

การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Development of Innovative Learning Media in Biology Mixed with Augmented Reality
on DNA Technology for Senior High School Students.

รัชชานนท์ ดิษหาริณ^{*1} อิศวนนทปกรณิ ธเนศวรภัก²

Radchanon Ditcharoen^{*1} Atsawanonthapakorn Thanetweeraphat²

radchanon01@gmail.com*

ส่งบทความ 6 กรกฎาคม 2564 แก้ไข 11 กรกฎาคม 2564 ตอบรับ 19 กรกฎาคม 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ท่าน 2) ผู้ประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบบันทึก การสนทนากลุ่มออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยา ผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 2) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานระหว่างชุดทดลอง วิทยาศาสตร์และความเป็นจริงเสริม (AR) เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง และ 3) แบบประเมิน ความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ แบ่งเป็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ และอาสาสมัคร นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 13 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า

1) ผู้ให้ข้อมูลในการสนทนากลุ่มออนไลน์ได้เสนอแนะลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ที่ควรผลิตขึ้นดังนี้ อธิบายคำศัพท์เฉพาะก่อนให้นักเรียนใช้สื่อ แสดงขั้นตอนการใช้สื่อเป็นลำดับเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ เนื้อหาชีววิทยาได้ง่ายขึ้น รวมถึงสื่อที่จะพัฒนาควรมีความใหม่และส่งเสริมให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์ กับสื่อนี้ และผู้ร่วมการสนทนาทุกคนเห็นด้วยกับการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) กับชุดทดลอง วิทยาศาสตร์

2) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัย ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะดังนี้ เนื้อหาบทเรียนในสื่อนี้ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง ได้แก่ การเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² อาจารย์, ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Master of Education Candidate in Science Education, Faculty of Education, Chulalongkorn University

² Instructor in Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University

ด้วยเทคนิคฟิชชัวร์ การตรวจสอบการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยใช้ความเป็นจริงเสริม (AR) แสดงเนื้อหาบทเรียน คำศัพท์เฉพาะ ขั้นตอนการทดลอง รวมไปถึงแสดงกระบวนการหรือปฏิกิริยาที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าผ่านภาพหรือวิดีโอและข้อความ และใช้อุปกรณ์ทดแทนแทนการใช้อุปกรณ์จริงที่มีขนาดไม่เหมาะสมและราคาสูง เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติใกล้เคียงกับการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ และผลการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 (SD = 0.58) และ 4.23 (SD = 0.64) ตามลำดับ และจัดอยู่ในระดับเห็นด้วยมากเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: สื่อวัตกรรมการเรียนรู้, ความเป็นจริงเสริม, เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

Abstract

The purposes of this research were to develop innovative learning media in biology mixed with augmented reality on DNA technology for senior high school students. The target groups in this research were 1) the key informants: 5 biology teachers at the upper secondary level and 5 experts in genetics and DNA technology, 2) the experts for evaluating designed learning media: 3 content experts, 3 learning media technicians, and 15 volunteer senior high school students who have had the experience of studying DNA technology. The research instruments were 1) the structured online focus group note about information and characteristics of innovative learning media in biology on DNA technology, 2) innovative learning media in biology that combines science experimental kit mixed with augmented reality (AR) on DNA technology, consisting of 4 topics and 3) assessment form for the suitability and consistency of innovative learning media, which is a 5-level rating scale, divided into 25 items for content experts and learning media technicians, and 13 items for volunteer senior high school students.

The results of the research showed that

1) the key informants in online focus group discussions have suggested the innovative learning media should display the technical terms before allowing students to use the media, list the using procedure to help students understand the biology content. In addition to this, the media to be developed should be new, encourage students, curiosity, and allow students to interact with the media. All key informants agreed to combine augmented reality technology with a science experiment kit.

2) The innovative learning media in biology on DNA technology that the researcher designed and created has the following characteristics: The content of the lessons in this media consists of 4 topics, namely polymerase chain reaction (PCR), gel electrophoresis, examples of DNA technology applications, and biosafety and the social implications of using DNA technology. Used augmented reality to show lesson content, terminology, experimental procedures, and show processes or reactions that cannot be observed with the eye through pictures or videos and text, and use of replacement equipment instead of the actual equipment that is inappropriately sized and expensive to allow students to practice close to the laboratory practice. The assessment scores of innovative learning media by experts and volunteer senior high school students were 4.41 (SD = 0.58) and 4.23 (SD = 0.64) respectively, with the mean scores at a strongly agree level.

