจัยจากครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 คน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สมัครใจ จำนวน 13 คน จาก 1 ห้องเรียน มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1) ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลและทดลองใช้เครื่องมือวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน

2) เมื่อจดหมายได้รับการพิจารณาอนุมัติ ผู้วิจัยติดต่อประสานงานและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 คนและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สมัครใจ จำนวน 13 คน ด้วยตนเอง

3) ผู้วิจัยติดต่อและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองเพื่อลงนาม และชี้แจงเบื้องต้นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย อีกทั้งระบุว่าการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ไม่ได้ลดทอนความรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่เสียผลประโยชน์ในการเรียน และการนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนและไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียน

4) นัดหมายวันและเวลานอกเวลาเรียนตามปกติกับครูและนักเรียน เพื่อทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยครูเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 วัน แบ่งเป็น 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที โดยพักระหว่างคาบเรียน 10 นาที แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 10 และอธิบาย ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ รวมถึงวิธีการเก็บข้อมูลและทำลายข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัย และดำเนินการทำลายเอกสารและลบข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ซึ่งตลอดการวิจัยจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมายหรือข้อมูลอื่นที่ระบุถึงตัวตน จากนั้นสร้างห้องประชุมออนไลน์เพื่อเตรียมใช้ในการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 หัวเรื่องและระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

	หัวเรื่อง	เวลาที่ใช้
1.	การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์	50-60 นาที (1 คาบเรียน)
2.	เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส	50-60 นาที (1 คาบเรียน)
3.	ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ	50-60 นาที (1 คาบเรียน)
4.	ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	50-60 นาที (1 คาบเรียน)

5) เมื่อถึงวันเวลาที่นัดหมาย ก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียน เมื่อนักเรียนดำเนินการเรียบร้อย ครูดำเนินการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับกลุ่มเป้าหมายตามกำหนดเวลาที่วางแผนไว้ และเมื่อใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยครูให้นักเรียนแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังเรียน จากนั้นให้ครูและนักเรียนพัก 10 นาที เพื่อเตรียมการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ (Online focus groups) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้สถิติบรรยาย เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index, E.I.) หาได้จากสูตร

สูตร $E.I. = \frac{\sum X_{posttest} - \sum X_{pretest}}{(N)(A) - \sum X_{pretest}}$

เมื่อ E.I. คือ ค่าดัชนีประสิทธิผล

$\sum X_{pretest}$ คือ ผลรวมของคะแนนก่อนการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

$\sum X_{posttest}$ คือ ผลรวมของคะแนนหลังการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

N คือ จำนวนนักเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเป็นไปได้สูงสุดคือ 1 ในกรณีที่คำนวณและค่าติดลบ แสดงว่าคะแนนก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนหลังเรียน หรือสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไม่มีประสิทธิผล

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. วัตถุประสงค์เฉพาะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพื่อประเมินความพึงพอใจและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนนี้คือ ครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 13 คน กลุ่มเดิมที่ผ่านการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในขั้นตอนที่ 3

3. เครื่องมือวิจัย

การประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท โดยแบ่งเป็นสำหรับครูชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 10 ข้อ และแบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ข้อ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ดังนี้

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

2) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท โดยแบ่งเป็นสำหรับครูชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 10 ข้อ ซึ่งมีรายละเอียดของระดับในการตอบแบบสอบถามดังนี้

5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลของแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษาและปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

(1) ปรับปรุงแก้ไขคำผิดและเรียบเรียงคำใหม่เพื่อให้ประโยคสมบูรณ์

(2) แบบสอบถามสำหรับนักเรียนควรปรับประโยคให้เหมาะสมกับความรู้หรือวัยของผู้เรียน

5) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นสำหรับครูชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 10 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

2) กำหนดประเด็น ได้แก่ ความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำมาสร้างแนวคำถามในการสนทนากลุ่ม

3) สร้างข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้าง ให้ครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์เฉพาะของขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในขั้นนี้ หลังจากนั้นนำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4) นำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาชีววิทยา จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องจากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.67-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค) อีกทั้งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

(1) ตอนสนทนาให้ปรับเป็นภาษาพูด

(2) ปรับคำและเรียบเรียงคำใหม่เพื่อให้ประโยคสมบูรณ์มากขึ้น

4) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ที่มีโครงสร้าง เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) นำข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ที่มีโครงสร้าง เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และแบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยเก็บข้อมูลวิจัยจากครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 คน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 13 คน จากกลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนที่ 3 มีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1) หลังจากนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปทดลองใช้ จากนั้นผู้วิจัยให้ครูและนักเรียประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท โดยแบ่งเป็นสำหรับครูชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 10 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) เมื่อทุกคนพร้อมผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการสนทนาในครั้งนี้ จากนั้นเริ่มการสนทนาโดยผู้วิจัยเป็นคนอ่านประเด็นคำถามทีละคำถามเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายได้สนทนาในประเด็นข้อคำถามนั้น ระหว่างการสนทนาผู้วิจัยได้บันทึกคำพูดของกลุ่มเป้าหมาย และขอให้กลุ่มเป้าหมายขยายความเพิ่มเติมเมื่อผู้วิจัยไม่เข้าใจในสิ่งที่กลุ่มเป้าหมายพูด เมื่อประเด็นคำถามครบถ้วนผู้วิจัยกล่าวขอบคุณและปิดการสนทนา

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์จากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และการวิเคราะห์บทสนทนาจากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยาและนักเรียน ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และแปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่า ความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระและตรวจสอบการนำเสนอผลการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ในขั้นนี้ไปปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ให้สมบูรณ์

การพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาแบบเต็มขั้นตอน (Full Board Review) จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 082/64 โดยดำเนินการพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนนี้ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยดำเนินการเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายกับกลุ่มเป้าหมายได้แก่ ครูชีววิทยาและผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ผู้วิจัยทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการตอบรับเท่านั้น

2) ตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยและหลังการวิจัย ข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมายจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล

3) หลังจากการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะดำเนินการทำลายข้อมูลตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมายภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ด้วยการลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

นอกจากนี้ผู้วิจัยดำเนินการเพื่อทำความเข้าใจและขอความยินยอมจากผู้ปกครองของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนมีอายุต่ำกว่า 18 ปี จึงต้องขอความยินยอมจากผู้ปกครอง ดำเนินการดังนี้

1) ผู้วิจัยติดต่อและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองเพื่อลงนาม และชี้แจงเบื้องต้นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย อีกทั้งระบุว่าการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ไม่ได้ลดทอนความรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่เสียผลประโยชน์ในการเรียน และการนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนและไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียน

2) ผู้วิจัยจะทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการยินยอมและตอบรับเท่านั้น

3) ตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยและหลังการวิจัย ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล

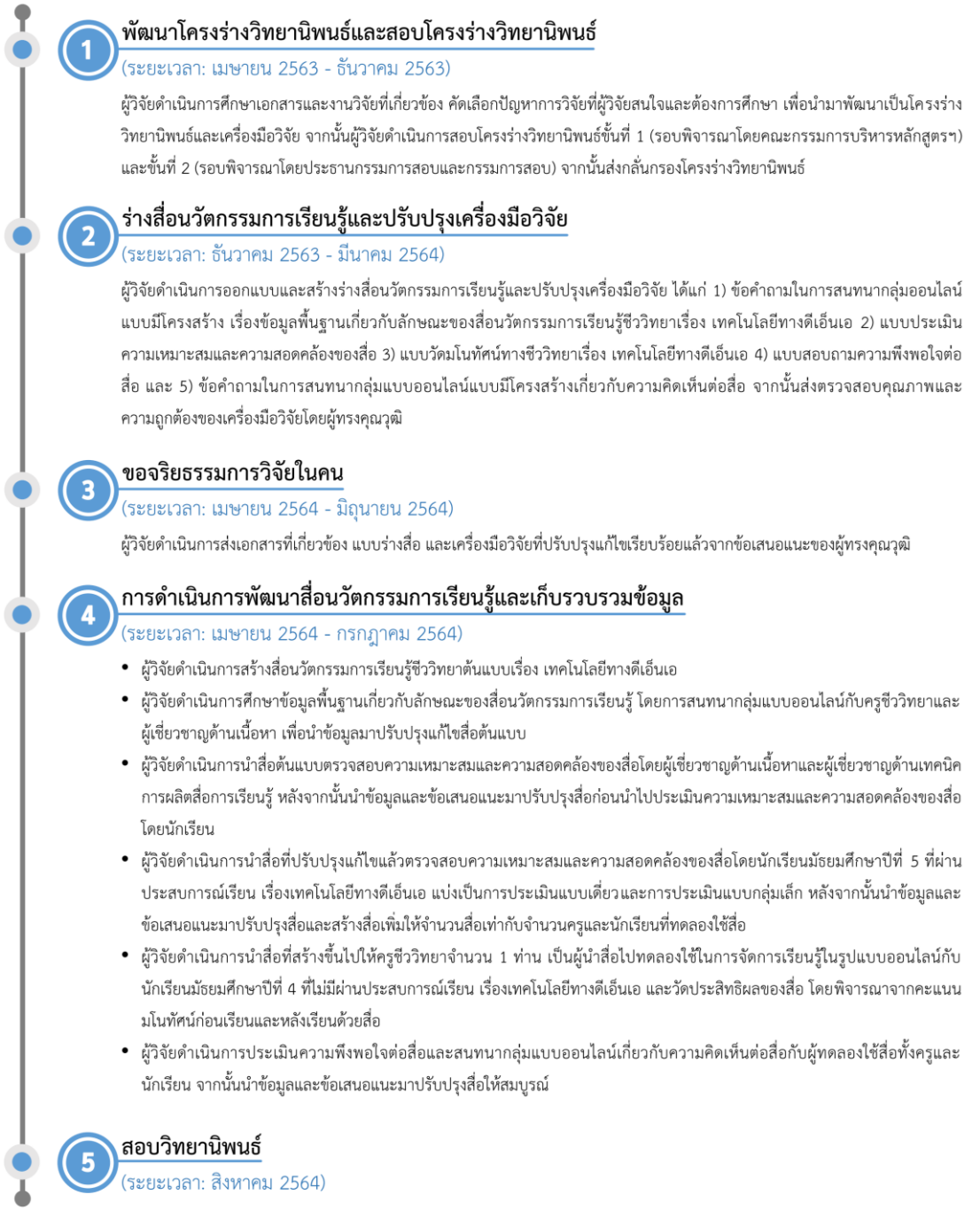
4) หลังจากการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะดำเนินการทำลายข้อมูลตลอดจนข้อมูลอื่น ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมายภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ด้วยการลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

หากกลุ่มเป้าหมายไม่เข้าร่วมหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัย จะไม่มีผลกระทบต่อกลุ่มเป้าหมายแต่อย่างใด และผู้วิจัยจะไม่หาผู้เข้าร่วมวิจัยมาทดแทน แต่จะดำเนินการวิจัยและรายงานผลการวิจัยตามสภาพจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปการดำเนินการวิจัยแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 สรุปการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ส่วน ตามวัตถุประสงค์เฉพาะและขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ส่วนที่ 2 ผลการออกแบบ สร้าง และผลการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ส่วนที่ 4 ผลการประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลเชิงลึกจากครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แสดงการวิเคราะห์การสนทนาดังนี้

1) ประเด็นจากการสนทนาของครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประเด็นการสนทนาที่ 1 “ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างและใช้อย่างไรในการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปร

พันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในหัวข้อดังกล่าว เช่น วีดิทัศน์จากต่างประเทศ แบบจำลอง สื่อนำเสนอ (PowerPoint) และหนังสือแบบเรียนเป็นหลัก โดยนำสื่อการเรียนรู้เหล่านี้มาประกอบกับการบรรยายของครู เพื่อให้นักเรียนให้กระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยนำมาใช้ในหัวเรื่องที่เป็นมีความเป็นนามธรรมสูง เช่น การอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในการทำพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส โดยส่วนมากใช้วีดิทัศน์จากต่างประเทศประกอบกับการอธิบายของครู อีกทั้งการสอนเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ครูใช้วิธีการให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและร่วมอภิปรายกันในชั้นเรียนโดยมีสื่อนำเสนอ (PowerPoint) ของครูประกอบ

ประเด็นการสนทนาที่ 2 “สื่อการเรียนรู้ดังกล่าวที่ท่านตอบในประเด็นที่ 1 พบปัญหาหรือช่วยการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหานี้อย่างไร” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้ดังกล่าวแสดงให้เห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น แต่การใช้สื่อการเรียนรู้เหล่านี้พบปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนคือ เมื่อสื่อการเรียนรู้ที่ใช้เป็นภาษาอังกฤษ นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจหรือลดความสนใจลง ครูจำเป็นต้องอธิบายเพิ่มเติมแก่นักเรียน หรือนักเรียนเจอสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปจากสื่อการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มักจะไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากสื่อการเรียนรู้ได้ อีกทั้งสื่อการเรียนรู้ประเภทแบบจำลองมักจะไม่ทนทาน

ประเด็นการสนทนาที่ 3 “ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้ในเรื่องนี้ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรมีการอธิบายคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาก่อนที่จะให้นักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ อีกทั้งเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอโดยเฉพาะการทำพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน สื่อการเรียนรู้จึงควรแสดงขั้นตอนต่าง ๆ เป็นลำดับเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น รวมถึงควรเป็นสื่อที่มีความใหม่และส่งเสริมให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้ผ่านสื่อการเรียนรู้นี้

ประเด็นการสนทนาที่ 4 “ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีสื่อที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทดลองในเรื่องนี้ได้ในระยะเวลา 2-3 คาบ” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า ระยะเวลา 2-3 คาบ อาจน้อยเกินไป ในหัวเรื่องการทำพีซีอาร์ควรใช้เวลาประมาณ 1-2 คาบเรียน หัวเรื่องเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสควรใช้เวลาประมาณ 1-2 คาบเรียน และควรมีการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และหัวเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรมีการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนอีกประมาณ 1-2 คาบเรียน จึงคิดว่าจะเหมาะสมกับเนื้อหา

ประเด็นการสนทนาที่ 5 “ถ้ามีเทคโนโลยีเสริมในสื่อการเรียนรู้ควรเป็นเทคโนโลยีอะไรได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า เทคโนโลยีที่ควรนำมาเสริมในสื่อการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้นักเรียนเห็นสิ่งที่นักเรียนไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ เช่น ส่วนประกอบสำคัญของการทำพีซีอาร์หรือให้เห็นกระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น อาจใช้รูปภาพ ภาพสามมิติ หรือวีดิทัศน์ที่แสดงเนื้อหาเหล่านั้นอย่างชัดเจน และการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมผสมผสานกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านมีความคิดเห็นเหมือนกันคือ เห็นด้วยกับการนำความเป็นจริงเสริมมาทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและแสดงให้นักเรียนเห็นส่วนประกอบและกระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น พร้อมกับการปฏิบัติที่เป็นลำดับขั้นตอนผ่านชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มากขึ้น

ประเด็นการสนทนาที่ 6 “ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับบริบทชั้นเรียนจริง” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้นี้ไม่ควรซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน และควรมีคู่มือครูที่อธิบายวิธีการใช้สื่อนี้เพื่อนำไปใช้สอนจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประเด็นการสนทนาที่ 7 “ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ทำให้นักเรียนเกิดเรียนรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง” ครูชีววิทยาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้อาจให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ หากใช้อุปกรณ์จริงไม่ได้อาจใช้อุปกรณ์ทดแทนอุปกรณ์ที่มีหลักการใกล้เคียงกันหรืออย่างน้อยที่สุดควรให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ อีกทั้งการนำเสนอด้วยความเป็นจริงเสริมควรมีรูปภาพ ภาพสามมิติ หรือวีดิทัศน์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น และเวลาที่ใช้กับความเป็นจริงเสริมไม่ควรมากเกินไปเพราะอาจทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่ายและลดประสิทธิภาพการเรียนรู้ลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ประเด็นจากการสนทนาของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประเด็นการสนทนาที่ 1 “ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้ในเรื่องนี้ที่ดีที่สุดคือ การลงมือทำปฏิบัติการจริง หรือถ้าไม่ได้ลงมือปฏิบัติ สื่อการเรียนรู้นี้ควรทำให้เห็นกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะในเรื่อง การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส และควรให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ อย่างน้อยอาจให้นักเรียนได้จับต้องอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือให้นักเรียนได้ลงมือทำ ส่วนในหัวเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและผลของการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สื่อการเรียนรู้อาจนำเสนอตัวอย่างต่าง ๆ ของการประยุกต์ใช้และผลการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อให้นักเรียนเห็นตัวอย่างและสามารถนำมาอภิปรายกันในชั้นเรียนได้

ประเด็นการสนทนาที่ 2 “ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีสื่อที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทดลองในเรื่องนี้ได้ในระยะเวลา 2-3 คาบ” ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่านระบุว่า ระยะเวลา 2-3 คาบนี้น้อยเกินไป อย่างน้อยหากนักเรียนลงมือปฏิบัติและการอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเออย่างน้อยที่สุดคือ 4-6 คาบเรียนหรือควรมากกว่านั้นถึงจะเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเด็นการสนทนาที่ 3 “ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น” ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่านระบุว่า เห็นด้วยกับการนำความเป็นจริงเสริมผสมผสานกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และคิดว่าสื่อนี้จะช่วยทำให้นักเรียนเห็นภาพของกระบวนการและเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และมีผู้ร่วมสนทนาท่านหนึ่งเสนอว่าถ้าให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและหากเมื่อนักเรียนทำผิดอยากให้แสดงผลที่เกิดขึ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากข้อผิดพลาด

ประเด็นการสนทนาที่ 4 “ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับบริบทชั้นเรียนจริง” ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้นี้ควรใช้งานง่ายไม่

ซับซ้อน ให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการคิด ออกแบบการทดลองหรือการสรุปผลการทดลอง มีแหล่งข้อมูลเพิ่มเติม อีกทั้งควรมีคำถามระหว่างการใช้สื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียน และควรมีคู่มือสำหรับครูและนักเรียนอย่างละ 1 ฉบับ โดยเฉพาะคู่มือครูควรระบุความรู้ที่จำเป็นสำหรับการใช้สื่อการเรียนรู้นี้ อุปกรณ์และวิธีการใช้สื่อ รวมถึงการประเมินผลของนักเรียน

