

Chulalongkorn University

Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2024

การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อ ส่งเสริมบัณฑิตทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย

เสาวนิตย์ กิจเจริญชัย
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd>

 Part of the [Science and Mathematics Education Commons](#)

Recommended Citation

กิจเจริญชัย, เสาวนิตย์, "การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมบัณฑิตทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย" (2024). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 12192.

<https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/12192>

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
เพื่อส่งเสริมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย



นางสาวเสาวนิตย์ กิจเจริญปัญญา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2567

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE LEARNING MEDIA WITH AUGMENTED REALITY
TECHNOLOGY TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS OF UPPER SECONDARY STUDENTS



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 2024

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความ
	เป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ของ
	นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวเสาวนิตย์ กิจเจริญปัญญา
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญดา ลิ้มพานนท์ พรหมรัตน์)

เสาวนิตย์ กิจเจริญปัญญา : การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE LEARNING MEDIA WITH AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS OF UPPER SECONDARY STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สายรุ้ง ชวาลสุภา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยและพัฒนา (Research and development, R&D) กลุ่มเป้าหมายหลักในงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ครูสอนเคมีและครูสอนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 6 ท่าน 2) ผู้ประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์เรียนเรื่อง ลิพิด มาแล้ว จำนวน 15 คน และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบบันทึกสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนา เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม 3) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ 4) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 2 ระดับ ซึ่งตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามชนิดปรนัย และตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยหรือเขียนอธิบายคำตอบที่เลือกตอบในตอนต้นที่ 1 และ 5) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า การประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 (SD = 0.41) และ 4.52 (SD = 0.58) ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด และประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ พบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ($p < .05$), 2) ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 0.5112 หรือช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ได้ ร้อยละ 51.12, 3) จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 70.83-87.50 และ 4) ความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 (SD = 0.69) จัดอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเป็นจริงเสริมมีประสิทธิภาพในการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้รับการสนับสนุนจากทั้งผู้ประเมินและผู้เรียน

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6480130227 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Innovative learning media, Augmented reality technology, Scientific concepts
 Saovanit Kitcharoenpanya : DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE LEARNING MEDIA WITH
 AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY TO ENHANCE SCIENTIFIC CONCEPTS OF UPPER
 SECONDARY STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. Sairoong Saowsupa, Ph.D.

This study aimed to develop innovative learning tools using augmented reality (AR) technology to enhance understanding of lipid-related scientific concepts among upper secondary students. Employing a research and development (R&D) approach, the research engaged three key groups: 1) Six chemistry and biology teachers from upper secondary levels as informants, 2) Three content experts and learning media technicians as evaluators of the innovative learning media, along with fifteen 11th-grade students with prior lipid learning experience, and 3) A 10th grade classroom as participants. Research instruments included: 1) A structured online interview form to capture foundational information and characteristics of the AR-based learning media, 2) The AR-based Innovative Learning Media itself, 3) Evaluation of the media's suitability and consistency using a 5-level rating scale, 4) A science concept test comprising two-tier multiple-choice questions and subjective explanations for selected answers, and 5) A satisfaction questionnaire utilizing a 5-level rating scale. Results indicated high approval from both experts (average score 4.73, SD = 0.41) and students (average score 4.52, SD = 0.58) regarding the effectiveness of the AR learning media: 1) The mean score of scientific concept on lipid of students after learning was significantly higher than before learning at the statistical level of 0.5 ($p < .05$), 2) An effectiveness index (E.I.) of 0.5112 demonstrated a notable 51.12% increase in understanding of lipid concepts, 3) The number of students with an increased level of lipid concepts is 70.83-87.50% and 4) Student satisfaction with the innovative learning media was notably high, averaging 4.35 (SD = 0.69). This research underscores the efficacy of AR technology in improving lipid concept comprehension among upper secondary students, with strong endorsement from both evaluators and learners alike.