Keywords: Innovative Learning Media, Augmented Reality, DNA Technology

บทนำ

เทคโนโลยีชีวภาพเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศไทย ดังจะเห็นได้จากการจัดทำกรอบนโยบายเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (2555-2564) และนโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติฉบับที่ 1 (2555-2564) โดยสำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ร่วมกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อให้เทคโนโลยีชีวภาพสร้างความมั่นคงในด้านอาหาร สุขภาพ และพลังงาน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนในด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นพลเมืองของประเทศต้องมีความสามารถในการประยุกต์ใช้วิทยาการในด้านต่าง ๆ มากมาย รวมถึงวิทยาการในด้านเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ (DNA Technology) ควบคู่กับสาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2555)

ถึงแม้ว่า ความรู้ทางด้านชีววิทยาโดยเฉพาะด้านพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ล้วนมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีประเด็นปัญหาทางสังคมในด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ เช่น ความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2559) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างความเข้าใจในประเด็นทางสังคมที่สัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอให้กับพลเมืองของประเทศ เพื่อให้พลเมืองนำเอาความรู้ในด้านนี้ไปใช้ได้อย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรม รวมไปถึงสามารถประเมินข่าวสารทางด้านเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอจากสื่อสาธารณะ แล้วนำข้อมูลข่าวสารที่น่าเชื่อถือเหล่านั้นไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพของผู้เรียนที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้ระบุไว้ว่าเมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แล้ว นักเรียนต้องเข้าใจความสำคัญและผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิต

และสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

จากคุณภาพของผู้เรียนและผลการเรียนรู้ของสาระชีววิทยาในหลักสูตรของประเทศไทย ที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องมีความรู้และเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้นักการศึกษาให้ความสนใจและมุ่งศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมนทัศน์เรื่องนี้และพบว่า หัวข้อพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) ซึ่งเป็นหนึ่งในมนทัศน์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่มีดัชนีความยากของเนื้อหาเท่ากับ 13.4 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของหัวข้อที่มีความยากสูง (Bahar et al., 1999) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Osman et al. (2017) ที่ระบุว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายร้อยละ 79.6 กล่าวว่ามนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ยากต่อการเรียนรู้ และกระบวนทางพันธุศาสตร์ยากที่จะเข้าใจ เพราะในแบบเรียนไม่มีภาพประกอบ รวมถึงไม่มีการจัดระเบียบเนื้อหา นอกจากนี้งานวิจัยในประเทศไทยมีความสอดคล้องกันกับงานวิจัยจากต่างประเทศ โดยผลการวิจัยพบว่านักเรียนไทยยังมีมนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง หลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุวิศวกรรม (ธนบดี อินหาดกรวด, 2560)

อีกทั้งผลการศึกษางานวิจัยในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในปัจจุบันยังไม่สามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับผู้เรียนได้เท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นมนทัศน์ที่มีความซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจ และปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์เป็นสิ่งที่เป็นามธรรม (Orhan & Sahin, 2018; Yang et al., 2018; สุนัดดา โยมญาติ, 2558) เหตุผลอีกประการหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้ที่ขาดการฝึกปฏิบัติ เนื่องจากไม่มีวัสดุอุปกรณ์หรือมีวัสดุอุปกรณ์แต่ครูผู้สอนที่ไม่มีประสบการณ์ในการทำปฏิบัติการด้านเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ทำให้การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนส่วนมากอยู่ในรูปแบบการบรรยาย (สุนัดดา โยมญาติ, 2558) อีกทั้งการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ไม่สามารถให้ผู้เรียนมองเห็นถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ (Qalbina & Ahda, 2019) เหตุผลทั้งหมดนี้อาจทำให้ผู้เรียนเกิดมนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจเนื้อหา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

แนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและทำให้ผู้เรียนมีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง คือการให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทดลอง เพื่อพัฒนามโนทัศน์และฝึกทักษะที่เหมาะสม แต่เนื่องจากการทดลองมีข้อจำกัดในด้านทรัพยากรและระยะเวลาของการปฏิบัติการซึ่งต้องใช้จำนวนมาก ดังนั้นการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อื่น ๆ มาผสมผสานในการปฏิบัติการจะสามารถลดข้อจำกัดดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ ส่งผลทำให้ผู้เรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และเกิดกระบวนการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น (Asikin & Daningsih, 2018; Goldschmidt & Bogner, 2016; สุนัดดา โยมญาติ, 2558) ดังรายงานการวิจัยด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้สื่อดิจิทัลประเภทวีดิทัศน์ผสมผสานการปฏิบัติการทดลองทางอนุชีววิทยา ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ความเข้าใจ และช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เรียน (Truebano & Munn, 2015) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ในมีโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนโดยใช้สื่อดิจิทัลประเภทความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality, AR) ผสมผสานกับการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กล้องจุลทรรศน์และเซลล์ เพื่อแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมโดยใช้รูปภาพ เพิ่มความสนใจในการเรียนรู้และลดภาระการทำงานของสมองของผู้เรียนได้ (Chang & Yu, 2017)

จากรายงานการวิจัยเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาสื่อดิจิทัลประเภทความเป็นจริงเสริม (AR) ซึ่งเป็น เทคโนโลยีที่นำมาช่วยแสดงข้อมูลและเนื้อหาแบบดิจิทัลในแบบของภาพนิ่ง ภาพสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว ที่อาจมีทั้งเสียงประกอบและไม่มีเสียงประกอบ แสดงผลซ้อนทับกับสภาพแวดล้อมจริงด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และแสดงผลแบบทันที (Cerrato et al., 2018; ณัฐญา นาคะสันต์ และศุภรารค์ เรืองวานิช, 2559) ผสมผสานกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มองไม่เห็นกระบวนการทางเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้โดยใช้ระยะเวลาอันสั้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. กลุ่มเป้าหมาย

การวิจัยขั้นที่ 1 เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 ท่าน ที่มีประสบการณ์สอน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไม่น้อยกว่า 5 ปี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ให้ข้อมูลหลักในการสนทนากลุ่มออนไลน์ การเลือกกลุ่มเป้าหมายนี้ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ แบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยา จำนวน 7 ข้อ และสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ โดยมีประเด็นหลักในการสนทนา ดังนี้ 1) สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างที่ผู้สอนเคยใช้และใช้อย่างไรในการสอนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ประกอบด้วยหัวเรื่องการโคลนนิ่งและหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในด้านต่าง ๆ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และชีวจริยธรรม 2) สื่อการเรียนรู้ในเรื่องนี้ควรมีลักษณะ

อย่างไร เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3) การผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร ที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้งานได้ง่ายและเหมาะสมกับบริบทชั้นเรียนจริง

3. การสร้างและตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

การสร้างแบบบันทึกการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับครูชีววิทยาและสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อนำมาสร้างแนวคำถามในการสนทนากลุ่ม 2) สร้างข้อคำถามสำหรับการสนทนากลุ่มและแบบบันทึกการสนทนากลุ่ม 3) นำข้อคำถามและแบบบันทึกการสนทนากลุ่มให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการติดต่อกับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 คน เพื่อนัดหมายการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 ซึ่งการเก็บข้อมูลและการบันทึกการสนทนากลุ่มนี้ได้รับการอนุญาตจากกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยนำข้อคำถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว กำหนดประเด็นคำถามในการสนทนากลุ่มผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ (Moderator)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ใช้การสรุปพรรณนาเรียบเรียง และการวิเคราะห์สาระ (Content Analysis) เพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่อง

เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

1. กลุ่มเป้าหมาย

การวิจัยขั้นที่ 2 เป็นการออกแบบ สร้าง และประเมิน สื่อเบื้องต้น โดยมีกลุ่มเป้าหมายในการประเมินสื่อ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยสาขาชีววิทยา ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยที่มีประสบการณ์การทำวิจัยด้านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ และอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 15 คน เนื่องจากนักเรียนกลุ่มนี้สามารถนำประสบการณ์ที่ผ่านมาในการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มาวิเคราะห์และประเมินสื่อในด้านการนำเสนอด้านของเนื้อหา การออกแบบและด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของสื่อได้ กลุ่มเป้าหมายนี้ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่

1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง สอดคล้องกับผลการเรียนรู้สาระชีววิทยา ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ดังนี้ สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม 2) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับของลิเคิร์ต แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 25 ข้อ และอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 13 ข้อ

3 การสร้างและตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่อง

เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ มีขั้นตอนดังนี้ 1) วิเคราะห์ทฤษฎีการออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ จากทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Mayer, 2009) 2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ประเภทชุดทดลองวิทยาศาสตร์และความเป็นจริงเสริม 3) ศึกษาเอกสารหลักสูตรและแบบเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ 4) กำหนดหัวเรื่องของเนื้อหา 4 หัวเรื่อง รวมถึงกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยวางหัวเรื่อง เรียงเรียง ลำดับ เนื้อหาก่อนและหลัง เพื่อให้มีลำดับเนื้อหาที่สอดคล้องและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 5) นำผลจากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์ในขั้นที่ 1 มาใช้ออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยคัดเลือกวัสดุอุปกรณ์สำหรับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ คัดเลือกหรือสร้างกราฟิกต่าง ๆ เช่น ภาพ วิดีทัศน์ และข้อความที่จะนำเสนอผ่านความเป็นจริงเสริม (AR) โดยความเป็นจริงเสริม (AR) ในงานวิจัยนี้สร้างผ่านเว็บไซต์ V-Director 6) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน ตามแนวคิดของ Sugiyono (2015) เพื่อให้สื่อมีคุณภาพและความถูกต้อง ด้วยแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