ประเด็นการสนทนาที่ 5 “ท่านคิดว่าการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ มีข้อควรระวังหรือข้อควรคำนึงถึงในกระบวนการผลิตสื่ออย่างไรบ้าง” ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้ง 5 ท่านระบุว่า สื่อการเรียนรู้นี้ควรสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายลักษณะเช่น ใช้เดี่ยวหรือใช้เป็นกลุ่ม เพราะในบริบทจริงถ้านักเรียนในชั้นเรียนไม่มีสมาร์ทโฟนอาจต้องให้ใช้สื่อการเรียนรู้เป็นกลุ่ม รวมถึงควรมีความคงทนและสามารถนำมาศึกษาซ้ำได้ และควรออกแบบสื่อการเรียนรู้ให้สามารถใช้ได้ครอบคลุมกับนักเรียนทุกกลุ่มไม่ว่าจะเป็นนักเรียนเก่ง นักเรียนปานกลาง หรือนักเรียนอ่อน

จากการสนทนากลุ่มออนไลน์ของครูชีววิทยาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้วิจัยนำผลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย การนำผลการสนทนากลุ่มออนไลน์มาใช้ออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีรายละเอียดดังนี้ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างควรแสดงขั้นตอนหรือกระบวนการที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า อีกทั้งสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ควรมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน และควรมีคู่มือการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้ใช้ทั้งครูและนักเรียน ซึ่งการออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยเฉพาะในส่วนของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเสมือนจริงผ่านอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยคัดเลือกหรือสร้างขึ้นในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ควรมีความทนทานและสามารถใช้ซ้ำได้ นอกจากนี้การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในส่วนของความเป็นจริงเสริมนำมาใช้แสดงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แสดงเนื้อหาบทเรียนต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าผ่านรูปภาพ แอนิเมชันหรือวีดิทัศน์ และแสดงคำถามชวนคิดระหว่างใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีการประเมินตนเองและสามารถได้รับผลย้อนกลับทันที

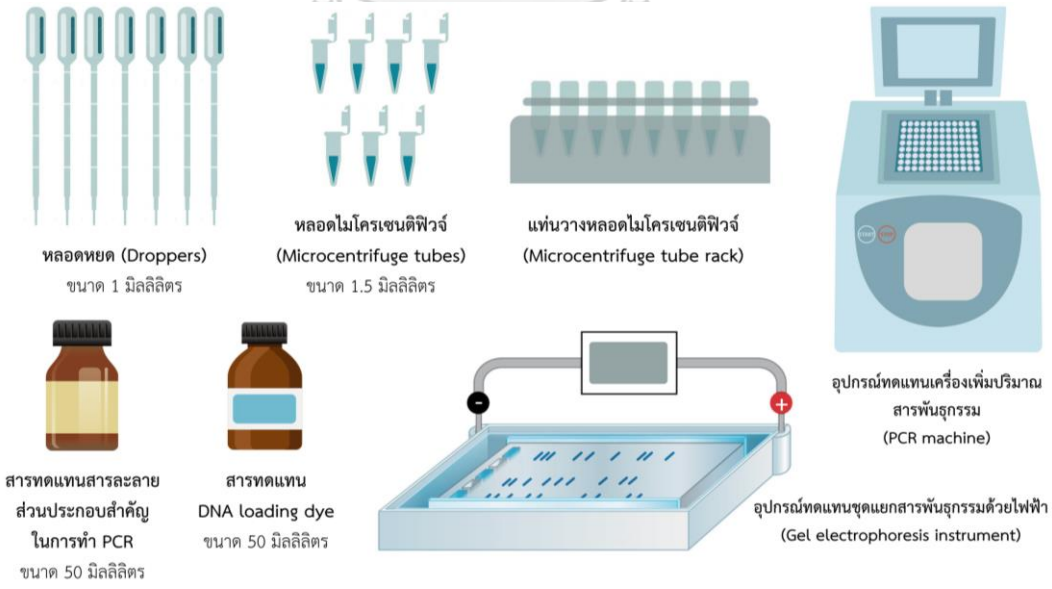
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 ผลการออกแบบ สร้าง และผลการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

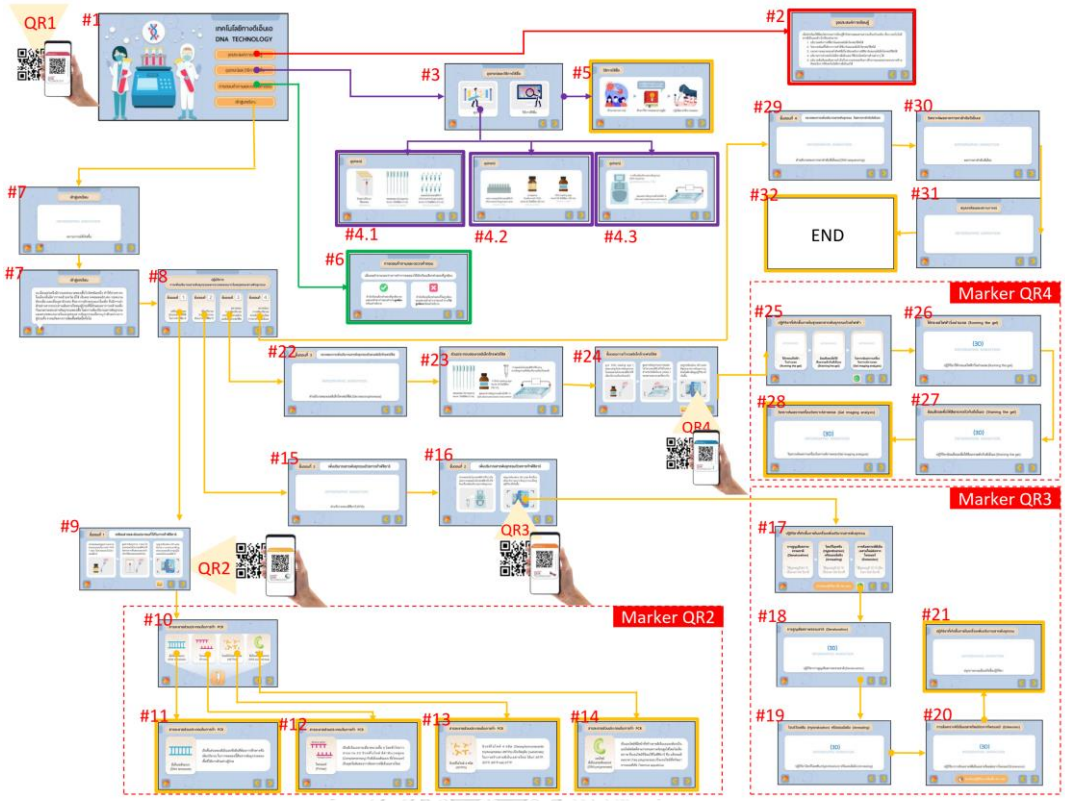
การรายงานผลและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการออกแบบ สร้าง สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ แสดงการวิเคราะห์ดังนี้

1) ผลการออกแบบ สร้าง สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากแบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แสดงดังภาพที่ 7 และ 8 และผลการสนทนากลุ่มออนไลน์ในส่วนที่ 1 ที่ระบุไว้ข้างต้นเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ



ภาพที่ 7 แบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในส่วนของชุดทดลองวิทยาศาสตร์



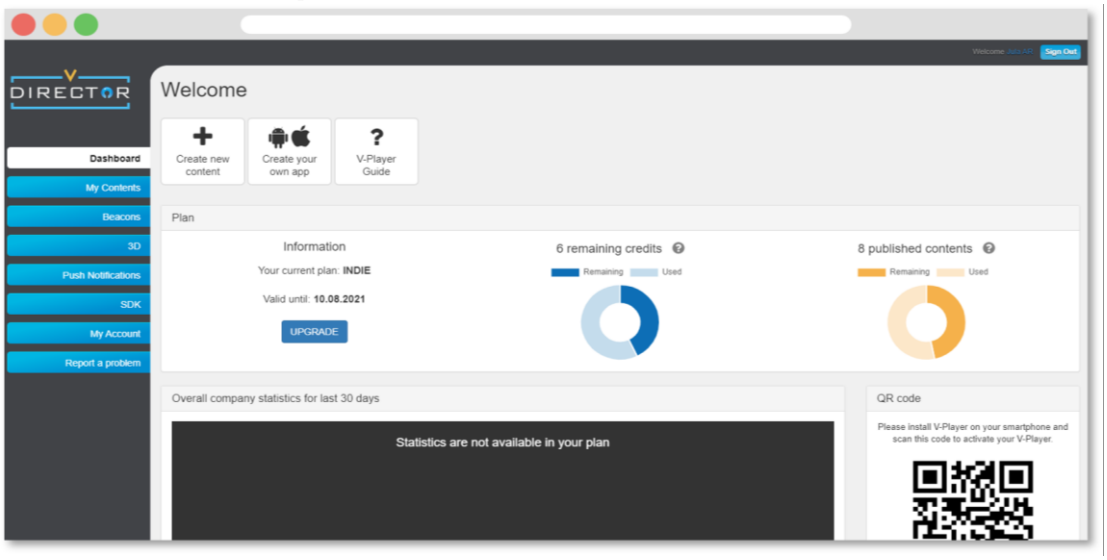
ภาพที่ 8 แบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในส่วนของความเป็นจริงเสริม

ผลออกแบบและสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานชุดทดลองวิทยาศาสตร์และความเป็นจริงเสริมเข้าด้วยกัน มีวัตถุประสงค์ของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับครูและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เนื้อหาที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ดังนี้ เมื่อนักเรียนใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอแล้ว นักเรียนสามารถ 1) อธิบายหลักการพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้ 2) วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทำพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้ 3) บอกความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับหลักการพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสได้ 4) อธิบายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ ได้ และ 5) อธิบายข้อดีและข้อควรคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้

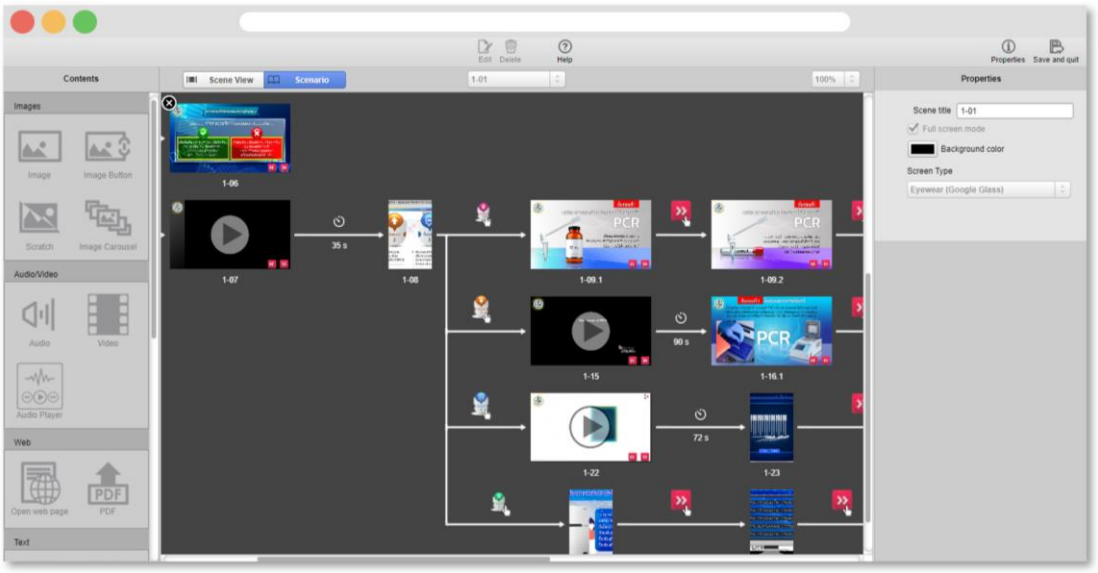
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะคือ มีการใช้ความเป็นจริงเสริมแสดงเนื้อหาบทเรียน คำศัพท์เฉพาะ ขั้นตอนการทดลองเพื่อให้นักเรียนลงมือปฏิบัติโดยใช้อุปกรณ์ในชุดทดลองวิทยาศาสตร์ คำถามชวนคิด รวมถึงแสดงกระบวนการหรือปฏิกิริยาที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าและสามารถร่นระยะเวลาในการแสดงผลปฏิบัติการผ่านภาพ วีดิทัศน์และข้อความที่ออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น Adobe Illustrator Adobe Photoshop หรือ Adobe Animate โดยการแสดงผลของความเป็นจริงเสริมในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้สร้างผ่านเว็บไซต์ V-Director (https://armanager.vidinoti.com) แสดงดังภาพที่ 9 และ 10 แสดงผ่านแอปพลิเคชัน V-Player จากการจับภาพ (Scan) AR Marker ผ่านทางสมาร์ตโฟนได้ทั้งในระบบ Android และ iOS ซึ่งประกอบด้วย AR Marker จำนวน 9 ใบ และฉากที่แสดงในความเป็นจริงเสริมทั้งหมด จำนวน 51 ฉาก และชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ทดแทนอุปกรณ์จริง เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติใกล้เคียงกับการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากอุปกรณ์จริงนั้นมีขนาดไม่เหมาะสมและราคาสูง ผู้วิจัยจึงใช้อุปกรณ์ทดแทน และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้มีคู่มือสำหรับครูและนักเรียนอย่างละ 1 ฉบับ นอกจากนี้การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่ควรต่ำกว่า 4 คาบเรียนหรือเป็นไปตามความเหมาะสมของครูผู้สอนแต่ละท่านและบริบทของชั้นเรียนที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ควรมีการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ส่วนประกอบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และตัวอย่างการแสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมแสดงดังภาพที่ 11 และ 12

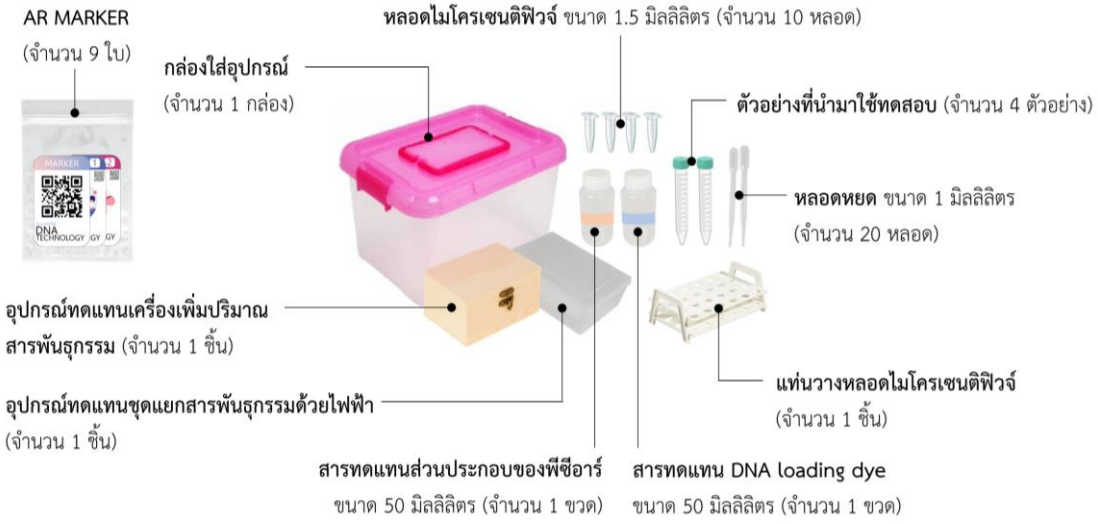
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



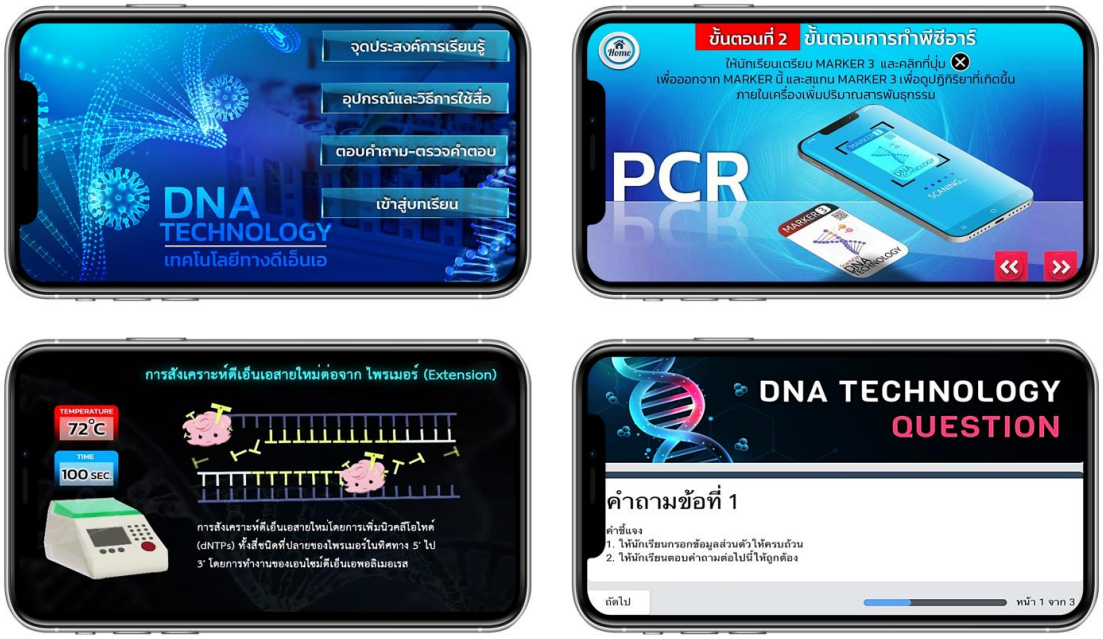
ภาพที่ 9 หน้าเว็บไซต์ V-Director



ภาพที่ 10 พื้นที่สำหรับสร้างความเป็นจริงเสริมของเว็บไซต์ V-Director



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบของของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา
เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการแสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมผ่านแอปพลิเคชัน V-Player