Field of Study: Science Education

Student's Signature

Academic Year: 2024

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และให้การดูแลเป็นอย่างดี ตลอดจนให้คำปรึกษาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ระหว่างดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีณดา ปรีณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำ ตลอดจนข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ อาจารย์ ดร.ชุตีวัฒน์ สุวดีพิงศ์ อาจารย์ ดร.รัตมา รัตนวงศา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ กรณีกิจ และรองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี รมพยอม วิชัยดิษฐ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณครอบครัว บิดา มารดาเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งให้การสนับสนุนในทุกด้านและให้กำลังใจกับผู้วิจัยตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบความดีที่วิทยานิพนธ์นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาทุกท่านในอนาคต

เสาวนิตย์ กิจเจริญปัญญา

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
2. คำถามวิจัย.....	5
3. วัตถุประสงค์การวิจัย.....	5
4. สมมติฐานการวิจัย.....	5
5. ขอบเขตการวิจัย.....	6
5.1 กลุ่มเป้าหมาย.....	6
5.2 ตัวแปรที่ศึกษา.....	7
5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	7
5.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	7
6. คำจำกัดความวิจัย	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
1. เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality).....	10

1.1 ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	10
1.2 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	12
1.3 แนวคิดและหลักการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	14
1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม	17
1.5 แนวทางการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน	23
1.6 แนวทางการประเมินประสิทธิภาพสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม	24
2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	27
2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	27
2.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลิพิด	27
2.3 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	34
2.4 การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	36
2.5 แนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	38
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ลิพิด	40
3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	41
3.3 งานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	44
3.4 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้	48
4. กรอบแนวคิดการวิจัย	50
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	51
ขั้นที่ 1 ศึกษาความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด	53
1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย	53
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	53
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	54

4. การวิเคราะห์ข้อมูล	55
ขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด	55
1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย.....	55
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	61
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	62
ขั้นที่ 3 นำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ	63
1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย.....	63
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	63
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	67
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	68
ขั้นที่ 4 ปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด.....	69
1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย.....	69
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	69
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล	69
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	69
5. เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเกณฑ์พิจารณาให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยออกจากโครงการ.....	70
5.1 เกณฑ์การคัดเข้า.....	70
5.2 เกณฑ์การคัดออก	70
6. วิธีการพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย	71
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
ประเด็นที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด	73

ประเด็นที่ 2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้	75
ประเด็นที่ 3 ผลการวิเคราะห์การนำเสนอวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไป ทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ	84
ประเด็นที่ 4 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้.....	101
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	103
1. สรุปผลการวิจัย	104
2. อภิปรายผลการวิจัย	105
3. ข้อเสนอแนะ	114
บรรณานุกรม.....	116
ภาคผนวก.....	123
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ	124
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	126
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	159
ประวัติผู้เขียน	173

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	15
ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้และสาระสำคัญเรื่อง ลิพิด สาระชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	28
ตารางที่ 3 ผลการเรียนรู้เรื่อง ลิพิด จากหนังสือเรียนวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ.....	29
ตารางที่ 4 มโนทัศน์เรื่อง ลิพิด จากหนังสือเรียนวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ	30
ตารางที่ 5 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ลิพิด	31
ตารางที่ 6 การออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	58
ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์.....	64
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ.....	80
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียน.....	83
ตารางที่ 10 คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียน	85
ตารางที่ 11 คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล	86
ตารางที่ 12 จำนวนและร้อยละคำตอบของนักเรียนที่ระดับมโนทัศน์ต่าง ๆ เรื่อง ลิพิด หลังเรียน....	87
ตารางที่ 13 สรุปภาพรวมการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จำแนกตามข้อคำถาม (N=24 คน).....	99
ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4	100