การสร้างแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนดังนี้ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสื่อการเรียนรู้ เพื่อนำมาสร้างข้อคำถามในการประเมิน 2) สร้างข้อคำถามสำหรับแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ 3) นำข้อคำถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพของ

เครื่องมือวิจัย โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่ปรับปรุงแก้ไข ไปใช้กับอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ตามแนวคิดของ Sugiyono (2015) จำนวน 15 คน แบ่งเป็น 1) การประเมินแบบเดี่ยว จำนวน 3 คน และ 2) การประเมินแบบกลุ่มเล็ก จำนวน 12 คน โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้เวลากลุ่มละ 4 ชั่วโมง เมื่อนักเรียนใช้สื่อเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ และนำข้อมูลที่ได้อิงงานผลวิเคราะห์ข้อมูลและปรับแก้ไขสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) โดยมีเกณฑ์การแปลผลดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 แปลความว่าความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 แปลความว่าความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 แปลความว่า ความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 แปลความว่าความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด สำหรับข้อเสนอแนะใช้การสรุปพรรณนาเรียงเรียงและการวิเคราะห์สาระ (Content Analysis)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการสนทนากลุ่มผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ Google Meet โดยมีผู้ให้ข้อมูลคือครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 5 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 5 คน

ผลการสนทนากลุ่มพบว่า สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีดังนี้ วิดีทัศน์จากต่างประเทศ แบบจำลอง สื่อ PowerPoint และหนังสือแบบเรียน โดยนำสื่อการเรียนรู้เหล่านี้มาประกอบกับการบรรยายของครู ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น แต่การใช้สื่อการเรียนรู้เหล่านี้พบปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนหลายประการ กล่าวคือ หากสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ภาษาอังกฤษครูจำเป็นต้องอธิบายเพิ่มเติมแก่นักเรียน เมื่อนักเรียนเจอสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปจากสื่อการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่จะไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากสื่อการเรียนรู้ได้ หรือสื่อการเรียนรู้ประเภทแบบจำลองมักจะไม่ทนทาน ถ้าต้องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้กับเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ควรมีการอธิบายคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ อีกทั้งเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยเฉพาะการทำพีซีอาร์และเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน สื่อการเรียนรู้จึงควรแสดงขั้นตอนต่าง ๆ เป็นลำดับเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น รวมถึงสื่อที่จะพัฒนาควรมีความน่าสนใจให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อการเรียนรู้ เช่น การได้จับต้องอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และในประเด็นของการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ผสมผสานร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นกระบวนการที่เป็นรูปธรรมและเข้าใจมากขึ้น ผู้สนทนาทุกท่านเห็นด้วยกับการผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ และคิดว่าสื่อนี้จะช่วยทำให้นักเรียนเห็นภาพของกระบวนการและเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น โดยทำให้นักเรียนเห็นสิ่งที่นักเรียนไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ เช่น ส่วนประกอบสำคัญของการทำพีซีอาร์ หรือให้เห็น

กระบวนการต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้สนทนาดังนี้ สื่อนี้ควรใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน อีกทั้งควรมีคำถามระหว่างการใช้สื่อสำหรับนักเรียน และควรมีคู่มือสำหรับครูและนักเรียนอย่างละ 1 ฉบับ

จากการสนทนากลุ่มออนไลน์ของครูชีววิทยาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเกี่ยวกับลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้วิจัยนำผลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ผลการออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

ผลออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะดังนี้ เนื้อหาบทเรียนในสื่อนี้ประกอบด้วย 4 หัวเรื่อง ได้แก่ 1) การเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR) เป็นวิธีเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในหลอดทดลองภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว ด้วยหลักการพื้นฐานการจำลองดีเอ็นเอ (DNA replication) 2) การตรวจสอบการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Gel electrophoresis) เป็นวิธีแยกโมเลกุลของสารในเจลด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบขนาดโมเลกุล รูปร่าง และประจุจากความเร็วของการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า 3) ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ และ 4) ความปลอดภัยทางชีวภาพและผลกระทบทางด้านสังคมในการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยใช้ความเป็นจริงเสริม (AR) แสดงเนื้อหาบทเรียน คำศัพท์เฉพาะ ขั้นตอนการทดลอง คำถามชวนคิด รวมไปถึงแสดงกระบวนการหรือปฏิกิริยาที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าและสามารถร่นระยะเวลาในการแสดงผลปฏิบัติการผ่านภาพวิดีโอและข้อความ ด้วยแอปพลิเคชัน V-Player โดยสแกน AR Marker ผ่านทางสมาร์ตโฟนได้ทั้งในระบบ Android และ iOS และใช้ชุดทดลองวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ทดแทนแทนการใช้อุปกรณ์จริงที่มีขนาดไม่เหมาะสมและราคาสูง เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติใกล้เคียงกับการปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ พร้อมคู่มือ

สำหรับครูและนักเรียน โดยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ใช้เวลาในการเรียนรู้ 4-6 คาบ ตามการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน แสดงดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 การออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาสมผัสความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างฉากที่นำเสนอผ่านความเป็นจริงเสริม (AR)

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	ความคิดเห็น
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	ส่งเสริมทัศนคติทางชีววิทยา เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	4.50	0.55	เห็นด้วยมาก
รวม		4.43	0.57	เห็นด้วยมาก

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมพบว่า ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.41, SD = 0.58)

นอกจากนี้ในการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะดังนี้ ปรับแก้ข้อความหรือข้อความในคู่มือครู เช่น ปรับแก้ข้อความ “*Ethidium Bromide (EtBr)* ซึ่งจะจับกับส่วนของร่องหลัก (Major groove) ของดีเอ็นเอ” เป็น “*Ethidium bromide* เป็น *intercalating agent* ที่จะแทรกตัวอยู่ระหว่างเบสแต่ละคู่ภายในโมเลกุลของดีเอ็นเอ ทำให้สามารถมองเห็นดีเอ็นเอภายใต้แสง UV ได้” ในหัวข้อการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ และผลกระทบที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่แสดงด้วยความเป็นจริงเสริม (AR) อาจเพิ่มกรณีตัวอย่างที่น่าสนใจเพื่อเป็นตัวอย่างเชิงประจักษ์ บางส่วนของเนื้อหาสามารถเพิ่มแหล่งข้อมูลหรือลิงก์ภายนอกเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม ในที่ส่วนของปัญหาเกิดขึ้นในระหว่างการใช้ความเป็นจริงเสริม (AR) พบว่า การแสดงผลในช่วงแรกแสดงขึ้นช้า อีกทั้งครูจำเป็นต้องมีความเข้าใจในวิธีการใช้สื่อพอสมควร นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่า โดยภาพรวมของสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อที่น่าสนใจ เหมาะกับนักเรียนในปัจจุบัน แต่สื่อนี้อาจมีข้อจำกัดในเรื่อง ความพร้อมของนักเรียนด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และความเร็วของอินเทอร์เน็ต

ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
โดยนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	ความคิดเห็น
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	ความเหมาะสมของเนื้อหากับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	4.67	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
1.2	ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในสื่อ	4.40	0.51	เห็นด้วยมาก
1.3	การแบ่งส่วนหรือหมวดหมู่ของเนื้อหา	4.60	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
	รวม	4.53	0.50	เห็นด้วยมากที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ				
2.1	ความเหมาะสมของการใช้สีพื้นหลัง	4.13	0.52	เห็นด้วยมาก
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิก	4.60	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
2.3	ความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิก	3.87	0.64	เห็นด้วยมาก
2.4	ความเหมาะสมของสีและรูปแบบตัวอักษร	4.13	0.52	เห็นด้วยมาก
2.5	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.07	0.59	เห็นด้วยมาก
2.6	ความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	3.13	0.52	เห็นด้วยปานกลาง
2.7	ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนรู้	4.13	0.35	เห็นด้วยมาก
	รวม	4.01	0.66	เห็นด้วยมาก
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้				
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ	4.73	0.46	เห็นด้วยมากที่สุด
3.2	สร้างความเข้าใจในเนื้อหาเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอได้ง่าย	4.40	0.51	เห็นด้วยมาก
3.3	ฝึกทักษะการปฏิบัติใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง	4.13	0.52	เห็นด้วยมาก
	รวม	4.42	0.54	เห็นด้วยมาก
	รวม	4.23	0.64	เห็นด้วยมาก

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นจากการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในภาพรวมพบว่าความคิดเห็นของนักเรียนอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.23, SD = 0.64)