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ต้นแบบเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนต่อมาเป็นการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต้นแบบเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากผู้เชี่ยวชาญแสดงในหัวข้อถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
1.	**ด้านเนื้อหา**			
1.1	ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหา	4.33	0.82	เห็นด้วยมาก
1.2	ความถูกต้องของเนื้อหา	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
1.3	ความเหมาะสมในการลำดับเนื้อหา	4.83	0.41	เห็นด้วยมากที่สุด
1.4	การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.67	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
1.5	ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา	4.67	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
1.6	ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	4.67	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
1.7	ความเหมาะสมของคำถามที่ใช้ในสื่อ	4.17	0.75	เห็นด้วยมาก
1.8	ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
1.9	ความสอดคล้องระหว่างภาพหรือกราฟิกกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
1.10	ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.50**	**0.57**	**เห็นด้วยมาก**
2.	**ด้านการออกแบบสื่อ**			
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
2.2	ความเหมาะสมขององค์ประกอบในหน้าจอ	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
2.3	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
2.4	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
2.5	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
2.6	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
2.7	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลอง	4.67	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
2.8	การเชื่อมโยงระหว่างชุดทดลองและความเป็นจริงเสริม	4.33	0.82	เห็นด้วยมาก
2.9	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	3.67	0.82	เห็นด้วยมาก
2.10	ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้	4.00	0.00	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.30**	**0.59**	**เห็นด้วยมาก**
3.	**ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้**			
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ	4.67	0.52	เห็นด้วยมากที่สุด
3.2	ให้ผลย้อนกลับต่อนักเรียน	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
3.3	ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง	4.33	0.52	เห็นด้วยมาก
3.4	ตอบสนองความแตกต่างของระดับความสามารถนักเรียนในชั้นเรียน	4.33	0.82	เห็นด้วยมาก
3.5	ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.43**	**0.57**	**เห็นด้วยมาก**
	รวมทุกองค์ประกอบการประเมิน	**4.41**	**0.58**	**เห็นด้วยมาก**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 11 พบว่าความคิดเห็นจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.41, SD = 0.58) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกองค์ประกอบพบว่า ด้านเนื้อหาได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.50, SD = 0.57) อันดับรองลงมาคือด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (คะแนนเฉลี่ย = 4.43, SD = 0.57) และด้านการออกแบบสื่อ (คะแนนเฉลี่ย = 4.30, SD = 0.59) ตามลำดับ

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะดังนี้ 1) ปรับแก้ไขคำผิดหรือข้อความในคู่มือครู เช่น ปรับแก้ข้อความ "*Ethidium Bromide (EtBr) ซึ่งจะจับกับส่วนของร่องหลัก (Major groove) ของดีเอ็นเอ*" เป็น "*Ethidium bromide เป็น intercalating agent ที่จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเบสแต่ละคู่ภายในโมเลกุลของดีเอ็นเอ ทำให้สามารถมองเห็นดีเอ็นเอภายใต้แสง UV ได้*" 2) การแสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมในหัวเรื่องตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ อาจเพิ่มกรณีตัวอย่างที่น่าสนใจเพื่อเป็นตัวอย่างเชิงประจักษ์ 3) บางส่วนของเนื้อหาที่แสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมสามารถเพิ่มแหล่งข้อมูลหรือลิงก์ภายนอกเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม 4) คำถามชวนคิดที่แสดงด้วยความเป็นจริงเสริมส่วนใหญ่เป็นคำถามเชิงความรู้ความจำ ควรเพิ่มข้อคำถามในลักษณะของการวิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือประยุกต์ใช้ความรู้ 5) การแสดงผลด้วยความเป็นจริงเสริมในช่วงแรกแสดงขึ้นช้าและบางฉากอาจมีตัวอักษรมากเกินไป อาจต้องปรับปรุงแก้ไข 6) ครูที่จะนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไปใช้ จำเป็นต้องมีความเข้าใจในวิธีการใช้สื่อพอสมควร แต่มีผู้เชี่ยวชาญบางส่วนอธิบายว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไม่ซับซ้อนยุ่งยากในการใช้จนเกินไป

อีกทั้งผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า โดยภาพรวมของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้และกิจกรรมการเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีน่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนในปัจจุบัน แต่สื่อนี้อาจมีข้อจำกัดในเรื่อง ความพร้อมของนักเรียนในด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และความเร็วของอินเทอร์เน็ต

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ รวมถึงข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะและคำแนะนำเหล่านี้มาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากนั้นนำไปประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กับ

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน แบ่งเป็น 1) การประเมินแบบเดี่ยว จำนวน 3 คน และ 2) การประเมินแบบกลุ่มเล็ก จำนวน 12 คน ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความคิดเห็นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 12 และตารางที่ 13

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แบบเดี่ยวโดยนักเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
1.	**ด้านเนื้อหา**			
1.1	ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
1.2	ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
1.3	การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
	รวม	**4.56**	**0.53**	**เห็นด้วยมากที่สุด**
2.	**ด้านการออกแบบสื่อ**			
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.00	0.00	เห็นด้วยมาก
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
2.3	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก	4.00	1.00	เห็นด้วยมาก
2.4	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร	4.00	0.00	เห็นด้วยมาก
2.5	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.00	0.00	เห็นด้วยมาก
2.6	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	3.33	0.58	เห็นด้วยปานกลาง
2.7	ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.10**	**0.62**	**เห็นด้วยมาก**
3.	**ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้**			
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
3.2	สร้างความเข้าใจในเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้ง่าย	4.00	0.00	เห็นด้วยมาก
3.3	ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.33**	**0.50**	**เห็นด้วยมาก**
	รวมทุกองค์ประกอบการประเมิน	**4.26**	**0.59**	**เห็นด้วยมาก**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 12 พบว่าความคิดเห็นจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบเดี่ยวโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 3 คน ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.26, SD = 0.59) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกองค์ประกอบพบว่า ด้านเนื้อหาได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.56, SD = 0.53) อันดับรองลงมาคือด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (คะแนนเฉลี่ย = 4.33, SD = 0.50) และด้านการออกแบบสื่อ (คะแนนเฉลี่ย = 4.10, SD = 0.62) ตามลำดับ

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบเดี่ยวโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีข้อเสนอแนะดังนี้ สีตัวอักษรกับสีพื้นหลังบางฉากในความเป็นจริงเสริมมีโทนสีเดียวกัน ทำให้เห็นตัวอักษรไม่ค่อยชัดเจน อีกทั้งนักเรียนมีความคิดเห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้มีความน่าสนใจไม่น่าเบื่อระหว่างการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ รวมถึงฉากแต่ละฉากมีสีสันที่สวยงาม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงข้อเสนอแนะจากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบเดี่ยวโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะและคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนนำไปประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเล็ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
1.	**ด้านเนื้อหา**			
1.1	ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	4.67	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
1.2	ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ	4.42	0.51	เห็นด้วยมาก
1.3	การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.58	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
	รวม	**4.56**	**0.50**	**เห็นด้วยมากที่สุด**

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียน (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
2.	**ด้านการออกแบบสื่อ**			
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.17	0.58	เห็นด้วยมาก
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก	4.50	0.52	เห็นด้วยมาก
2.3	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก	3.83	0.58	เห็นด้วยมาก
2.4	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร	4.17	0.58	เห็นด้วยมาก
2.5	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.08	0.67	เห็นด้วยมาก
2.6	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	3.08	0.51	เห็นด้วยปานกลาง
2.7	ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้	4.08	0.29	เห็นด้วยมาก
	รวม	**3.99**	**0.66**	**เห็นด้วยมาก**
3.	**ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้**			
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ	4.75	0.45	เห็นด้วยมากที่สุด
3.2	สร้างความเข้าใจในเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้ง่าย	4.50	0.52	เห็นด้วยมาก
3.3	ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง	4.08	0.51	เห็นด้วยมาก
	รวม	**4.44**	**0.56**	**เห็นด้วยมาก**
	รวมทุกองค์ประกอบการประเมิน	**4.22**	**0.66**	**เห็นด้วยมาก**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 13 พบว่า ความคิดเห็นจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สมัครใจและผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 12 คน ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.22, SD = 0.66) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกองค์ประกอบพบว่า ด้านเนื้อหาได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.56, SD = 0.50) อันดับรองลงมาคือด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (คะแนนเฉลี่ย = 4.44, SD = 0.56) และด้านการออกแบบสื่อ (คะแนนเฉลี่ย = 3.99, SD = 0.66) ตามลำดับ

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีข้อเสนอแนะดังนี้ 1) การแสดงความเป็นจริงเสริมมีภาพบางภาพที่ไม่ค่อยคมชัด 2) ฉากส่วนใหญ่ของ

ความเป็นจริงเสริมใน AR Marker 5 และ 6 มีข้อความที่เป็นตัวอักษรจำนวนมาก ทำให้ลดความสนใจลง ถ้าหากปรับเป็นรูปภาพที่เกี่ยวข้องกับข้อความและแสดงข้อความให้สั้นลงจะทำให้มีความน่าสนใจมากขึ้น 3) ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้ความเป็นจริงเสริม พบว่า มีบางฉากแสดงช้าและบางฉากแสดงวีดิทัศน์ยังไม่จบแต่เกิดการเปลี่ยนไปฉากถัดไป อีกทั้งมีนักเรียนบางคนเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ควรมีใบกิจกรรมบันทึกผลการทดลองจากการนำเสนอผลด้วยความเป็นจริงเสริม เพื่อไว้ใช้ในการอภิปรายผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงข้อเสนอแนะจากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบบกลุ่มเล็กโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะและคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากนั้นผู้วิจัยสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เพิ่ม เพื่อให้มีจำนวนเพียงพอกับกลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้สถิติบรรยายเพื่อคำนวณคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนสูงสุด (Max) และคะแนนต่ำสุด (Min) และ 2) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล แสดงการวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 13 คน แต่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีนักเรียนจำนวน 2 คน ลาป่วย ทำให้จำนวนของนักเรียนในการรายงานผลและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เหลือจำนวน 11 คน แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 14

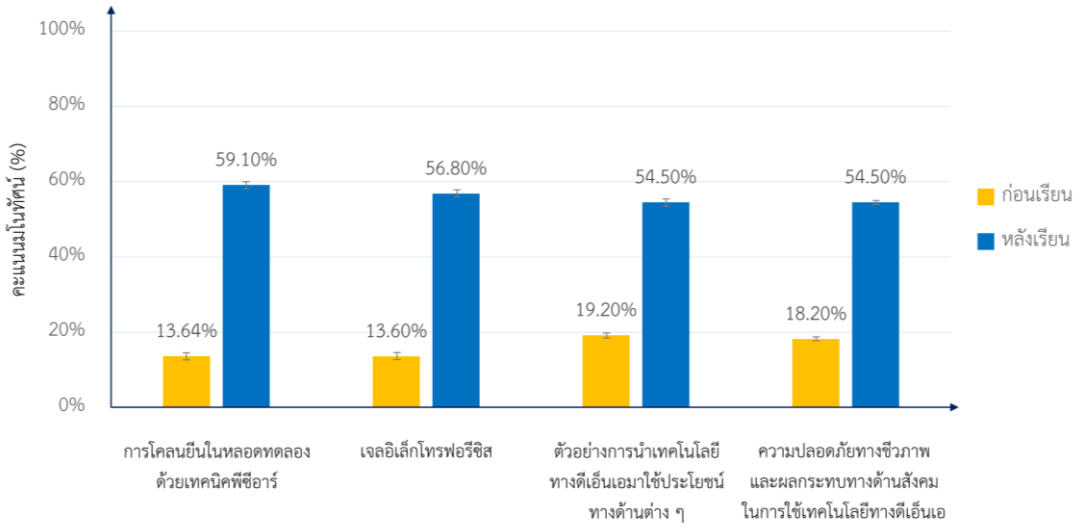
ตารางที่ 14 คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวนนักเรียน (คน)	Mean	SD	Max	Min
ก่อนเรียน	11	3.27	1.56	6	1
หลังเรียน	11	11.40	2.20	15	8

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 14 พบว่า คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 (SD = 1.56) คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน อีกทั้งคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 6 คะแนนและคะแนนน้อยที่สุด 1 คะแนน และเมื่อนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปทดลองใช้กับนักเรียน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.27 (SD = 2.20) คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน อีกทั้งคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 15 คะแนน และคะแนนน้อยที่สุด 8 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน จำแนกตามหัวเรื่องที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง ได้แก่ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แสดงดังภาพที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 13 ร้อยละคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน จำแนกตามหัวเรื่องที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ร้อยละคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน พบว่าในภาพรวมร้อยละคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังเรียนในทุกหัวเรื่องสูงกว่าร้อยละคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งก่อนเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เมื่อเทียบหัวเรื่องทั้ง 4 หัวเรื่อง นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ในหัวเรื่องตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ มากที่สุดร้อยละ 19.20 (SD = 1.58) และคะแนนมโนทัศน์ในหัวเรื่องเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสน้อยที่สุดร้อยละ 13.60 (SD = 1.91) และเมื่อนักเรียนผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ พบว่าเมื่อเทียบหัวเรื่องทั้ง 4 หัวเรื่อง นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ในหัวเรื่องการโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์มากที่สุดร้อยละ 59.10 (SD = 1.64) รองลงมา ได้แก่ หัวเรื่องเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสร้อยละ 56.80 (SD = 1.26) และหัวเรื่องตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ ร้อยละ 54.50 (SD = 1.00) เช่นเดียวกับหัวเรื่องความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอร้อยละ 54.50 (SD = 0.52)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูลมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน จำแนกตามหัวเรื่องและข้อคำถามจำนวน 20 ข้อในแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แสดงดังตารางที่ 19-19

ตารางที่ 15 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
1.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • เทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ ใช้ความเข้มข้นในการควบคุมกระบวนการที่เกิดขึ้น • เทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ ใช้ความดันในการควบคุมกระบวนการที่เกิดขึ้น	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • เทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ ใช้อุณหภูมิในการควบคุมกระบวนการที่เกิดขึ้น	45.45
2.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ใช้เอนไซม์ DNA ligase • การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ใช้เอนไซม์ *Eco*RI	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ใช้เอนไซม์ DNA polymerase	72.73
3.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • Annealing เป็นขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอสายใหม่จากดีเอ็นเอแม่แบบที่เป็นสายเดี่ยว • Annealing เป็นเป็นขั้นตอนการจับของ dNTP 4 ชนิดกับดีเอ็นเอแม่แบบที่เป็นสายเดี่ยว	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • Annealing เป็นขั้นตอนการจับของไพรเมอร์กับดีเอ็นเอแม่แบบที่เป็นสายเดี่ยว	63.64

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (ต่อ)

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
7.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • การโคลนยีน (Gene cloning) เป็นการศึกษาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน • การโคลนยีน เป็นการศึกษาดีเอ็นเอสายผสมจากการตัดต่อยีน	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การโคลนยีนเป็นการเพิ่มจำนวนยีนที่ต้องการศึกษา	18.18
8.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • เบสคู่สม (Complementary base) หมายถึง นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอที่มีไนโตรจีนัสเบสหมือนกันเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน • เบสคู่สม หมายถึง นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอที่เชื่อมกันด้วยพันธะฟอสโฟไดเอสเตอร์ • เบสคู่สม หมายถึง นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอที่มีโครงสร้างวงแหวนของไนโตรจีนัสเบสเหมือนกันเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • เบสคู่สม หมายถึง นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอที่เชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน	36.36
9.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอไพรเมอร์ (DNA primer) เป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวขนาดสั้น ๆ มีลำดับเบสเหมือนกับดีเอ็นเอแม่แบบ	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอไพรเมอร์เป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวขนาดสั้น ๆ มีลำดับเบสคู่สมกับดีเอ็นเอแม่แบบ	36.36

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องในหัวเรื่อง การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยข้อความมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการปรับให้ถูกต้องมากที่สุด 3 อันดับ คือ การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ ใช้เอนไซม์ DNA polymerase (ร้อยละ 72.73) Annealing เป็นขั้นตอนการจับของไพรเมอร์กับดีเอ็นเอแม่แบบที่เป็นสายเดี่ยว (ร้อยละ 63.64) และเทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ ใช้อุณหภูมิในการควบคุมกระบวนการที่เกิดขึ้น (ร้อยละ 45.45)

ตารางที่ 16 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
4.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารภายใต้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น • เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารภายใต้สนามแม่เหล็ก • เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารภายใต้สภาพกรดเบส	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารภายใต้สนามไฟฟ้า	63.64
5.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอไม่มีประจุ จึงทำให้ดีเอ็นเอไม่มีการเคลื่อนที่ในวุ้น	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอมีประจุสุทธิเป็นลบ จึงทำให้ดีเอ็นเอเคลื่อนที่ในวุ้นไปขั้วบวก	18.18
6.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอขนาดเล็ก • ดีเอ็นเอประจุลบจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอประจุเป็นบวก	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ดีเอ็นเอขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอขนาดใหญ่	54.55
10.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ร่องรองของดีเอ็นเอ (Minor groove) เป็น 1 รอบเกลียวของโมเลกุลดีเอ็นเอ • ร่องรองของดีเอ็นเอเป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่จำนวนนิวคลีโอไทด์มากกว่าร่องหลัก	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ร่องรองของดีเอ็นเอเป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่กว้างและลึกน้อยกว่าร่องหลัก	45.45

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 16 พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องในหัวเรื่อง เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส โดยข้อความมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการปรับให้ถูกต้องมากที่สุด 3 อันดับ คือ เจลอิเล็กโทรฟอรีซิสเป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารภายใต้สนามไฟฟ้า (ร้อยละ 63.64) ดีเอ็นเอขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าดีเอ็นเอขนาดใหญ่ (ร้อยละ 54.55) และร่องรองของดีเอ็นเอเป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่กว้างและลึกน้อยกว่าร่องหลัก (ร้อยละ 45.45)