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 หลักการของเทคโนโลยี AR จาก Azuma (2001).....	18
ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบความเป็นจริงเสริมอย่างง่าย จาก Siltanen (2012)	20
ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย	50
ภาพที่ 4 ภาพรวมของขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม.....	52
ภาพที่ 5 สรุปการดำเนินการวิจัย	72
ภาพที่ 6 แบบร่างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR เรื่อง ลิพิด	75
ภาพที่ 7 การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR โดยใช้โปรแกรม Unity 3D..	77
ภาพที่ 8 โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับแก้ไขและปรับแต่งโค้ด.....	78
ภาพที่ 9 โปรแกรม Xcode สำหรับกำหนดค่าและสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ขึ้นบน App Store	79
ภาพที่ 10 สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด.....	79
ภาพที่ 11 ตัวอย่าง AR Maker สำหรับใช้สแกนภาพสามมิติ	102
ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง.....	108
ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน	109
ภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	112

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ในโลกศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีเข้ามาปฏิวัติวงการการศึกษา เมื่อเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ครูผู้สอนสามารถถ่ายทอดความรู้ได้ง่ายขึ้นและช่วยให้กระบวนการสอนเป็นไปอย่างสนุกสนาน (Raja and Nagasubramani, 2018) การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ทางการศึกษานับว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนามนุษย์และประเทศชาติ เนื่องจากการศึกษาเป็นรากฐานของชีวิตสามารถสร้างคุณลักษณะของความเป็นประชากรที่มีคุณภาพ และสร้างประโยชน์ให้กับสังคม (กัญกร เอี่ยมพญา และคณะ, 2564) อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ยังมุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งถือเป็น 1 ใน 5 สมรรถนะที่สำคัญของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต และโปรแกรมสำหรับพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลง กระทรวงศึกษาธิการจึงสนับสนุนให้สถานศึกษาใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้นี้มากขึ้น โดยเฉพาะในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะด้านต่าง ๆ ของนักเรียน อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าและเรียนรู้ได้ด้วยตนเองมากขึ้น (ณัฐญา นาคะสันต์และ ศุภรางค์ เรืองวานิช, 2559; ทวีศักดิ์ จินตานุรักษ์, 2559)

จากความสำคัญของเทคโนโลยีทางการศึกษาข้างต้น นอกจากเทคโนโลยีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้แล้ว เทคโนโลยียังช่วยผู้สอนในการวางแผนการเรียนการสอน จัดทำใบความรู้หรือเอกสารมอบหมายงานให้กับนักเรียน สร้างแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดออนไลน์เพื่อวัดประเมินผลนักเรียน และใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามความก้าวหน้าและพฤติกรรมของนักเรียน เพื่อช่วยให้ผู้สอนสามารถปรับวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพมาก (คณะกรรมการการจัดการความรู้, 2563) เทคโนโลยีสำหรับการจัดการเรียนรู้นี้มีการคิดค้นและพัฒนานวัตกรรมรูปแบบใหม่ ๆ อยู่เสมอ เพื่อนำเสนอข้อมูลที่ต้องการในรูปแบบใหม่ที่ต่างไปจากเดิม อันได้แก่ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) หรือ “เทคโนโลยี AR” เป็นเทคโนโลยีที่ผสานโลกของความจริงเข้ากับโลกเสมือน ซึ่งช่วยให้สามารถมองเห็นภาพสามมิติที่มีลักษณะเสมือนจริงผ่านกล้องของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต ที่มีแอปพลิเคชันของเนื้อหาต่าง ๆ โดยภาพสามมิติที่