นอกจากนี้ในการประเมินแบบเดี่ยว นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ได้เสนอแนะดังนี้ สื่อตัวอักษรกับสีพื้นหลังบางฉากมีโทนสีเดียวกัน ทำให้เห็นตัวอักษรไม่ค่อยชัดเจน และมีบางฉากในความเป็นจริงเสริม (AR) ที่ไม่คมชัด และในการประเมินแบบกลุ่มเล็ก นักเรียนได้เสนอแนะดังนี้ ในส่วนของความเป็นจริงเสริม (AR) ภาพบางภาพที่แสดงไม่ค่อยคมชัด ในการปรับปรุงอาจปรับให้ภาพคมชัดให้มากขึ้น บางฉากมีตัวอักษรที่มีสีกลมกลืนกับภาพพื้นหลังทำให้อ่านยาก อาจต้องปรับสีตัวอักษรให้เด่นขึ้น ในฉากส่วนใหญ่ของ Marker 5 และ 6 มีข้อความที่เป็นตัวอักษรจำนวนมาก ทำให้ลดความสนใจลง ถ้าหากปรับเป็นรูปภาพที่เกี่ยวข้องกับข้อความและแสดงข้อความให้สั้นลงจะทำให้มีความน่าสนใจมากขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้ความเป็นจริงเสริม (AR) พบว่ามีบางฉากแสดงช้าและบางฉากแสดงวิธีทัศน์ยังไม่จบแต่เกิดการเปลี่ยนไปฉากถัดไป ซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้มีนักเรียนบางส่วนเสนอแนะให้มีใบกิจกรรมบันทึกผลการทดลองจากการนำเสนอผลด้วยความเป็นจริงเสริม (AR) เพื่อไว้ใช้ในการอภิปรายผลการทดลอง

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปประเด็นการอภิปรายผลการวิจัย 2 ประเด็นหลัก ดังนี้

1. ลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการสนทนากลุ่มแบบออนไลน์คิดเห็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ สื่อนี้ 1) ควรมีการอธิบายคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนจดจำและเข้าใจคำศัพท์เฉพาะก่อนจะพบเจอในสื่อการเรียนรู้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Cognitive Theory of Multimedia Learning) ในหลักการออกแบบสื่อที่กล่าวว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมีการให้ความรู้เบื้องต้นก่อนการเรียนรู้เนื้อหาบทเรียน เช่น คำศัพท์สำคัญหรือคำศัพท์เฉพาะ (Mayer, 2009) 2) แสดงขั้นตอนต่าง ๆ เป็นลำดับเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เนื่องจากการนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนและไม่รวดเร็วจนเกินไป ซึ่งเป็นการลดภาระภายนอก (Extraneous cognitive load) ทำให้นักเรียนไม่เกิดภาระการทำงานของสมองที่หนักจนเกินไป ทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ดีขึ้น ตามทฤษฎีภาระการทำงานของสมอง (Cognitive load theory) (Sweller,

2011) และควรมีความใหม่ ส่งเสริมให้นักเรียนอยากเรียนรู้และมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ เช่น การได้จับต้องอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือลงมือปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านทักษะการปฏิบัติ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์ (Cognitive learning theory) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนสามารถเกิดได้จากการลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น (National Research Council, 2006) นอกจากนี้ผู้สนทนาเห็นด้วยกับการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ผสมผสานร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่อง การใช้สื่อดิจิทัลประเภทวีดิทัศน์ผสมผสานการปฏิบัติการทดลองทางอนุชีววิทยา เรื่องการใช้สื่อดิจิทัลประเภทวีดิทัศน์ผสมผสานการปฏิบัติการทดลองทางอนุชีววิทยา ซึ่งพบว่า สื่อการเรียนรู้สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และความเข้าใจ โดยการเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เรียนจากการศึกษาสื่อดิจิทัลที่แสดงเป็นขั้นตอนก่อนที่ผู้เรียนจะลงมือปฏิบัติการทดลอง (Truebano & Munn, 2015) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ศึกษาการเรียนในโมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนโดยใช้สื่อดิจิทัลประเภทความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) ผสมผสานกับการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง กล้องจุลทรรศน์และเซลล์ เพื่อแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมโดยใช้รูปภาพช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้และลดภาระการทำงานของสมองของผู้เรียนได้ (Chang & Yu, 2017) จะเห็นได้ว่าการนำความเป็นจริงเสริมผสมผสานร่วมกับชุดทดลอง

วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้และใช้ความเป็นจริงเสริมแสดงเนื้อหาหรือกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า หรือกระบวนการที่ค่อนข้างเข้าใจยาก จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการนำข้อมูลเหล่านี้ไปออกแบบสร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนที่ใช้งานมีความสนใจในการเรียนรู้ เกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ และมีทัศนคติในเรื่องนี้ อีกทั้งครูสามารถนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนตามบริบทของตนเองได้

2. การออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยออกแบบและสร้างให้นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติเสมือนปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้แสดงคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา แสดงกระบวนการที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าผ่านภาพหรือวิดีโอ และข้อความประกอบ และแสดงคำถามชวนคิดระหว่างใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ดังทฤษฎีการเรียนรู้ทางพุทธิปัญญาของบรูเนอร์ (Cognitive learning theory) เชื่อว่าเทคโนโลยีสามารถช่วยให้นักเรียนเติบโตขึ้น เพื่อจัดการลักษณะของสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน จากการสร้างแบบจำลองผ่านการกระทำ จินตนาการ และภาษาหรือสัญลักษณ์ อีกทั้งบรูเนอร์แนะนำให้ให้นักเรียนเป็นนักแก้ปัญหาที่กระตือรือร้นที่พร้อมจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ค้นพบโครงสร้าง แนวคิดหรือทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้เห็นถึงความสำคัญกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ (National Research Council, 2006) ดังนั้น ชุดทดลองวิทยาศาสตร์เป็นการจำลองกิจกรรมในห้องปฏิบัติการจริงเพื่อความสะดวกสายนั่นต้องการให้นักเรียนมีโอกาสเลือกและค้นพบสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยลักษณะของชุดทดลองควรทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ เกิดการเรียนรู้ด้วยภาพ และภาษาหรือสัญลักษณ์ ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นสิ่งที่พัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน และการออกแบบในส่วน of ความเป็นจริงเสริมนั้น ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Mayer, 2009) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการสร้างกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์จากคำและรูปภาพ

ประกอบด้วยหลักการออกแบบสื่อมัลติมีเดียทั้ง 3 หมวด 12 หลักการ ซึ่งเป็นหลักการที่อธิบายถึงลักษณะของสื่อมัลติมีเดียที่ดีและสามารถนำไปใช้ได้ง่าย เช่น ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียมีภาพ ไม่มีข้อความและเสียงที่ไม่เกี่ยวข้องกับบทเรียนปรากฏอยู่หรือผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีขึ้นเมื่อสื่อมัลติมีเดียนำเสนอภาพและข้อความที่เกี่ยวข้องกันพร้อม ๆ กัน ดังนั้นการนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของชุดทดลองวิทยาศาสตร์ผสมผสานความเป็นจริงเสริมมาใช้กับนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการรับรู้ในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านการเรียนรู้จากภาพและคำ รวมถึงการลงมือปฏิบัติ

การประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.41, SD = 0.58) และอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.23, SD = 0.64) ซึ่งสอดคล้องกับของวิจัยเรื่องการสร้างสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านแอปพลิเคชันในระบบ Android ในรูปแบบห้องปฏิบัติการจำลอง ซึ่งสื่อการเรียนรู้ของงานวิจัยนี้ที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.90 (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 78 ขึ้นไป ดังนั้นสื่อการเรียนรู้สามารถใช้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาได้ (Astra et al., 2015) เช่นเดียวกับงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบโต้ตอบโดยใช้ Autoplay Studio 8 สำหรับเรื่องสารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซึ่งสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้รับการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมากกว่าร้อยละ 92.33 ซึ่งสรุปได้ว่าสื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมที่พร้อมนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้จริง (Fitriani et al., 2020) โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมีประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหาได้คะแนนเฉลี่ยรวมสูงสุดจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน เนื่องจากความคิดเห็นของผู้ประเมินเห็นด้วยมากที่สุดในส่วน of เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