ตารางที่ 17 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	**หลังเรียนด้วยสื่อ**	
11.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ถ้าต้องการทราบลำดับดีเอ็นเอของเชื้อโรคชนิดหนึ่งจากผู้ป่วย แต่จากเซลล์ตัวอย่างของผู้ป่วยพบปริมาณดีเอ็นเอของเชื้ออยู่น้อยมาก ควรใช้เทคนิค DNA sequencing เป็นอันดับแรก • ถ้าต้องการทราบลำดับดีเอ็นเอของเชื้อโรคชนิดหนึ่งจากผู้ป่วย แต่จากเซลล์ตัวอย่างของผู้ป่วยพบปริมาณดีเอ็นเอของเชื้ออยู่น้อยมาก ควรใช้เทคนิค Gel electrophoresis เป็นอันดับแรก	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ถ้าต้องการทราบลำดับดีเอ็นเอของเชื้อโรคชนิดหนึ่งจากผู้ป่วย แต่จากเซลล์ตัวอย่างของผู้ป่วยพบปริมาณดีเอ็นเอของเชื้ออยู่น้อยมาก ควรใช้เทคนิค Polymerase chain reaction เป็นอันดับแรก	36.36
12.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • Primer ในเทคนิคพีซีอาร์ส่งผลต่อการจำแนกสารพันธุกรรม โดยการจับกับเชื้ออย่างจำเพาะ • DNA polymerase ในเทคนิคพีซีอาร์ส่งผลต่อการจำแนกสารพันธุกรรม โดยการจับกับเชื้ออย่างจำเพาะ • DNA polymerase ในเทคนิคพีซีอาร์ส่งผลต่อการจำแนกสารพันธุกรรม โดยการออกแบบให้เหมือนกับดีเอ็นเอแม่แบบ	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • Primer ในเทคนิคพีซีอาร์ส่งผลต่อการจำแนกสารพันธุกรรม โดยการออกแบบให้จำเพาะกับดีเอ็นเอแม่แบบ	45.45

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ (ต่อ)

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
13.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • แบคทีเรียที่ถูกดัดแปรให้สามารถสร้างฮอร์โมนของมนุษย์ได้ไม่เป็นการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม • การตรวจการแสดงออกของยีนที่ผิดปกติที่อาจทำให้เกิดโรค Sickle cell anemia ไม่เป็นการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การปลูกถ่ายไตไม่เป็นการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม	36.36
14.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • เมื่อปฏิกิริยาในการทำพีซีอาร์ผ่านไป 1 รอบ จะทำให้ปริมาณดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นสองโมเลกุล • เมื่อปฏิกิริยาในการทำพีซีอาร์ผ่านไป 1 รอบ จะทำให้ปริมาณดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นสามเท่า	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • เมื่อปฏิกิริยาในการทำพีซีอาร์ผ่านไป 1 รอบ จะทำให้ปริมาณดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นสองเท่า	54.55
15.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • การโคลนยีนที่สร้างโปรตีนจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ไม่สามารถทำในหลอดทดลองได้ • การโคลนยีนที่สร้างโปรตีนจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ใช้แบคทีเรียชนิดพิเศษที่ทนต่ออุณหภูมิสูง	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การโคลนยีนที่สร้างโปรตีนจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ใช้เทคนิคพีซีอาร์ได้	36.36

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ (ต่อ)

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
16.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • การสร้างต้นเฟื่องฟ้าที่มีหลายสีด้วยการเอาเฟื่องฟ้าชนิดต่าง ๆ มีสีไม่ซ้ำกันไปเสียบยอดกับตอของต้นเฟื่องฟ้าพื้นเมืองเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม • การเพิ่มจำนวนข้าวสีทองที่สร้างวิตามินเอ โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อให้ได้ข้าวสีทองที่สร้างวิตามินเอจำนวนมากเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การสร้างข้าวสีทองที่มีเบตา-แคโรทีนจากยีนสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนจากต้นแดฟโฟดิล (Daffodil) และ *crt*1 จากแบคทีเรีย *Erwinia uredovara* เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม	27.27
17.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกกับพ่อ ลูกกับแม่ และฝาแฝดจะตรงกัน 50% ของแถบดีเอ็นเอ • ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคนในครอบครัวเดียวกันจะเหมือนกันทุกประการ	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกบางส่วนเหมือนพ่อและส่วนที่เหลือเหมือนของแม่	27.27
18.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับผู้ร้ายแถบดีเอ็นเอต้องมีจำนวนแถบเท่ากัน	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับผู้ร้ายแถบดีเอ็นเอต้องตรงกัน	18.18

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ (ต่อ)

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
19.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • การพิสูจน์หลักฐานจากวัตถุพยานลายพิมพ์นิ้วมือเป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ • การพิสูจน์ทราบตัวตนจากรอยแผลเป็นบนร่างกายเป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • การพิสูจน์หาฆาตกรจากเศษเนื้อเยื่อที่ติดอยู่กับศพเป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์	36.36

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องในหัวเรื่อง ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ โดยข้อความมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการปรับให้ถูกต้องมากที่สุด 3 อันดับ คือ เมื่อปฏิกิริยาในการทำพีซีอาร์ผ่านไป 1 รอบ จะทำให้ปริมาณดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นสองเท่า (ร้อยละ 54.55) การปลูกถ่ายไตไม่เป็นการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ทางด้านการแพทย์และเภสัชกรรม (ร้อยละ 36.36) การโคลนยีนที่สร้างโปรตีนจากแบคทีเรีย Bacillus thuringiensis ใช้เทคนิคพีซีอาร์ได้ (ร้อยละ 36.36) และการพิสูจน์หาฆาตกรจากเศษเนื้อเยื่อที่ติดอยู่กับศพเป็นการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 36.36) การสร้างข้าวสีทองที่มีเบตา-แคโรทีน จากยีนสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนจากต้นแดฟโฟดิล (Daffodil) และ *crt*1 จากแบคทีเรีย *Erwinia uredovara* เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม (ร้อยละ 27.27) และลายพิมพ์ดีเอ็นเอของลูกบางส่วนเหมือนพ่อและส่วนที่เหลือเหมือนของแม่ (ร้อยละ 27.27)

ตารางที่ 18 วิเคราะห์มโนทัศน์ในหัวเรื่อง ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถาม	มโนทัศน์		ร้อยละ*
	ก่อนเรียนด้วยสื่อ	หลังเรียนด้วยสื่อ	
20.	**มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง:** • ผลกระทบจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์คือ การใช้ไกลโฟเซตอย่างไม่ระมัดระวังในการกำจัดวัชพืชทำให้เกิดสุดยอดวัชพืชที่ทนต่อไกลโฟเซตและยากต่อการกำจัดมากขึ้น	**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง:** • ผลกระทบจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์คือ การใช้ไกลโฟเซตอย่างไม่ระมัดระวังในการกำจัดวัชพืชมีโอกาสเข้าไปสะสมในร่างกายของผู้ที่รับประทานผลไม้ที่ปลูกบริเวณที่ใช้ไกลโฟเซต	36.36

หมายเหตุ * ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องผ่านการใช้สื่อ

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 15-18 พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้รับการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องในหัวเรื่องทั้ง 4 หัวเรื่อง ได้แก่ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปภาพรวมการปรับมโนทัศน์ที่ถูกต้องของนักเรียนนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน หลังทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำแนกตามข้อคำถามและรายบุคคล แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สรุปภาพรวมการปรับมโนทัศน์ที่ถูกต้องของนักเรียนหลังการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จำแนกตามข้อคำถามและรายบุคคล

ข้อคำถาม	นักเรียนคนที่											ร้อยละ[1]	ร้อยละ[2]	ร้อยละ[3]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1.	★		★		★		■		■	★	★	18.18	45.45	36.37
2.	★	★		★	★		★	★	★	★		0.00	72.73	27.27
3.	★	★	★		★	★			★		★	0.00	63.64	36.36
4.	★	★	★			★	■	★	■		★	18.18	54.55	27.27
5.			■	★		■	■		■	★		36.36	18.18	45.46
6.	★			★	★		★	★			★	0.00	54.55	45.45
7.		■			■		★			★	■	27.27	18.18	54.55
8.	■		★	★		★	■	★	■		■	36.36	36.36	27.28
9.			★	★		★			★			0.00	36.36	63.64
10.			★	★		★			★		★	0.00	45.45	54.55
11.	★	★		■		■	★	★		■	■	36.36	36.36	27.28
12.			★			★	★	■	★	★		9.09	45.45	45.46
13.	★	■			★		★				★	9.09	36.36	54.55
14.		★	★	★		★			★		★	0.00	54.55	45.45
15.		★			★			★	■		★	9.09	36.36	54.55
16.	■		■	■			★	★	★			27.27	27.27	45.46
17.	■	★		■	★		★	★				18.18	36.36	45.46
18.	★		■	★		■	■		■		■	45.45	18.18	36.37
19.		★		★			■		★	★	■	18.18	36.36	45.46
20.	■	★				★	★	■		★		18.18	36.36	45.46
ร้อยละ[4]	60	55	55	60	40	55	75	50	70	40	65			

หมายเหตุ ■ = นักเรียนตอบข้อคำถามก่อนเรียนและหลังเรียนถูกต้อง

★ = นักเรียนตอบข้อคำถามหลังเรียนถูกต้องเท่านั้น

ร้อยละ[1] = ร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องทั้งก่อนและหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

ร้อยละ[2] = ร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

ร้อยละ[3] = ร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง

ร้อยละ[4] = ร้อยละจำนวนมโนทัศน์ถูกต้องหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

จากการวิเคราะห์มโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน พบว่า การปรับมโนทัศน์ที่ถูกต้องของนักเรียนเพิ่มขึ้นหลังจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แต่ยังพบมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องและไม่สามารถเกิดขึ้นหลังจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เช่นกัน ตัวอย่างมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง เช่น 1) ความหมายของดีเอ็นเอไพรเมอร์ มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องที่นักเรียนตอบมากที่สุดคือ ดีเอ็นเอไพรเมอร์เป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวขนาดสั้น ๆ มีลำดับเบสเหมือนกับดีเอ็นเอแม่แบบ ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ ดีเอ็นเอไพรเมอร์เป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวขนาดสั้น ๆ มีลำดับเบสคู่สมกับดีเอ็นเอแม่แบบ 2) ร่องรองของดีเอ็นเอ มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องที่นักเรียนตอบมากที่สุดคือ ร่องรองของดีเอ็นเอเป็น 1 รอบเกลียวของโมเลกุลดีเอ็นเอ ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ ร่องรองของดีเอ็นเอเป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่กว้างและลึกน้อยกว่าร่องหลัก 3) การโคลนยีนที่สร้างโปรตีนจากแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องที่นักเรียนตอบมากที่สุดคือ การโคลนยีนแบคทีเรียไม่สามารถทำในหลอดทดลองได้ ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ การโคลนยีนแบคทีเรียใช้เทคนิคพีซีอาร์ได้ และนักเรียนทั้ง 11 คน หลังจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอถูกต้องในช่วงร้อยละ 40 ถึง 75 โดยมีนักเรียนที่เกิดการปรับมโนทัศน์ทางชีววิทยาถูกต้องมากกว่าร้อยละ 50 จำนวน 8 คน และมีนักเรียนที่เกิดการปรับมโนทัศน์ทางชีววิทยาถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 จำนวน 3 คน

2) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index, E.I.) โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน แสดงดังตารางที่ 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ก่อนเรียนและหลังเรียนรายบุคคล

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	3	11
2	3	11
3	3	11
4	3	12
5	1	8
6	3	11
7	6	15
8	2	10
9	6	14
10	2	8
11	4	13
รวม	36	124

ค่าดัชนีประสิทธิผล คำนวณจากสูตร E.I. = $\frac{\sum X_{posttest} - \sum X_{pretest}}{(N)(A) - \sum X_{pretest}}$ ดังนั้นค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าเท่ากับ 0.4783 แสดงว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพิ่มขึ้นร้อยละ 47.83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 4 ผลการประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การรายงานผลและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 3) รายงานผลการปรับปรุงสื่อนวัตกรรม

การเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะต่าง ๆ และจากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ โดยใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ แสดงการวิเคราะห์ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความพึงพอใจที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	แปลผล
1.	เนื้อหาไม่ซับซ้อนเหมาะกับระดับของนักเรียน	4.08	1.51	พึงพอใจมาก
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	4.58	0.67	พึงพอใจมากที่สุด
3.	ภาพประกอบหรือกราฟิกที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน	4.25	1.29	พึงพอใจมาก
4.	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวิทยาศาสตร์	4.42	1.16	พึงพอใจมาก
5.	การฝึกปฏิบัติผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติจริง	4.58	1.16	พึงพอใจมากที่สุด
6.	ความเหมาะสมของเวลาในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	4.50	1.17	พึงพอใจมาก
7.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยอธิบายเนื้อหาได้เข้าใจง่ายขึ้น	4.33	1.15	พึงพอใจมาก
8.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน	4.17	1.59	พึงพอใจมาก
9.	ความสะดวกในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	4.50	1.17	พึงพอใจมาก
10.	ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	4.33	1.23	พึงพอใจมาก
	รวม	**4.38**	**1.20**	**พึงพอใจมาก**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 21 พบว่าความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.38, SD = 1.20) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกรายข้อพบว่า ความเหมาะสมของรูปแบบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้และการฝึกปฏิบัติผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติจริงนักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.58, SD = 0.67 และ คะแนนเฉลี่ย = 4.58, SD = 1.16 ตามลำดับ)

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีข้อเสนอแนะดังนี้ 1) มีความงงบ้างบางครั้งขณะทดลองใช้สื่อ 2) มีเนื้อหาบางส่วนเข้าใจยาก อีกทั้งมีนักเรียนบางคนมีความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้เป็นสื่อที่ดีและตอนลงมือปฏิบัติมีความสนุก ไม่น่าเบื่อ

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน ที่นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนรู้ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากครู

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนน	แปลผล
1.	เนื้อหาไม่ซับซ้อนเหมาะกับระดับของนักเรียน	5	พึงพอใจมากที่สุด
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	5	พึงพอใจมากที่สุด
3.	ภาพประกอบหรือกราฟิกที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน	5	พึงพอใจมากที่สุด
4.	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวิทยาศาสตร์	5	พึงพอใจมากที่สุด
5.	การฝึกปฏิบัติผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติจริง	5	พึงพอใจมากที่สุด
6.	ความเหมาะสมของเวลาในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	5	พึงพอใจมากที่สุด
7.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยอธิบายเนื้อหาได้เข้าใจง่ายขึ้น	5	พึงพอใจมากที่สุด
8.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน	5	พึงพอใจมากที่สุด
9.	ความสะดวกในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	4	พึงพอใจมาก
10.	ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้	5	พึงพอใจมากที่สุด
	คะแนนเฉลี่ย	**4.90**	**พึงพอใจมากที่สุด**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 22 พบว่าความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน ที่นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.90, SD = 0.31)

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากครูชีววิทยามีข้อเสนอแนะดังนี้ ในคู่มือครูและนักเรียนควรเพิ่มขั้นตอนและการดำเนินการของความเป็นจริงเสริมในแต่ละฉากอย่างละเอียด จะทำให้นักเรียนและครูเข้าใจการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มากขึ้น

2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การสนทนากลุ่มแบบออนไลน์เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผู้ร่วมสนทนาครั้งนี้ได้แก่ ครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่านและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11 คน ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ แสดงการวิเคราะห์การสนทนาดังนี้

ประเด็นที่ 1 “ท่านมีข้อเสนอแนะด้านเนื้อหาอย่างไร จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ” นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าเนื้อหาที่นำเสนอผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้มีความใหม่ แสดงเป็นลำดับขั้นตอน แต่มีนักเรียนบางคนมีความคิดเห็นว่าเนื้อหามีความยาก เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ไม่เคยเรียนมาก่อนและยังไม่มีพื้นฐานที่มากเพียงพอที่จะเข้าใจเนื้อหานี้เป็นเพราะนักเรียนผ่านการเรียนวิชาชีววิทยาเพียง 2 เรื่องเท่านั้น ได้แก่ 1) การศึกษาชีววิทยาและ 2) เซลล์และการทำงานของเซลล์ นอกจากนี้ครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่าเนื้อหาเหมาะสมกับนักเรียนดี ไม่มากเกินหรือน้อยไป

ประเด็นที่ 2 “ท่านมีข้อเสนอแนะด้านคุณภาพสื่ออย่างไร จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ” นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้มีคุณภาพดี สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้จริงและมีความน่าสนใจ แต่อาจมีความติดขัดที่ระบบของแอปพลิเคชันที่ใช้ เช่น การแสดงผลช้าหรือไม่แสดงผล นอกจากนี้ครูชีววิทยาที่ทดลองใช้

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่าความไม่เสถียรของระบบของแอปพลิเคชัน ทำให้ต้องแก้ไขหน้างาน ดังนั้นถ้าครูผู้ใช้สื่อไม่เข้าใจการใช้สื่อและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในสื่ออย่างชัดเจนอาจทำให้การเรียนรู้นี้ไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ประเด็นที่ 3 “จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีข้อดีอย่างไร” นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้มีความใหม่ น่าสนใจ ทำให้เห็นภาพกระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น และเข้าใจขั้นตอนการลงมือปฏิบัติมากขึ้น นอกจากนี้ครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่านักเรียนได้ปฏิบัติเสมือนจริง ทำให้เนื้อหาและการเรียนมีความน่าสนใจ กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจและติดตามเนื้อหาที่เรียนอยู่

ประเด็นที่ 4 “จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีข้อที่ควรปรับปรุงอย่างไร” นักเรียนทุกคนและครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่า ถ้าสามารถปรับปรุงให้ระบบของแอปพลิเคชันไม่ติดขัดได้ จะทำให้สื่อมีคุณภาพและดีมากขึ้น