และการแบ่งส่วนของเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีภาระการทำงานของสมองและทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่าการออกแบบสื่อการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและนำไปใช้กับผู้เรียนควรมีการออกแบบและแบ่งส่วนการนำเสนอของเนื้อหาเป็นส่วน ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะปริมาณข้อมูลเกินขีดจำกัดจากกระบวนการทางปัญญาภายใน (Mayer, 2009; Sweller, 2011) 2) ด้านการออกแบบสื่อในหัวข้อความซับซ้อนในการใช้งานสื่อ นักเรียนมีความคิดเห็นในระดับปานกลาง เนื่องจากนักเรียนในปัจจุบันอาจคุ้นเคยกับสื่อประเภทความเป็นจริงเสริม (AR) จึงอาจมีความคิดเห็นว่าการซับซ้อนของสื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้มีความซับซ้อนไม่มากนักและความชัดเจนของภาพประกอบหรือกราฟิกที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าหัวข้ออื่น เนื่องจากมีบางส่วนของฉากในความเป็นจริงเสริม (AR) สีสันตัวอักษรกับสีพื้นหลังบางฉากมีโทนสีเดียวกัน ทำให้เห็นตัวอักษรไม่ค่อยชัดเจน และมีบางฉากอาจไม่คมชัด ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุง เนื่องจากกระบวนการทางปัญญาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายของสื่อ ซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบสื่อที่ไม่มีประสิทธิภาพ เช่น ภาพที่ไม่คมชัด จึงควรลดกระบวนการทางปัญญานอกตามทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านสื่อมัลติมีเดีย (Mayer, 2009) และ 3) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ในหัวข้อความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของสื่อ ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน เนื่องจากมีข้อเสนอแนะว่ากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสื่อมีน่าสนใจเหมาะกับนักเรียนในปัจจุบัน ดังนั้นสื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านประสบการณ์เรียน เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จึงมีคุณภาพและสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ได้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้จำเป็นต้องใช้สมาร์ตโฟนที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ในการแสดงความเป็นจริงเสริม ดังนั้น การนำสื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้ไปใช้ ครูควรเตรียมการล่วงหน้า โดยการศึกษาคู่มือและลองใช้สื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง รวมถึงก่อนนำไปใช้ต้องแจ้งให้นักเรียนทราบว่าต้องเตรียมสมาร์ตโฟน เพื่อจะช่วยประหยัดเวลาในการจัดการเรียนรู้

1.2 ครูผู้สอนสามารถนำสื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับบริบทของชั้นเรียน เช่น ครูสามารถใช้สื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้โดยการสาธิต หรือให้นักเรียนใช้แบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่ม เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาให้กับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำหัวข้ออื่น ๆ หรือตัวอย่างที่ทันสมัยและหลากหลายในเรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพิ่มเติมในสื่อวีดิทัศน์การเรียนรู้ชีววิทยาผสมผสานความเป็นจริงเสริม เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 อาจนำเทคโนโลยีเสมือนจริงที่มีความทันสมัยมากขึ้น เช่น Virtual reality (VR) หรือ Mixed reality (MR) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับชุดทดลองวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หรือเนื้อหาชีววิทยาเรื่องอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกับบริบทจริงและการทดลองในห้องปฏิบัติการมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- คณะกรรมการเทคนิคด้านความปลอดภัยทางชีวภาพศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. (2559). *แนวทางปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยทางชีวภาพสำหรับการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพสมัยใหม่*. กรุงเทพฯ: บริษัท พี.เอ.ลีฟวิ่ง จำกัด.
- ณัฐญา นาคะสันต์ และศุภรางค์ เรืองวานิช. (2559). Augmented Reality: เติมชีวิตให้สื่อสิ่งพิมพ์ทางการศึกษา; Augmented Reality: Bringing Life to Educational Publications. *ROMPHRUEK JOURNAL*, 34(2), 3-50.
- ธนบดี อินหาดกรวด. (2560). การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยโมโนคัลเจอร์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2555). *สาระสำคัญของกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพของประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2564)*. กรุงเทพฯ: เพนไท พับลิชชิง.
- สุนัดดา โยมญาติ. (2558). สื่อการสอน เรื่อง พันธุศาสตร์ระดับโมเลกุลและพันธุวิศวกรรมศาสตร์การโคลนนิ่ง. *นิตยสาร สสวท.*, 197(44), 3-7.
- Asikin, N., and 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., and 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.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., and Hansell, M. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), 84-86.
- Cerrato, A., Siano, G., and 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., and Yu, Z.S. (2017). *Application of Augmented Reality technology to promote interactive learning*. Paper presented at the 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI).
- Fitriani, O., Susilawati, S., and 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.
- Goldschmidt, M., and 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.

- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). United Kingdom: Cambridge University Press.
- National Research Council. (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. National Academies Press.
- Orhan, T. Y., and Sahin, N. (2018). The impact of innovative teaching approaches on biotechnology knowledge and laboratory experiences of science teachers. *Education Sciences*, 8(4), 213.
- Osman, E., BouJaoude, S., and 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.
- Qalbina, P., and Ahda, Y. (2019). *Characteristics of biotechnology learning materials generally used by biology education students in Padang City*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Sugiyono, M. (2015). *Penelitian & pengembangan (Research and Development / R&D)*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76): Elsevier.
- Truebano, M., and 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.
- Yang, C., Jen, C.H., Chang, C.Y., and 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.