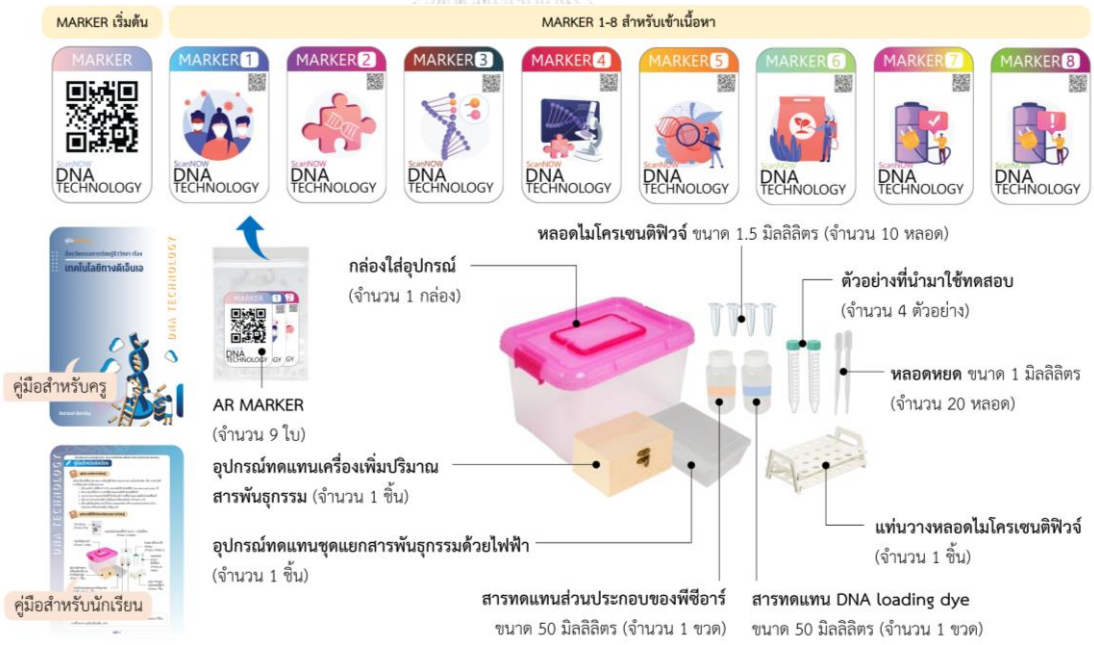
ประเด็นที่ 5 “จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ท่านมีความพึงพอใจโดยภาพรวมเป็นอย่างไร” นักเรียนทุกคนและครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้มีความคิดเห็นว่า การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ทำให้ครูและนักเรียนมีความพึงพอใจมาก เนื่องจากเป็นสื่อที่ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้และการสนทนากลุ่มออนไลน์ของครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลเชิงลึกและนำผลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายให้สมบูรณ์

3) รายงานผลการปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขคู่มือการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับครูและนักเรียนในส่วนของขั้นตอนการใช้สื่อและการแสดงผลบนความเป็นจริงเสริมให้มีรายละเอียดและชัดเจนมากขึ้น โดยระบุภาพของฉากและลำดับของฉากแต่ละ AR Marker ใส่ในคู่มือพร้อมทั้งคำอธิบายความเชื่อมโยงของแต่ละฉาก เช่น ฉากก่อนหน้า ฉากถัดไป เพื่อให้นักเรียนและครูที่นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ มีความเข้าใจในสื่อมากขึ้น และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมบูรณ์ (รายละเอียดเพิ่มเติมแสดงในภาคผนวก ข) ประกอบด้วย AR Marker จำนวน 9 ใบ ได้แก่ AR Marker เริ่มต้นและ AR Marker 1-8 สำหรับเข้าเนื้อหา ซึ่งฉากที่แสดงในความเป็นจริงเสริมมีจำนวน 51 ฉาก และชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ทดแทนอุปกรณ์จริง เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติใกล้เคียงกับการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการจริง พร้อมทั้งคู่มือสำหรับครูและนักเรียน แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 องค์ประกอบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมบูรณ์

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยาจำนวน 5 ท่าน และผู้ออกแบบหลักสูตรวิชาชีววิทยาในสถานศึกษาจำนวน 5 ท่าน เครื่องมือวิจัย คือ แบบบันทึกการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 15 คน เครื่องมือวิจัย คือ 1) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง และ 2) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ขั้นตอนที่ 3 นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ยังไม่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 11 คน เครื่องมือวิจัย คือ 1) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่องที่ปรับปรุงแก้ไขจากขั้นตอนที่ 2 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ ในรูปแบบของแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับ มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.36-0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.43-0.71 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.77 และขั้นตอนที่ 4 ประเมินและปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือวิจัย คือ 1) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และ 2) แบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ค่าดัชนีประสิทธิผล การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ ซึ่งแสดงการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์กับครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้ออกแบบหลักสูตรวิชาชีววิทยาในสถานศึกษา มีดังนี้ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ควรแสดงขั้นตอนหรือกระบวนการที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า อีกทั้งควรมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียน และควรมีคู่มือการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้ใช้ทั้งครูและนักเรียน ในส่วนของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเสมือนจริงผ่านอุปกรณ์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ควรมีความทนทานและสามารถใช้ซ้ำได้ นอกจากนี้ในส่วนของความเป็นจริงเสริม ควรใช้แสดงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แสดงเนื้อหาบทเรียนต่าง ๆ รวมถึงกระบวนการที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าผ่านรูปภาพ แอนิเมชันหรือวีดิทัศน์ และแสดงคำถามชวนคิดระหว่างใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีการประเมินตนเองและสามารถได้รับผลย้อนกลับทันที ผู้วิจัยจึงนำผลการสนทนานี้มาเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

2) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบของการผสมผสานระหว่างความเป็นจริงเสริมและชุดทดลองวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำหรับครูและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการจัดการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เนื้อหาที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) การโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ 2) เจลอิเล็กโทรฟอรีซิส 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ตัวอย่างความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่ควรต่ำกว่า 4 คาบเรียน อีกทั้งการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.41, SD = 0.58) จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการประเมินแบบเดี่ยว ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.26, SD = 0.59) และการประเมินแบบกลุ่มเล็ก ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.22, SD = 0.66)

3) นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอหลังจากการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แก้ไขแล้ว สูงกว่าก่อนทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ และค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว มีค่าเท่ากับ 0.4783 ดังนั้น สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.83

4) ความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก (คะแนนเฉลี่ย = 4.38, SD = 1.20) และครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด (คะแนนเฉลี่ย = 4.90, SD = 0.31) และการปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอให้สมบูรณ์ จากข้อเสนอแนะหลังการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยปรับปรุงคู่มือการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับครูและนักเรียนในส่วนของขั้นตอนการใช้สื่อและการแสดงผลบนความเป็นจริงเสริมให้มีรายละเอียดและชัดเจนมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนและครูที่นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ มีความเข้าใจในสื่อมากขึ้น และสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย AR Marker จำนวน 9 ใบ ได้แก่ AR Marker เริ่มต้นและ AR Marker 1-8 สำหรับเข้าเนื้อหา ซึ่งฉากที่แสดงในความเป็นจริงเสริมมีจำนวน 51 ฉาก และชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ทดแทนอุปกรณ์จริง เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติใกล้เคียงกับการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการจริง พร้อมทั้งคู่มือสำหรับครูและนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประเด็นที่น่าสนใจในการอภิปรายผลการวิจัย 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ถูกต้อง 2) มโนทัศน์ทางชีววิทยาที่จำเป็นสำหรับนักเรียนก่อนเรียนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 3) การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน และ 4) ข้อจำกัดในการผลิตสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่ 1 ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ถูกต้อง มีลักษณะดังนี้ 1) อธิบายคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนก่อนใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนจดจำและเข้าใจคำศัพท์เฉพาะก่อนพบเจอในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดียในหลักการออกแบบสื่อที่อธิบายว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น เมื่อสื่อมีการให้ความรู้เบื้องต้นก่อนการศึกษาเนื้อหาบทเรียน เช่น คำศัพท์สำคัญหรือคำศัพท์เฉพาะ (Mayer, 2009) 2) แสดงขั้นตอนการทดลองต่าง ๆ เป็นลำดับและแบ่งเนื้อหาเป็นส่วนย่อย ๆ โดยนำเสนอผ่านความเป็นจริงเสริม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เนื่องจากการนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนและไม่รวดเร็วจนเกินไป เป็นการลดภาระภายนอกทำให้สามารถลดภาระการทำงานของสมองที่หนักจนเกินไปของนักเรียนได้และทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ดีขึ้น (Sweller, 2011) 3) มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนจากคำถามชวนคิดระหว่างบทเรียน ที่นำเสนอผ่านความเป็นจริงเสริมให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลและศึกษาเนื้อหาก่อนตอบคำถาม เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จ นักเรียนสามารถตรวจคำตอบและศึกษาคำอธิบายเพิ่มเติมได้ทันที ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนรู้ อีกทั้งการตอบคำถามชวนคิดระหว่างบทเรียนเป็นการสำรวจความรู้ของตนเองและส่งเสริมให้นักเรียนการเกิดเรียนรู้ด้วยตนเองและมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prastyo et al. (2021) ที่อธิบายว่าการเรียนรู้โดยใช้ข้อคำถามและให้นักเรียนสืบค้นหาคำตอบสามารถป้องกันการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนมุ่งเน้นที่การศึกษาข้อมูลเพื่อตอบคำถามทำให้เกิดความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ไม่ใช่เพียงจดจำข้อมูลเท่านั้น และ 4) นำเสนอเนื้อหาต่าง ๆ ผ่านรูปภาพและแอนิเมชัน เช่น ภาพรวมของเทคนิคพีซีอาร์ หลักการของเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมองเห็นกระบวนการที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nainggolan and Sipahutar (2016) ที่อธิบายว่า การเรียนรู้ผ่านสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบแอนิเมชัน สามารถลดการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ จากลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ผสมผสานความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ จึงสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น อีกทั้งเกิดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้หากพิจารณาตามมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอทั้ง 4 หัวเรื่อง ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องในแต่ละหัวเรื่องดังนี้ การนำหลักการและปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องกับการโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (หัวเรื่องที่ 1) และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส (หัวเรื่องที่ 2) ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผู้วิจัยจึงออกแบบให้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จำลองหลักการและปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้องขึ้นนำเสนอผ่านความเป็นจริงเสริมรูปแบบของแอนิเมชัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการและปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นและเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พัฒนาสื่อการเรียนรู้รูปแบบความเป็นจริงเสริมที่นำเสนอเนื้อหาเชิงนามธรรมและผู้เรียนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้ในลักษณะนี้สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เข้าใจเนื้อหา และเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Akçayır & Akçayır, 2017; Nainggolan & Sipahutar, 2016) อีกทั้งสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในหัวเรื่องการโคลนยีนในหลอดทดลองด้วยเทคนิคพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ผู้วิจัยได้ออกแบบให้นักเรียนมีการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ใกล้เคียงกับการทำปฏิบัติการจริงในห้องปฏิบัติ โดยใช้ความเป็นจริงเสริมแสดงขั้นตอนในการปฏิบัติการ จึงทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหามากขึ้น เกิดทักษะในการปฏิบัติการ ทักษะการแก้ปัญหา และความสนใจในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ผ่านชุดทดลองวิทยาศาสตร์ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน รวมถึงการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสามารถเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจของนักเรียนได้ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (Koul & Verma, 2018; Rachmawati et al., 2018) และตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ (หัวเรื่องที่ 3) และตัวอย่างความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (หัวเรื่องที่ 4) โดยธรรมชาติของเนื้อหาทั้ง 2 หัวเรื่องนี้ มีลักษณะเป็นการอธิบายข้อมูลจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียโดย นำเสนอด้วยภาพและข้อความโดยสรุปของเนื้อหาอยู่บริเวณเดียวกันผ่านความเป็นจริงเสริม เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านภาพและคำในรูปแบบของการพิมพ์และไม่เกิดภาระการทำงานหนักของสมอง (Mayer, 2009; Sweller, 2011) ดังนั้น ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียน จำเป็นต้องออกแบบให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาและพยายามให้นักเรียนเห็นสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นผ่านวิธีการเรียนรู้ในแบบต่าง ๆ เช่น การใช้ภาพ ภาพเคลื่อนไหว แอนิเมชัน พร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องประกอบ และการลงมือปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเด็นที่ 2 มโนทัศน์ทางชีววิทยาที่จำเป็นสำหรับนักเรียนก่อนเรียนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้วิจัยนำประเด็นนี้มาอภิปรายผลการวิจัยเนื่องจาก เมื่อสังเกตคะแนนมโนทัศน์ทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ค่อนข้างน้อยและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอก่อนเรียนของนักเรียน เช่น 1) เบสคู่สม หมายถึง นิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอหรืออาร์เอ็นเอที่มีไนโตรจีนัสเบสเหมือนกันเชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจน 2) ดีเอ็นเอไม่มีประจุ จึงทำให้ดีเอ็นเอไม่มีการเคลื่อนที่ในวุ้น นอกจากนี้มีมโนทัศน์บางหัวเรื่องที่นักเรียน จำนวน 3 คน มีมโนทัศน์ถูกต้องก่อนเรียนแต่หลังจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ได้แก่ หลักการของเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสและการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในด้านนิติวิทยาศาสตร์ อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างถ่องแท้ จึงทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง จากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายนี้ ยังไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างและคุณสมบัติของดีเอ็นเอหรือสารพันธุกรรมที่เพียงพอ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาเพียง 2 เรื่อง ได้แก่ 1) การศึกษาชีววิทยาและ 2) เซลล์และการทำงานของเซลล์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอสำหรับเป็นพื้นฐานของมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และสอดคล้องกับคำพูดของนักเรียนจากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์หลังทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่อธิบายว่า เนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นเนื้อหาที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อนและยังไม่มีพื้นฐานความรู้ที่มากเพียงพอที่จะเข้าใจเนื้อหานี้ ดังนั้น มโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นเนื้อหาประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสารพันธุกรรมและต้องอาศัยความรู้พื้นฐานในเรื่องต่าง ๆ ได้แก่ สารชีวโมเลกุล โครงสร้างของสารพันธุกรรม การจำลองสารพันธุกรรม และคุณสมบัติของสารพันธุกรรม ซึ่งสอดคล้องกับคู่มือครูรายวิชาชีววิทยาโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2561) ที่ระบุว่าก่อนเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ครูควรทบทวนเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและคุณสมบัติของสารพันธุกรรม เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่เป็นพื้นฐานมาเชื่อมโยงกับความรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ และส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมากขึ้น

ประเด็นที่ 3 การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของเนื้อหาในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน อีกทั้งปรับปรุงแก้ไข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีคุณภาพมากขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผ่านแอปพลิเคชันในระบบแอนดรอยด์ (Android) ในรูปแบบห้องปฏิบัติการจำลอง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ของที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ได้รับการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน พบว่าการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนอยู่ในระดับมาก ดังนั้นสื่อการเรียนรู้นี้จึงสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จริงสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้ (Astra et al., 2015) รวมถึงการนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จะทำให้นักเรียนและครูที่นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในครั้งถัดไป สามารถลดภาระการทำงานหนักของสมองได้จากการออกแบบและปรับปรุงสื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Mayer, 2009; Sweller, 2011) นอกจากการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้แล้ว ประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ยังเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงผลของการนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้แล้วทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้นมากน้อยเพียงไร ซึ่งค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าเท่ากับ 0.4783 แสดงว่า สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.83 สอดคล้องกับค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีค่าเท่ากับ 0.6766 หรือคิดเป็นร้อยละ 67.66 (พรรณี ภิบาลวงษ์ และคณะ, 2558) เช่นเดียวกับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ชีววิทยาในรูปแบบความเป็นจริงเสริมที่มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า สื่อการเรียนรู้นี้มีค่าดัชนีประสิทธิผลต่อความเข้าใจของนักเรียนร้อยละ 89 (Mustami et al., 2019) แสดงให้เห็นว่าการนำสื่อการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ต้องมีความถูกต้องของเนื้อหา สามารถใช้งานได้จริง และมีประสิทธิผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

นอกจากนี้รูปแบบและวิธีการในการนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปใช้จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการส่งสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปตามที่อยู่อาศัยของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายและมีครูชีววิทยาจำนวน 1 ท่าน ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนกระตือรือร้นในการเรียนรู้ และนักเรียนสามารถเรียนรู้ซ้ำผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบของเทคโนโลยีดิจิทัลได้ ซึ่งการเรียนรู้รูปแบบนี้เป็นการเรียนรู้ในสถานการณ์ทางสังคมที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านสื่อเทคโนโลยีดิจิทัลทุกที่และทุกเวลา เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และทักษะสำคัญในการดำรงชีวิตที่สามารถเผชิญการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วได้ (Punkhetnakorn et al., 2021) อีกทั้งพบว่าการนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปใช้จัดการเรียนรู้ทำให้ผู้ใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ทั้งนักเรียนและครูมีความพึงพอใจในภาพรวมในระดับมากและมากที่สุดตามลำดับ ซึ่งความพึงพอใจที่เกิดขึ้นจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เของนักเรียนเป็นสิ่งที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ดังทฤษฎีการเชื่อมโยงของธอร์นไดค์ในกฎแห่งผลที่พึงพอใจ (Law of effect) ที่อธิบายว่าเมื่อนักเรียนได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป ดังนั้นการได้รับผลที่พึงพอใจ จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ (ทิศนา แขมมณี, 2561)

ประเด็นที่ 4 ข้อจำกัดในการผลิตสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีดังนี้ 1) การเลือกใช้อุปกรณ์ทดแทนอุปกรณ์จริงในการทำปฏิบัติการ เนื่องจากปฏิบัติการเรื่อง พีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส เป็นปฏิบัติการที่ต้องใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีราคาสูง บางอุปกรณ์ไม่เหมาะต่อการเคลื่อนย้ายและมีขนาดใหญ่ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องออกแบบและคัดเลือกอุปกรณ์ทดแทนที่มีหลักการทำงานใกล้เคียงกับอุปกรณ์จริง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะปฏิบัติใกล้เคียงกับการลงมือปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการ 2) การเลือกใช้แอปพลิเคชันในการสร้างและนำเสนอความเป็นจริงเสริม ที่ต้องแสดงผลผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลายระบบ เช่น ระบบ Android และ iOS 3) การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในส่วนของความเป็นจริงเสริมผ่านเว็บไซต์ V-Director จำกัดจำนวน AR Marker ที่ใช้และระยะเวลาในการเผยแพร่ความเป็นจริงเสริมของเว็บไซต์นี้จำกัดเพียง 1 เดือน ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการพัฒนาและทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้จึงจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายรายเดือน และ 4) แอปพลิเคชัน V-Player เป็นแอปพลิเคชันที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ในการอ่านข้อมูลและใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ค่อนข้างเสถียรถึงจะแสดงผลได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับ ณัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช (2559) ที่อธิบายถึงข้อจำกัดของความเป็นจริงเสริมว่า เป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นต้องอาศัยการนำเสนอข้อมูลที่สร้างขึ้นผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และจำเป็นต้องใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เสถียร ถึงจะสามารถแสดงผลได้ ดังนั้นในการนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้จำเป็นต้องมีการเตรียมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงเนื้อหาบทเรียนและระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เสถียร เพื่อประสิทธิภาพของการนำเสนอเนื้อหา และควรศึกษาคู่มือการใช้งานอย่างละเอียดก่อนนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ เพื่อลดปัญหาเชิงเทคนิคในการใช้แอปพลิเคชันและเข้าใจการลำดับขั้นตอนของการแสดงเนื้อหาบทเรียนและข้อมูลต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลมากขึ้น ควรนำไปใช้กับนักเรียนที่มีประสบการณ์เรียนเรื่อง สารชีวโมเลกุล โครงสร้างของสารพันธุกรรม การจำลองสารพันธุกรรม และคุณสมบัติของสารพันธุกรรม เนื่องจากความรู้เหล่านี้เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

1.2 การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้จำเป็นต้องใช้สมาร์ตโฟนที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้และอินเทอร์เน็ตต้องมีความเสถียร เพราะจำเป็นต้องใช้ในการแสดงความเป็นจริงเสริม ดังนั้นก่อนนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ ครูควรเตรียมการล่วงหน้า โดยการศึกษาคู่มือและทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง รวมถึงครูจำเป็นต้องแจ้งให้นักเรียนทราบว่าต้องเตรียมสมาร์ตโฟนที่สามารถติดตั้งแอปพลิเคชัน V-Player สำหรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้

1.3 การแสดงความเป็นจริงเสริมด้วยแอปพลิเคชัน V-Player ผ่านทางสมาร์ตโฟนสามารถใช้ทั้งในระบบ Android และ iOS แต่จากผลการทดลองใช้จริงระบบ iOS จะมีความเสถียรของแอปพลิเคชันมากกว่าระบบ Android

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 การนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปใช้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของชั้นเรียน เช่น ครูสามารถใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยการสาธิตในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ หรือให้นักเรียนใช้แบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่ม เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาให้กับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ และหากในชั้นเรียนมีนักเรียนจำนวนมาก อาจให้นักเรียนใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เป็นกลุ่ม เพื่อไม่ให้เกิดการดึงข้อมูลจากฐานระบบความเป็นจริงเสริมที่สร้างผ่านเว็บไซต์ V-Director มากจนเกินไป ซึ่งอาจทำให้เกิดการแสดงผลเนื้อหาบทเรียนช้าได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำหัวเรื่องอื่น ๆ หรือตัวอย่างที่ทันสมัยและหลากหลายในเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเพิ่มเติมในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 ความเป็นจริงเสริมที่นำเสนอด้วยแอปพลิเคชัน V-Player อาจมีข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้าน เช่น ความเสถียรของระบบหรืออาจมีค่าใช้จ่ายในการสร้างความเป็นจริงเสริม ซึ่งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเสมือนจริงที่มีความทันสมัยมากขึ้น เช่น Virtual reality (VR) หรือ Mixed reality (MR) หากนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หรือเนื้อหาชีววิทยาเรื่องอื่น ๆ อาจทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับบริบทจริงและการทดลองในห้องปฏิบัติการได้มากกว่าความเป็นจริงเสริม (AR)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กอบเกียรติ สระอุบล และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์. (2557). สื่อการสอนช่วยลดภาระทางปัญญาสำหรับการศึกษาในยุคดิจิทัล. *Panyapiwat Journal*, *6*(1), 198-207.

คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. (2559). *แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่*. บริษัท พี.เอ.ลีฟวิ่ง จำกัด.

ชวนพบ เอี่ยวสานุรักษ์ และ จุรีภรณ์ เจริญพงศ์. (2560). *กระบวนการพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์*. การประชุมวิชาการประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ และคณะ. (2557). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *5*(1), 21-27.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือวิจัยทางการศึกษา*. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช. (2559). Augmented Reality: เติมชีวิตให้สื่อสิ่งพิมพ์ทางการศึกษา; Augmented Reality: Bringing Life to Educational Publications. *Romphruek Journal*, *34*(2), 33-50.

ทรูปลูกปัญญา. (2556). *พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ*. Retrieved 19 ธันวาคม from https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/23961

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). นวัตกรรมและสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, *9*(1), 560-581.

ทวีศิลป์ พรมสุวรรณ์. (2556). การสร้างชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วิชางานช่างพื้นฐาน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม). *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, *8*(1), 71-78.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนบดี อินหาดกรวด และ ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2561). การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับ. *An Online Journal of Education*, *13*(2), 205-219.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธนบดี อินหาดกรวด. (2560). *การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับ* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เธียร ธีระวรวงศ์ และคณะ. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา มัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2*. บริษัทอักษรเจริญทัศน์ อจท. จำกัด.

พจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์. (2560). เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมส่งเสริมความคงทนในการจำคำศัพท์ภาษาอังกฤษ. *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University*, *4*(2), 7-16.

พรรณี ภิบาลวงษ์ อุษา ทองไพโรจน์ และ บังอร แถวโนนงิ้ว. (2558). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้และการสอนแบบปกติ. *วารสารการบริหารและพัฒนา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *7*(1), 21-32.

พัชราภรณ์ บัวระบัดทอง และ ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2556). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้วิธีการสอนแบบเปรียบเทียบร่วมกับการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา. *Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)*, *7*(3), 168-176.

มานิตย์ อาษานอก. (2561). การพัฒนาและหาประสิทธิภาพ ประสิทธิผลนวัตกรรม สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC)*, *1*(2), 9-18.

มูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2563). *รายการเทคโนโลยีทาง* DNA *พันธุวิศวกรรม การประยุกต์ใช้พันธุวิศวกรรมในด้านการเกษตร*. Retrieved 30 กันยายน from https://www.dltv.ac.th/teachplan/episode/27532

รัตนะ บัวสนธ์. (2563). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันเพ็ญ คำเทศ. (2560). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์: ประเภทและเครื่องมือประเมิน. *STOU Education Journal*, *10*(2), 54-64.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *E-book: DNA Technology (การสร้างต้นกุหลาบที่ให้ดอกสีน้ำเงิน)*. https://www.scimath.org/ebook-biology/item/8203-dna-technology

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2555). *สาระสำคัญของกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564)*. เปนไท พับลิชชิ่ง.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). *พจนานุกรมศัพท์พันธุศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. ห้างหุ้นส่วนจำกัดอรุณการพิมพ์.

สุนัดดา โยมญาติ. (2558). สื่อการสอน เรื่อง พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลและพันธุวิศวกรรมศาสตร์การโคลนยีน. *นิตยสาร สสวท.*, *197*(44), 3-7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุรเชษฐ์ จันทร์งาม และ พัลลภ พิริยะสุรวงศ์. (2561). รูปแบบการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านผสานด้วยความจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *Journal of Humanities and Social Sciences Thonburi University*, *12*(29), 229-240.

ภาษาอังกฤษ

Abimbola, I. O., & Baba, S. (1996). Misconceptions & alternative conceptions in science textbooks: The role of teachers as filters. *The American Biology Teacher*, 14-19.

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1-11.

Akerson, V. L., Weiland, I., & Fouad, K. E. (2015). Children's ideas about life science concepts. In *Research in early childhood science education* (pp. 99-123). Springer.

Anyanwu, R., & Alafiatayo, B. (2016). Biology Teachers' attitude Towards Production and Utilization of Instructional Materials in Secondary Schools in Kaduna State, Nigeria. *ATBU Journal Of Science, Technology and Education*, *3*(4), 49-59.

Asikin, N., & Daningsih, E. (2018). Development Audio-Visual Learning Media of Hydroponic System on Biotechnology Topic For Senior High Schools. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR)*, *174*, 197-201.

Astra, I. M., Nasbey, H., & Nugraha, A. (2015). Development of an android application in the form of a simulation lab as learning media for senior high school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(5), 1081-1088.

Atmojo, I. R. W., & Daryanto, J. (2020). Conceptual Biotechnology Measured by Using a Two-Tier Multiple Test. 3rd International Conference on Learning Innovation and Quality Education (ICLIQE 2019),

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, *33*(2), 84-86.

Berne, B. (2018). The impact of peer discussions on students' arguments when addressing socio-scientific issues in biotechnology. *Challenges in Biology Education Research*, 185.

Billah, A., & Widiyatmoko, A. (2018). The Development of Virtual Laboratory Learning Media for The Physical Optics Subject. *Development*.

Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American psychologist*, *19*(1), 1.

Buntting, C., & Jones, A. (2020). Using Biotechnology to Develop Values Discourse in School Science. In *Values in Science Education* (pp. 105-117). Springer.

Cambridge Dictionary. (2020). *Meaning of satisfaction in English*. https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/satisfaction

Campbell, N., Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2018). *Biology: A*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Global Approach. Pearson Education Limited.

Cerrato, A., Siano, G., & de Marco, A. (2018). Augmented reality: from education and training applications to assessment procedures. *Qwerty-Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education*, *13*(1).

Chang, R.-C., & Yu, Z.-S. (2017). Application of Augmented Reality technology to promote interactive learning. 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI),

Chavan, R., & Patankar, P. (2018). Perception of Biological Concepts among Higher Secondary Teachers: A Study. *Online Submission*, *7*(23), 144-153.

Collins. (2020). *Definition of 'satisfaction'*. https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/satisfaction

Dal, B. (2009). An Investigation into the Understanding of Earth Sciences among Students Teachers. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *9*(2), 597-606.

Devlin, H. (2017). First Human-Pig "Chimera" Created in Milestone Study. *The Guardian*, *1*, 26.

Dewi, N., Kannapiran, S., & Wibowo, S. (2018). Development of digital storytelling-based science teaching materials to improve students' metacognitive ability. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *7*(1), 16-24.

Dickerson, D. L., Stewart, C. O., Hathcock, S., & McConnell, W. (2014). The nature and role of science kits in affecting change in public attitude toward understanding of science. In *Communicating Science to the Public* (pp. 47-62). Springer.

Fieger, P. (2012). *Measuring Student Satisfaction from the Student Outcomes Survey. Technical Paper*. ERIC.

Fitriani, O., Susilawati, S., & Linda, R. (2020). Development of Interactive Learning Media using Autoplay Studio 8 for Hydrocarbon Material of Class XI Senior High School. *Journal of Educational Sciences*, *4*(2), 296-308.

Fullick, A. (2016). *AQA GCSE Biology*. Oxford University Press-Children.

García-Hernández, A., & González-Ramírez, T. (2018). Construction and validation of a questionnaire to assess student satisfaction with mathematics learning materials. Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality,

Goldschmidt, M., & Bogner, F. X. (2016). Learning about genetic engineering in an outreach laboratory: Influence of motivation and gender on students' cognitive achievement. *International Journal of Science Education*, *6*(2), 166-187.

Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *11*(5), 989-1008.

Halim, A. S., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Olsen, L. J., Gere, A. R., & Shultz, G. V. (2018). Identifying and

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

remediating student misconceptions in introductory biology via writing-to-learn assignments and peer review. *CBE—Life Sciences Education*, *17*(2), 1-12.

Halimah, M., Rahmat, A., & Redjeki, S. (2019). Use of video modeling examples to improve understanding of the concept of recombinant DNA technology for biology teacher candidates. AIP Conference Proceedings,

Huda, C., Kurniawan, W., & Khoiri, N. (2018). Analysis of pre-service physics teacher skills designing simple physics experiments based technology. Journal of Physics: Conference Series,

Irwansyah, F. S., Ramdani, I., & Farida, I. (2017). The development of an Augmented Reality (AR) technology-based learning media in metal structure concept. In *Ideas for 21st Century Education* (pp. 233-237). Routledge.

Jamuna, S., & Pankajam, R. (2017). Utilization of Instructional Media in Teaching Science. *International Journal of Research-Granthaalayah*, *5*(3 (SE)), 51-56.

Jones, G., Robertson, L., Gardner, G. E., Dotger, S., & Blanchard, M. R. (2012). Differential use of elementary science kits. *International Journal of Science Education*, *34*(15), 2371-2391.

Jones, M., Harwood, R., Lodge, I., & Sang, D. (2014). *Cambridge IGCSE® Combined and Co-ordinated Sciences Coursebook with CD-ROM*. Cambridge University Press.

Kılıç, D., & Sağlam, N. (2009). Development of a two-tier diagnostic test concerning genetics concepts: the study of validity and reliability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 2685-2686.

Knight, J. (2010). Biology concept assessment tools: design and use. *Microbiology Australia*, *31*(1), 5-8.

Koul, A., & Verma, R. (2018). Science kits as resource: Issues and challenges. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching,

Krishnamoorthy, K., & Perumal, R. B. (2013). Multimedia Courseware in Learning Biology Concepts among Student Teachers at Diploma Level: An Experiment. *Asian Review of Social Sciences*, *2*(2), 29.

Martin, J., Bohuslava, J., & Igor, H. (2018). Augmented reality in education 4.0. 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT),

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of biological education*, *35*(3), 118-124.

Mustami, M. K., Syamsudduha, S., Safei, & Ismail, M. I. (2019). Validity, practicality, and effectiveness development of biology textbooks integrated with augmented reality on high school students. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *11*(2), 187-200.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Nainggolan, L., & Sipahutar, H. (2016). THE EFFECTIVITY OF INTERACTIVE MULTIMEDIA AS LEARNING MEDIA TO REDUCE STUDENT'S MISCONCEPTION ON HUMAN CIRCULATORY SYSTEM. *Jurnal Pelita Pendidikan*, *4*(4), 135-139.

National Research Council. (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. National Academies Press.

Nofitasari, A., Lisdiana, L., & Marianti, A. (2021). Development of my biology app learning media based on android materials of food digestion systems as student learning source at ma. *Journal of Innovative Science Education*, *10*(1), 70-78.

Nordqvist, O., & Aronsson, H. (2019). It is time for a new direction in biotechnology education research. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *47*(2), 189-200.

Ocampo, C. A., de Mesa, D. M. B., Ole, A. F., Auditor, E., Morales, M. P. E., Sia, S. R. D., & Palomar, B. C. (2015). Development and evaluation of physics microlab (P6-MicroLab) kit. *The Normal Lights*, *9*(1), 134-158.

Okpechi, P., & Denwigwe, C. (2017). The teacher and teaching with instructional materials in the teaching of science subjects and the contribution of guidance and counsellors therein. *British Journal of Education*, *5*(13), 10-18.

Orhan, T. Y., & Sahin, N. (2018). The impact of innovative teaching approaches on biotechnology knowledge and laboratory experiences of science teachers. *Education Sciences*, *8*(4), 213.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, *41*(10), 994-1020.

Osman, E., BouJaoude, S., & Hamdan, H. (2017). An investigation of Lebanese G7-12 students' misconceptions and difficulties in genetics and their genetics literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(7), 1257-1280.

Peterson, C. N., Tavana, S. Z., Akinleye, O. P., Johnson, W. H., & Berkmen, M. B. (2020). An idea to explore: Use of augmented reality for teaching three‐dimensional biomolecular structures. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *48*(3), 276-282.

Punkhetnakorn, T., Nak-in, N., & Yongsoi, P. (2021). Design and Development of Online Learning Media o Meet the Learning Behaviors of Students in the Digital Age. *Journal of Legal Entity Management and Local Innovation*, *7*(5), 327-335.

Qalbina, P., & Ahda, Y. (2019). Characteristics of biotechnology learning materials generally used by biology education students in Padang City. Journal of Physics: Conference Series,

Rachmawati, D., Sukarmin, S., & Yonata, B. (2018). The development of lab work kit "reaction rate chemistry" to train science process skill on reaction rate matter of XI grade senior high school. *UNESA Journal of Chemical Education*, *7*(1).

Richardson, J. T. (2005). Instruments for obtaining student feedback: A review of the literature.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Assessment & evaluation in higher education, *30*(4), 387-415.

Saif, N. I. (2014). The effect of service quality on student satisfaction: a field study for health services administration students. *International Journal of Humanities and Social Science*, *4*(8), 172-181.

Setiawan, M. P., Linuwih, S., & Haryani, S. (2019). Project-Based Learning by using Science KIT to Enhance Confidence and Problem-Solving Skills in Fifth Grade Students. *Journal of Primary Education*, *8*(6), 314-320.

Simaremare, S., Situmorang, M., & Tarigan, S. (2018). Innovative learning material with project to improve students achievement on the teaching of acid-base equilibrium. *Advances in Social Science. Education and Humanities Research*, *200*, 431-436.

Sinaga, M. (2019). Implementation of innovative learning material to improve students competence on chemistry. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research (IJPER)*, *53*(1), 28-41.

Situmorang, M., Sitorus, M., Hutabarat, W., & Situmorang, Z. (2015). The Development of Innovative Chemistry Learning Material for Bilingual Senior High School Students in Indonesia. *International Education Studies*, *8*(10), 72-85.

Stern, F., Kampourakis, K., Delaval, M., & Müller, A. (2020). Development and validation of a questionnaire measuring secondary students' genetic essentialism and teleology (GET) conceptions. *International Journal of Science Education*, *42*(2), 218-252.

Strachota, E. (2006). The use of survey research to measure student satisfaction in online courses. Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, University of Missouri-St. Louis, MO,

Suryanti, E., Fitriani, A., Redjeki, S., & Riandi, R. (2018). Identification of Conceptual Understanding in Biotechnology Learning. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,

Sutiani, A. (2017). The development of innovative learning material with problem based approach to improve students competence in the teaching of Physical chemistry. *Annual International Seminar on Transformative Education and Educational Leadership (AISTEEL 2017)*.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Elsevier.

Syahputra, A. (2017). Designing an interactive learning method using augmented reality on food chain concept. *IMC 2016 Proceedings*, *1*(1), 294-299.

Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2013). *Introduction to biotechnology* (3rd ed.). Pearson Education.

Truebano, M., & Munn, C. (2015). An evaluation of the use of video tutorials as supporting tools for teaching laboratory skills in biology. *Practice and Evidence of the Scholarship of Teaching and Learning in Higher Education*, *10*(2), 121-135.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, *32*(8), 1073-1098.

Turan, Z., Meral, E., & Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, *42*(3), 427-441.

Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2017). *Campbell biology*. Pearson Education, Incorporated.

Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S., & Singh, A. (2011). Biotechnology in the realm of history. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, *3*(3), 321.

Weerasinghe, I. S., & Fernando, R. L. (2017). Students' satisfaction in higher education. *American journal of educational research*, *5*(5), 533-539.

Wildan, A., Cheong, B. H.-P., Xiao, K., Liew, O. W., & Ng, T. W. (2019). Growth measurement of surface colonies of bacteria using augmented reality. *Journal of Biological Education*, 1-14.

Wisch, J. K., Farrell, E., Siegel, M., & Freyermuth, S. (2018). Misconceptions and persistence: resources for targeting student alternative conceptions in biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(6), 602-611.

Yang, C., Jen, C.-H., Chang, C.-Y., & Yeh, T.-K. (2018). Comparison of animation and static-picture based instruction: Effects on performance and cognitive load for learning genetics. *Journal of Educational Technology & Society*, *21*(4), 1-11.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
3. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
5. ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
6. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาเพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รังษิรุจิ	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์	อาจารย์ประจำศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ครูภัทรลักษณ์ โพธิ์คง	ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสตรีวิทยา ๒

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. ศาสตราจารย์ ดร.เนาวนิตย์ สงคราม	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แจ่มจันทร์ ศรีอรุณรัศมี	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ฉันทนารุ่งภักดิ์	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างทั้ง 2 ขั้นตอน แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องและแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. อาจารย์ ดร.สุฑามาศ นิยมพานิช	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.นิพาดา ไตรรัตน์	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์ ดร.ชุติวัฒน์ สุวัตถิพงศ์	อาจารย์ประจำสำนักเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามสำหรับครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างและใช้อย่างไรในการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม
2. สื่อการเรียนรู้ดังกล่าวที่ท่านตอบในประเด็นที่ 1 พบปัญหาหรือช่วยการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหานี้อย่างไร
3. ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้ในเรื่องนี้ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีสื่อที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทดลองในเรื่องนี้ได้ในระยะเวลา 2-3 คาบ
5. ถ้ามีเทคโนโลยีเสริมในสื่อการเรียนรู้ควรเป็นเทคโนโลยีอะไรได้บ้าง เพราะเหตุใด และท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น
6. ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับบริบทชั้นเรียนจริง
7. ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ทำให้นักเรียนเกิดเรียนรู้และความเข้าใจที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่อง การโคลนยีนและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและชีวจริยธรรม ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีสื่อที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทดลองในเรื่องนี้ได้ในระยะเวลา 2-3 คาบ
3. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร ถ้ามีการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น
4. ท่านคิดว่าการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะอย่างไรบ้าง ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับบริบทชั้นเรียนจริง
5. ท่านคิดว่าการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ มีข้อควรระวังหรือข้อควรคำนึงถึงในกระบวนการผลิตสื่ออย่างไรบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา
เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

1. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่ผสมผสานระหว่างความเป็นจริงเสริมและชุดทดลองเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่
    - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 4 ข้อ
    - ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 25 ข้อ แบ่งเป็น
        - ด้านที่ 1 เนื้อหา จำนวน 10 ข้อ
        - ด้านที่ 2 การออกแบบสื่อ จำนวน 10 ข้อ
        - ด้านที่ 3 การส่งเสริมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ
3. แบบสอบถามฉบับนี้มีเวลาในการทำประมาณ 60 นาที
4. แบบสอบถามฉบับนี้ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล
5. ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวและให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา โดยในแต่ละช่องที่แสดงความคิดเห็นมีความหมายดังนี้
    - 5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
    - 4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
    - 3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
    - 2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
    - 1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด
6. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์แล้วนำเสนอเป็นภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะด้านทางวิชาการเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

1. สถานะ
   - ☐ ครูระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
   - ☐ อาจารย์ระดับอุดมศึกษา

2. ความเชี่ยวชาญ
   - ☐ ด้านเนื้อหาชีววิทยาหรือพันธุศาสตร์
   - ☐ ด้านการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

3. คุณวุฒิการศึกษา
   - ☐ ปริญญาตรี
   - ☐ ปริญญาโท
   - ☐ ปริญญาเอก

4. ประสบการณ์ในการสอนชีววิทยาหรือการทำงานพัฒนาสื่อการเรียนรู้
   - ☐ ต่ำกว่า 1 ปี
   - ☐ 1 - 5 ปี
   - ☐ 6 - 10 ปี
   - ☐ 11 - 15 ปี
   - ☐ 16 - 20 ปี
   - ☐ มากกว่า 20 ปี

ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต่อไป

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					
1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ		ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.3	ความเหมาะสมในการลำดับเนื้อหา					
	ข้อเสนอแนะ					
1.4	การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา					
	ข้อเสนอแนะ					
1.5	ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา					
	ข้อเสนอแนะ					
1.6	ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย					
	ข้อเสนอแนะ					
1.7	ความเหมาะสมของคำถามที่ใช้ในสื่อ					
	ข้อเสนอแนะ					
1.8	ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ					
	ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ		ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.9	ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบหรือกราฟิกกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย					
	ข้อเสนอแนะ					
1.10	ความสมบูรณ์ของเนื้อหา					
	ข้อเสนอแนะ					
2.	**ด้านการออกแบบสื่อ**					
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง					
	ข้อเสนอแนะ					
2.2	ความเหมาะสมขององค์ประกอบในหน้าจอ					
	ข้อเสนอแนะ					
2.3	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก					
	ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อความ		ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2.4	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก					
	ข้อเสนอแนะ					
2.5	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร					
	ข้อเสนอแนะ					
2.6	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	ข้อเสนอแนะ					
2.7	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลอง					
	ข้อเสนอแนะ					
2.8	การเชื่อมโยงระหว่างชุดทดลองและความเป็นจริงเสริม					
	ข้อเสนอแนะ					
2.9	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ					
	ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2.10 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้					
ข้อเสนอแนะ					
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
3.2 ให้ผลย้อนกลับต่อนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
3.3 ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง					
ข้อเสนอแนะ					
3.4 ตอบสนองความแตกต่างของระดับความสามารถนักเรียนในชั้นเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
3.5 ส่งเสริมมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ					
ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา
เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

(สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนในการออกแบบและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาที่ผสมผสานระหว่างความเป็นจริงเสริมและชุดทดลอง เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่
    - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 2 ข้อ
    - ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 13 ข้อ แบ่งเป็น
        - ด้านที่ 1 เนื้อหา จำนวน 3 ข้อ
        - ด้านที่ 2 การออกแบบสื่อ จำนวน 7 ข้อ
        - ด้านที่ 3 การส่งเสริมการเรียนรู้ จำนวน 3 ข้อ
3. แบบสอบถามฉบับนี้มีเวลาในการทำประมาณ 30 นาที
4. แบบสอบถามฉบับนี้ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล
5. ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวและให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา โดยในแต่ละช่องที่แสดงความคิดเห็นมีความหมายดังนี้
    - 5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
    - 4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
    - 3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
    - 2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
    - 1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด
6. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์แล้วนำเสนอเป็นภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะด้านทางวิชาการเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

1. สถานะ

☐ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

☐ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

☐ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. ประสบการณ์ในการเรียน

☐ เคยเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

☐ ไม่เคยเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต่อไป

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
1.2 ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					
1.3 การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
.....					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ		ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2.	**ด้านการออกแบบสื่อ**					
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง					
	ข้อเสนอแนะ					
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก					
	ข้อเสนอแนะ					
2.3	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก					
	ข้อเสนอแนะ					
2.4	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร					
	ข้อเสนอแนะ					
2.5	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	ข้อเสนอแนะ					
2.6	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ					
	ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2.7 ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้					
ข้อเสนอแนะ					
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
3.2 สร้างความเข้าใจในเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้ง่าย					
ข้อเสนอแนะ					
3.3 ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง					
ข้อเสนอแนะ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

คำชี้แจง

1. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับมีรายละเอียดการตอบดังนี้
    - การตอบระดับคำตอบ หมายถึง การเลือกตัวเลือกระดับคำตอบซึ่งเป็นคำตอบของคำถามในแบบทดสอบแต่ละข้อ
    - การตอบระดับเหตุผล หมายถึง การเลือกตัวเลือกระดับเหตุผลที่สนับสนุนการตอบในระดับคำตอบ
2. แบบวัดมโนทัศน์ฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบสองระดับที่แต่ละระดับประกอบด้วย 4 ตัวเลือก ข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ และนักเรียนต้องทำทุกข้อ ห้ามเว้นว่าง
3. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบวัดมโนทัศน์ฉบับนี้ทั้งหมด 40 นาที
4. ให้นักเรียนเขียนชั้น รหัสประจำตัว และวันที่ทำแบบวัดมโนทัศน์ลงใน**แบบวัดมโนทัศน์**และ**กระดาษคำตอบ**ให้เรียบร้อย ด้วยปากกาดำหรือน้ำเงิน
5. วิธีการตอบในกระดาษคำตอบ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวในแต่ละระดับ และทำเครื่องหมาย ✕ ในตัวเลือกที่ถูกต้องของระดับนั้น เมื่อต้องการแก้ไขคำตอบให้นักเรียนขีดค่าคำตอบที่นักเรียนไม่ต้องการ (~~✕~~) และเลือกคำตอบใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบในกระดาษคำตอบ

ข้อ 0	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ		✕		
ระดับเหตุผล	~~✕~~			✕

6. แบบวัดมโนทัศน์ฉบับนี้**ไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียนในวิชาใด** และข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์แล้วนำเสนอเป็นภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะด้านทางวิชาการเท่านั้น

ชั้น ..... รหัส ..... วันที่ทำแบบวัดมโนทัศน์ ...../...../.....

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละระดับ แล้วทำเครื่องหมาย × ลงในกระดาษคำตอบ

ข้อ 1.

เทคนิคการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ (PCR: Polymerase Chain Reaction) ใช้ปัจจัยใดในการควบคุมกระบวนการที่เกิดขึ้น

ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) ความดัน
2) ความเข้มข้น
3) อุณหภูมิ
4) กัมมันตภาพรังสี

ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) ทำให้ดีเอ็นเอเปลี่ยนเป็นอาร์เอ็นเอ ก่อนเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ
2) ทำให้ดีเอ็นเอแยกเป็นนิวคลีโอไทด์ ก่อนเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ
3) ทำให้ดีเอ็นเอแยกสายจากสายคู่เป็นสายเดี่ยว ก่อนเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ
4) ทำให้ดีเอ็นเอเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากวงแหวนเป็นเส้นตรง ก่อนเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

ข้อ 2.

การเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในหลอดทดลองด้วยการทำพีซีอาร์ (PCR) ใช้เอนไซม์ในข้อใด

ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) DNA polymerase
2) *Eco*RI
3) Restriction endonuclease
4) DNA ligase

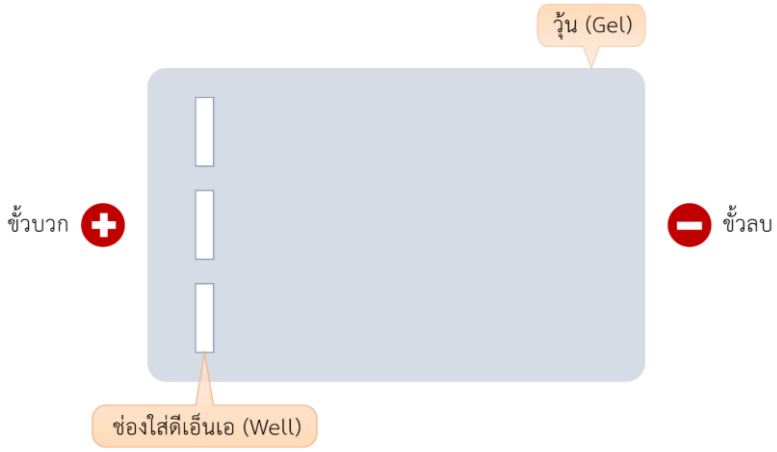
ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) เป็นเอนไซม์ที่ทำงานในอุณหภูมิห้องและนำไรโบนิวคลีโอไทด์มาต่อจากดีเอ็นเอแม่แบบเพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่
2) เป็นเอนไซม์ที่ทำงานในอุณหภูมิห้องและนำไรโบนิวคลีโอไทด์มาต่อจากไพรเมอร์เพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่
3) เป็นเอนไซม์ที่ทนอุณหภูมิสูงและนำนิวคลีโอไทด์มาต่อจากดีเอ็นเอแม่แบบเพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่
4) เป็นเอนไซม์ที่ทนอุณหภูมิสูงและนำนิวคลีโอไทด์มาต่อจากไพรเมอร์เพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ 5.

ถ้านักเรียนทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิสโดยให้ช่องใส่ดีเอ็นเอ (Well) อยู่ด้านขั้วบวก และขั้วลบอยู่ด้านตรงข้าม ดังแผนภาพ ข้อใดต่อไปนี้น่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อเริ่มกระบวนการ



ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) ดีเอ็นเอจะไม่มีการเคลื่อนที่ไปบนแผ่นเจล

2) ดีเอ็นเอจะเคลื่อนที่ไปทั้งขั้วบวกและขั้วลบ

3) ดีเอ็นเอจะเคลื่อนที่ไปขั้วลบ

4) ดีเอ็นเอจะเคลื่อนที่ไปขั้วบวก

ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) ดีเอ็นเอมีประจุสุทธิเป็นลบ

2) ดีเอ็นเอมีประจุสุทธิเป็นบวก

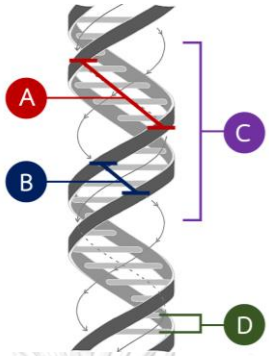
3) ดีเอ็นเอมีทั้งประจุลบและประจุบวก

4) ดีเอ็นเอไม่มีประจุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ 10.

จากภาพข้อใดคือร่องรองของดีเอ็นเอ (Minor groove)



ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) A 2) B 3) C 4) D

ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) เป็น 1 รอบเกลียวของโมเลกุลดีเอ็นเอ

2) เป็นร่องความห่างระหว่างนิวคลีโอไทด์

3) เป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่กว้างและลึกน้อยกว่าร่องหลัก

4) เป็นร่องในโมเลกุลดีเอ็นเอเกลียวคู่ที่จำนวนนิวคลีโอไทด์มากกว่าร่องหลัก

ข้อ 11.

ถ้าต้องการทราบลำดับดีเอ็นเอของเชื้อโรคชนิดหนึ่งจากผู้ป่วย แต่จากเซลล์ตัวอย่างของผู้ป่วยพบปริมาณดีเอ็นเอของเชื้ออยู่น้อยมาก ควรใช้เทคนิคใดเป็นอันดับแรก

ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) DNA sequencing 2) Gene expression

3) Gel electrophoresis 4) Polymerase chain reaction

ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) ต้องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของเชื้อ โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อดีเอ็นเอของเชื้อก่อน

2) ต้องแยกขนาดดีเอ็นเอของเชื้อ โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะก่อน

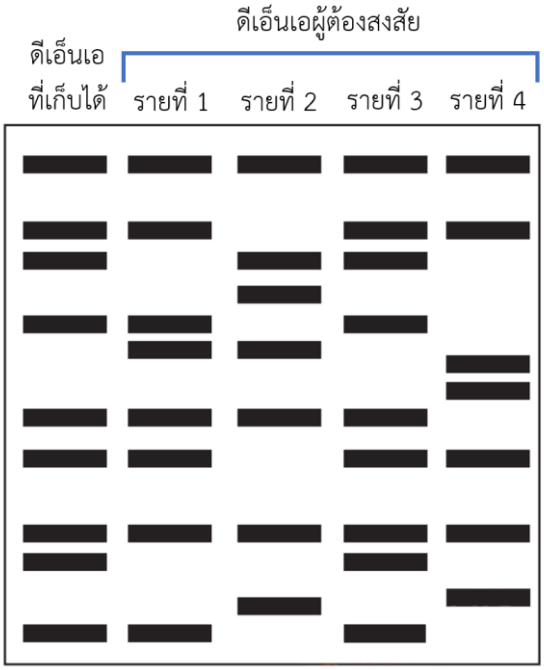
3) ต้องเพิ่มปริมาณโปรตีนจากยีนของเชื้อ โดยการเร่งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อน

4) ต้องแยกขนาดโปรตีนของเชื้อ โดยใช้การแยกด้วยกระแสไฟฟ้าก่อน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ 18.

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้จากที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับผู้ต้องสงสัย 4 คน ที่มีหลักฐานยืนยันเวลาและสถานที่ว่าเป็นผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมนี้ เป็นดังภาพ ผู้ต้องสงสัยคนใดเป็นผู้ร้ายในคดีฆาตกรรมนี้



ตัวเลือกระดับคำตอบ

1) ผู้ต้องสงสัยรายที่ 1
2) ผู้ต้องสงสัยรายที่ 2
3) ผู้ต้องสงสัยรายที่ 3
4) ผู้ต้องสงสัยรายที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวเลือกระดับเหตุผล

1) แถบดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยตรงกับดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้ทุกแถบ
2) แถบดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยตรงกับดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้บางส่วน
3) แถบดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยมีจำนวนเท่ากับแถบดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้
4) แถบดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยมีจำนวนน้อยกว่าแถบดีเอ็นเอจากหยดเลือดที่เก็บได้

กระดาษคำตอบแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ชั้น ..... รหัส ..... วันที่ทำแบบวัดมโนทัศน์ ...../...../.....

ข้อ 1.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 11.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 2.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 12.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 3.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 13.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 4.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 14.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 5.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 15.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 6.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 16.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 7.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 17.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 8.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 18.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 9.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 19.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				
ข้อ 10.	1)	2)	3)	4)	**ข้อ 20.**	1)	2)	3)	4)
ระดับคำตอบ					ระดับคำตอบ				
ระดับเหตุผล					ระดับเหตุผล				

CHULALONGKORN

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

(สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่
   - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 2 ข้อ
   - ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 10 ข้อ
3. แบบสอบถามฉบับนี้มีเวลาในการทำประมาณ 10 นาที
4. แบบสอบถามฉบับนี้ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล
5. ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวและให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา โดยในแต่ละช่องที่แสดงความคิดเห็นมีความหมายดังนี้
   - 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
   - 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
   - 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
   - 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
   - 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด
6. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์แล้วนำเสนอเป็นภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะด้านทางวิชาการเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

1. ระดับชั้น
   - ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 4
   - ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 5
   - ☐ มัธยมศึกษาปีที่ 6

2. นักเรียนเป็นผู้ที่ใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้
   - ☐ ใช่
   - ☐ ไม่

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของท่านและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต่อไป

ข้อความ		ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.	เนื้อหาไม่ซับซ้อนเหมาะกับระดับของนักเรียน					
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานความเป็นจริงเสริม (AR) กับชุดทดลองวิทยาศาสตร์					
3.	ภาพประกอบหรือกราฟิกที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้สื่อความหมายได้ชัดเจน					
4.	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวิทยาศาสตร์					
5.	การฝึกปฏิบัติในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติจริง					
6.	ความเหมาะสมของเวลาในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					
7.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยอธิบายเนื้อหาได้เข้าใจง่ายขึ้น					
8.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน					
9.	ความสะดวกในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					
10.	ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

(สำหรับครูชีววิทยา ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้นี้ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของครูหลังใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่
   - ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 2 ข้อ
   - ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของครูชีววิทยาที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 10 ข้อ
3. แบบสอบถามฉบับนี้มีเวลาในการทำประมาณ 10 นาที
4. แบบสอบถามฉบับนี้ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล
5. ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวและให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา โดยในแต่ละช่องที่แสดงความคิดเห็นมีความหมายดังนี้
   - 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
   - 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
   - 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
   - 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
   - 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด
6. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์แล้วนำเสนอเป็นภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะด้านทางวิชาการเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ตามความเป็นจริง

1. ระดับชั้นที่สอน

☐ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4
☐ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5
☐ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. ประสบการณ์ในการสอนชีววิทยา

☐ ต่ำกว่า 1 ปี
☐ 1 - 5 ปี
☐ 6 - 10 ปี
☐ 11 - 15 ปี
☐ 16 - 20 ปี
☐ มากกว่า 20 ปี

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของครูชีววิทยาที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☑ ลงในช่องว่างเพียงช่องเดียวที่ตรงกับระดับความพึงพอใจของท่านและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต่อไป

ข้อความ		ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.	เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน					
2.	ความเหมาะสมของรูปแบบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานความเป็นจริงเสริม (AR) กับชุดทดลองวิทยาศาสตร์					
3.	ภาพประกอบหรือกราฟิกที่ใช้ในสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้สื่อความหมายได้ชัดเจน					
4.	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดทดลองวิทยาศาสตร์					
5.	การฝึกปฏิบัติในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติจริง					
6.	ความเหมาะสมของเวลาในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					
7.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยอธิบายเนื้อหาได้เข้าใจง่ายขึ้น					
8.	สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน					
9.	ความสะดวกในการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					
10.	ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามสำหรับครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. ท่านมีข้อเสนอแนะด้านเนื้อหาอย่างไร จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
2. ท่านมีข้อเสนอแนะด้านคุณภาพสื่ออย่างไร จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
3. จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีข้อดีอย่างไร
4. จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์มีข้อที่ควรปรับปรุงอย่างไร
5. จากการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ท่านมีความพึงพอใจโดยภาพรวมเป็นอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ส่วนประกอบของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

กล่องใส่อุปกรณ์

กล่องพลาสติกที่ใช้บรรจุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสื่อ

AR MARKER

คำแนะนำ

- เริ่มใช้ครั้งแรกจำเป็นต้องสแกน MARKER เริ่มต้นก่อน
- ขณะสแกน MARKER หนึ่ง ๆ เมื่อสแกนเสร็จสามารถนำกล้องออกจาก MARKER ได้ เพราะเนื้อหายังแสดงต่อได้
- โปรดระมัดระวัง*อย่าให้สัมผัสกับน้ำ*

AR Marker ทำจากกระดาษแข็งขนาด 5.5 x 8.5 เซนติเมตร

MARKER เริ่มต้น

MARKER 1-8 สำหรับเข้าเนื้อหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารทดแทน

สารทดแทน DNA loading dye

คำแนะนำ

- สารที่อยู่ภายในขวดใช้เป็นน้ำประปาผสมสีเพื่อใช้แทนสารจริง
- ใช้ในการทดลองในขั้นตอนการทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส

สารทดแทนส่วนประกอบของพีซีอาร์

คำแนะนำ

- สารที่อยู่ภายในขวดใช้เป็นน้ำประปาใช้แทนสารจริง
- ใช้ในการทดลองในขั้นตอนการทำพีซีอาร์

สารทดแทนเหล่านี้บรรจุอยู่ในขวดพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในขั้นตอนการทดลอง

แท่นวางหลอดไมโครเซนติฟิวจ์

ใช้สำหรับวางหลอดไมโครเซนติฟิวจ์ขณะที่นักเรียนทำการทดลอง

ตัวอย่างที่นำมาใช้ทดสอบ

คำแนะนำ

- สารที่อยู่ภายในหลอดไม่เป็นอันตรายต่อนักเรียน เนื่องจากใช้น้ำประปา
- *เวลาทำการทดลอง ควรเปิดทีละหลอด เมื่อดูดสารเสร็จให้ปิดฝาให้สนิทก่อนนำเก็บเข้าถุง*

ใช้หลอดทดลองพลาสติก ขนาด 12 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารทดแทนสารพันธุกรรมของตัวอย่างที่ได้จากผู้ป่วย

สติ๊กเกอร์

ใช้สำหรับติดอุปกรณ์ที่ต้องการทำเครื่องหมาย

หลอดหยด ขนาด 1 มิลลิลิตร

คำแนะนำ

- ในแต่ละการทดลองไม่ควรใช้หลอดหยดดูดสารปนกัน *ควรใช้หลอดหยด 1 หลอดต่อสาร 1 อย่าง (หรือสารเดียวกัน) เท่านั้น* เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อน
- *เวลาดูดสารควรบีบลมออกก่อนที่จะจุ่มปลายของหลอดหยดไปที่สาร และไม่ควรดูดสารในปริมาณที่มากเกินไป*

ใช้สำหรับหยดสารตามวิธีการทดลอง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทดแทน Micropipette

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลอดไมโครเซนติฟิวจ์ ขนาด 1.5 มิลลิลิตร

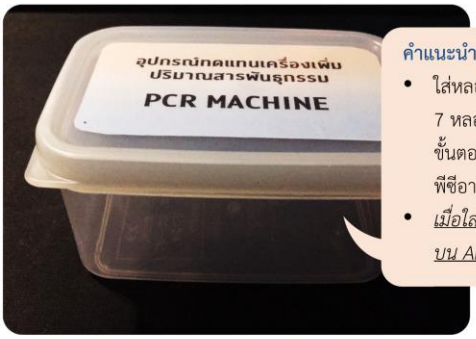
- ประกอบด้วย 10 หลอด ซึ่งจะมี 3 หลอดที่ใส่สารเรียบร้อย ได้แก่ DNA marker, Positive control และ Negative control
- อีก 7 หลอดไว้สำหรับใส่สารตามวิธีการทดลอง

คำแนะนำ

- สารที่อยู่ภายในหลอดใช้เป็นน้ำประปาใช้แทนสารจริง
- *ในขั้นตอนการเติมสารละลายส่วนประกอบสำคัญในการทำพีซีอาร์ ต้องใส่ใน DNA marker, Positive control และ Negative control ด้วย (1 หยด)*
- *ควรระบุตัวเลขที่หลอดให้ชัดเจน*เพื่อไม่ให้นักเรียนสับสนและใช้หลอดหยดได้ถูกต้อง

ใช้สำหรับใส่สารและใส่ในอุปกรณ์ทดแทนเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมตามวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ทดแทนเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม



คำแนะนำ

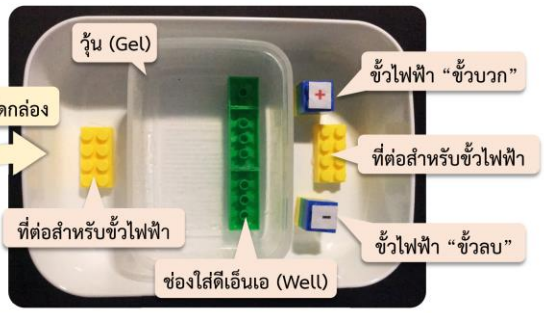
- ใส่หลอดไมโครเซนติฟิวจ์ จำนวน 7 หลอดที่ใส่สารเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนการเติมสารต่าง ๆ ก่อนทำพีซีอาร์
- *เมื่อใส่เสร็จทำตามขั้นตอนที่แสดงบน AR*

สำหรับใส่หลอดไมโครเซนติฟิวจ์เพื่อจำลองการทำพีซีอาร์ ซึ่งใช้แทนอุปกรณ์จริงที่มีราคาสูงและมีขนาดใหญ่

อุปกรณ์ทดแทนชุดแยกสารพันธุกรรมด้วยไฟฟ้า

คำแนะนำ

- *ต้องต่อขั้วไฟฟ้าและวางวุ้นให้ถูกต้องก่อนใส่สาร*
- เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้ว นักเรียนสามารถใส่สารได้ในช่องใส่ดีเอ็นเอ (ช่องวงกลม) โดยใส่ 1 ช่องต่อ 1 หมายเลข
- สารที่จะใส่ต้องผสมกับสารทดแทน DNA loading dye ก่อน



สำหรับใส่สารและต่อขั้วไฟฟ้าเพื่อจำลองการทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส ซึ่งใช้แทนอุปกรณ์จริงที่มีราคาสูงและมีขนาดใหญ่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการแสดงผลบนความเป็นจริงเสริม (AR) ผ่าน V-Player application

หน้าต่างที่แสดงโดยความเป็นจริงเสริม (AR) หลังจากสแกน MARKER 1

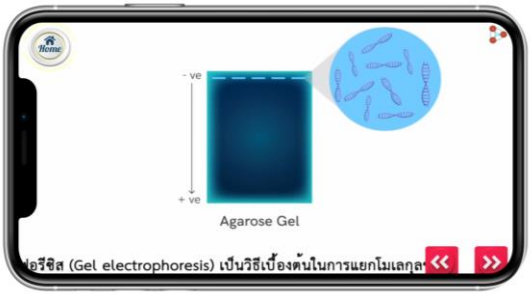
เมื่อกดปุ่ม "เข้าสู่บทเรียน" และดูวีดิทัศน์สถานการณ์ที่ใช้ในบทเรียนเสร็จสิ้น จะปรากฏหน้าต่างนี้ เพื่อเข้าปฏิบัติการแต่ละขั้นตอน โดยให้นักเรียนกดปุ่มขั้นตอนที่ 1 เป็นอันดับแรก

เมื่อกดขั้นตอนที่ 1 ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนที่แสดงบนความเป็นจริงเสริม (AR)

เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนที่ 1 ใน MARKER 1 และนักเรียนสแกน MARKER 2 จะปรากฏหน้าต่างดังนี้

เมื่อสแกน MARKER 3 จะปรากฏหน้าต่างดังนี้ ให้นักเรียนรอเวลานับถอยหลัง เมื่อปุ่ม ⏻ แสดงให้นักเรียนกด

เมื่อกดปุ่มขั้นตอนที่ 3 ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์ภาพรวมของการทำเจลอิเล็กโทรฟอรีซิส (Gel electrophoresis) และปฏิบัติตามขั้นตอนที่แสดงขึ้นในฉากถัดไป



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อนักเรียนต่อขั้วไฟฟ้าไม่ถูกต้องให้นักเรียนสแกน MARKER 8 ซึ่งจะแสดงหน้าต่างดังนี้

เมื่อ AR แสดงผลการทดลองให้นักเรียนบันทึกภาพหน้าจอเพื่อไว้บันทึกลงใบกิจกรรม

เมื่อนักเรียนต้องการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอให้สแกน MARKER 5 และสามารถศึกษาเพิ่มเติมจาก “แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม”

เมื่อนักเรียนศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเรียบร้อยให้นักเรียนเข้าตอบคำถามชวนคิด

เมื่อนักเรียนต้องการศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอให้นักเรียนสแกน MARKER 6

เมื่อนักเรียนศึกษาข้อควรคำนึงถึงและมาตรการป้องกันการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเรียบร้อยให้นักเรียนเข้าตอบคำถามชวนคิดผ่าน Google Forms

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คุณภาพของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยา มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยา

ข้อคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
6.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
7.	1.00	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาซึ่งเป็นผู้ออกแบบหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชาชีววิทยา

ข้อคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
5.	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเรื่อง ลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 7 ข้อ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2. คุณภาพของแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1. ด้านเนื้อหา		
1.1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.2	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.3	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
1.5	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.6	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.7	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.8	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.9	1.00	วัดได้สอดคล้อง
1.10	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2. ด้านการออกแบบสื่อ		
2.1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.2	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.3	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.5	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.6	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.7	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.8	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.9	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.10	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้		
3.1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.3	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.4	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.5	1.00	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1. ด้านเนื้อหา		
1.1	0.67	วัดได้สอดคล้อง
1.2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
1.3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2. ด้านการออกแบบสื่อ		
2.1	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.5	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.6	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.7	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้		
3.1	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.3	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 25 ข้อ และสำหรับนักเรียน จำนวน 13 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามและตัวเลือกในแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อ/ระดับตัวเลือก	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
6.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
7.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
8.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ/ระดับตัวเลือก	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
9.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
10.	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง*
ระดับคำตอบ	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง*
ระดับเหตุผล	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง*
11.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
12.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง*
13.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
14.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
15.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
16.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
17.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
18.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง
19.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับคำตอบ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ข้อ/ระดับตัวเลือก	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
20.	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง*
ระดับคำตอบ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ระดับเหตุผล	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.33-1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความไม่สอดคล้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ข้อคำถามและตัวเลือกที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ได้แก่ ข้อที่ 10 12 และ 20 โดยมีรายละเอียดในการปรับแก้ไขดังนี้

1) ผู้ทรงคุณวุฒิท่านหนึ่งให้ข้อเสนอแนะว่าข้อที่ 10 เป็นแนวคิดที่ไม่จำเป็นสำหรับเรื่องนี้ ผู้วิจัยตัดสินใจคงข้อคำถามนี้ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่นำเสนอผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อใช้ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

2) ปรับสถานการณ์ที่ใช้ในข้อคำถามให้ทันสมัย เช่น ข้อที่ 12 ปรับเป็น “ในการตรวจหาเชื้อ Coronavirus โดยใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR) องค์ประกอบสำคัญใดในเทคนิคพีซีอาร์ที่ส่งผลต่อการจำแนกได้ว่าติดเชื้อหรือไม่” และตัวเลือกระดับเหตุผลในตัวเลือก 1) มีผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะว่า “ตัวเลือก ข้อ 1) ต้องจับกับดีเอ็นเอแม่แบบด้วยลำดับเบสคู่สม เป็นเหตุผลที่มีความถูกต้องบางส่วน จึงอาจทำให้คำถามข้อที่ 12 มีตัวเลือกระดับเหตุผลที่ถูกต้องมากกว่า 1 ตัวเลือก” ผู้วิจัยจึงปรับแก้ไขเป็น “1) ต้องจับกับเชื้ออย่างจำเพาะ”

3) ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอให้ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริงในข้อที่ 20 “พืชชนิด C เป็นพืชดัดแปรพันธุกรรม โดยมียีนที่ทนต่อไกลโฟเซต (Glyphosate) ซึ่งเป็นยาปราบวัชพืช และมียีนที่ทำให้ออกดอกเร็วและเจริญเร็ว ซึ่งพืช C สามารถนำเมล็ดมาสกัดให้เป็นน้ำมันและนำมาใช้บริโภคได้ เกษตรกรนำพืชชนิด C มาปลูกในส่วนควบคู่กับต้นส้ม และเมื่อเวลาผ่านไปมีวัชพืชขึ้นบริเวณที่ปลูกพืชทั้งสองไว้ ถ้าเกษตรกรไม่ระวังในการใช้ไกลโฟเซตกำจัดวัชพืช ข้อใดเป็นผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุด”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากนั้นนำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 30 คน และไม่ใช่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อตรวจสอบหาค่าความยาก (Level of difficulty, p) อำนาจจำแนก (Power of discrimination, r) และหาความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดมโนทัศน์ทั้งฉบับด้วยวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) เนื่องจากข้อสอบแต่ละข้อมีความยากไม่เท่ากัน โดยค่าความเที่ยงควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย
1.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
2.	0.79	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
3.	0.71	0.57	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
4.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
5.	0.57	0.57	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
6.	0.57	0.57	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
7.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
8.	0.64	0.71	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
9.	0.36	0.43	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
10.	0.36	0.43	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
11.	0.50	0.43	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
12.	0.57	0.57	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
13.	0.57	0.57	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
14.	0.71	0.57	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
15.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
16.	0.64	0.71	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
17.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
18.	0.64	0.43	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
19.	0.64	0.71	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
20.	0.64	0.71	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการตรวจสอบคุณภาพจากค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ โดยมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.36 - 0.79 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.43 - 0.71 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.77 ซึ่งข้อคำถามที่มีความยากระดับ 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไปและค่าความเที่ยงควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป จึงถือว่าเครื่องมือมีคุณภาพ

4. คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
7.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
8.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
9.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
10.	1.00	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (สำหรับครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้		
ข้อ	**ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)**	**ความหมาย**
1.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
7.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
8.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
9.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
10.	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และครูชีววิทยาที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวนฉบับละ 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. คุณภาพของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ มีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

ตาราง สรุปผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อคำถาม	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	ความหมาย
1.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4.	1.00	วัดได้สอดคล้อง
5.	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามในการสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ทดลองใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.67-1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	รัชชานนท์ ดิษเจริญ
วัน เดือน ปี เกิด	5 เมษายน 2540
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	1. วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำเร็จการศึกษาปีการศึกษา 2561 2. เข้าศึกษาในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2562
ที่อยู่ปัจจุบัน	27 ซอยสุคนธสวัสดิ์ 38 แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 10230
ผลงานตีพิมพ์	1. นำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยายหัวข้อ “Alterations in acetylcholinesterase activity and histopathology revealed acute toxicity of clothianidin on Cyprinus carpio L., 1758” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 11 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2. บทความวิจัยเรื่อง "การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริมเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย" วารสารปีที่ 4 ฉบับที่ 12 (กันยายน-ธันวาคม 2564) ในวารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University