ปรากฏสามารถหมุนได้ 360 องศา พร้อมมีคำอธิบายประกอบ (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) อย่างไรก็ตาม หากสื่ออนวัตกรรมการได้รับการออกแบบพัฒนาที่ดีก็จะสามารถสร้างความเข้าใจในบทเรียนต่าง ๆ ที่ต้องการนำเสนอให้กับนักเรียนได้อย่างถูกต้อง (สุนทรี มนต์ศรี และ ทนงศักดิ์ โสวัจสสตากุล, 2562)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้โดยนำความเป็นจริงเสริมมาใช้เป็นสื่อประกอบหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งเน้นการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และการนำไปใช้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยี AR เพื่อเสริมความเข้าใจในเนื้อหาที่เข้าใจได้ยาก ทำให้เรียนรู้ได้ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจ ก่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) นอกจากนี้ ความเป็นจริงเสริมยังช่วยลดข้อจำกัดของการใช้สื่อรูปแบบเดิม ๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบทางเดียวและมีการนำเสนอภาพประกอบในรูปแบบสองมิติ อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมทั้งหมดได้ โดยเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่วนใหญ่เนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรมและซับซ้อน เช่น โครงสร้างโมเลกุล องค์ประกอบและสมบัติทางเคมี ดังนั้นการนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนจึงช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อีกแนวทางหนึ่ง โดยประเภทของความเป็นจริงเสริมที่นิยมใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ Maker-Based เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ภาพแทนวัตถุหรือสัญลักษณ์สำหรับแสดงเนื้อหา AR ความเป็นจริงเสริมประเภทนี้ อาจอยู่ในรูปแบบของกระดาษหรือ QR code สามารถใช้งานได้ง่าย มีราคาถูก มีความแม่นยำสูง การพัฒนาระบบไม่ซับซ้อน และสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปและอุปกรณ์บนมือถือ จึงนิยมนำความเป็นจริงเสริมประเภทนี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ความเป็นจริงเสริมก็มีข้อจำกัดในการออกแบบที่จำเป็นต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดีในการออกแบบเนื้อหา เทคนิค กำลังการประมวลผล และความละเอียดของภาพ (Cheng et al., 2017; ศิริรัตน์ พริกสี, 2556; ญัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช, 2559; นิติคุณ ยุกตะนันท์, 2562)

การศึกษาด้านชีวเคมีเป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระดับโมเลกุล เพื่อตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีภายในสิ่งมีชีวิต หรือที่เรียกว่า ชีวโมเลกุล และตรวจสอบกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เช่น การลดขนาดสารอาหารและเปลี่ยนรูปเป็นพลังงาน การสลาย และการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลต่าง ๆ เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก ไขมัน และ

ฮอร์โมน (Vennesland, 2024) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าชีวเคมีเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถสังเกตได้ทั้งหมด จึงยากต่อการเรียนรู้และการทำความเข้าใจของนักเรียน อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่จะพึ่งพาการท่องจำระยะสั้นแทนที่จะเรียนรู้เนื้อหาด้วยความเข้าใจ จึงมักชอบเรียนด้วยวิธีการบรรยายเป็นหลัก (Anderson et al., 2005) ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลให้เกิดปัญหาการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ โดยเฉพาะ เรื่อง สารชีวโมเลกุล หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ซึ่งในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ได้ปรากฏเนื้อหา เรื่อง สารชีวโมเลกุล ในสาระเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 แต่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่ใช้ในปัจจุบัน ได้มีการปรับให้เนื้อหา เรื่อง สารชีวโมเลกุล จัดการเรียนรู้ในสาระชีววิทยา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเนื้อหา เรื่อง ลิพิด ส่วนใหญ่กล่าวถึงชนิดและโครงสร้างทางเคมี ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม อาจทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาดังกล่าว และนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เช่น เรื่องสมบัติและปฏิกิริยาของลิพิด (อารยาวัฒนกุล และคณะ, 2559) นอกจากนี้เนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุลยังมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาเรื่องเคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แต่ครูผู้สอนเป็นครูชีววิทยาซึ่งอาจขาดความรู้พื้นฐานเชิงเคมีที่เพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนอาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาดังกล่าวได้

จากการศึกษางานวิจัยของ กมลนุช ไชยมีขมิ้ม และ เสนอ ชัยรัมย์ (2557) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า คำตอบของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและความเข้าใจผิดเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุล ในหัวข้อ ลิพิด พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด ดังนี้ จากข้อคำถามในระดับวิเคราะห์ โดยกำหนดสูตรโมเลกุลของกรดไขมันมาให้ 4 ชนิด ได้แก่ กรดไขมัน A มีสูตรโมเลกุล $C_{17}H_{35}COOH$ กรดไขมัน B มีสูตรโมเลกุล $C_{15}H_{31}COOH$ กรดไขมัน C มีสูตรโมเลกุล $C_{13}H_{27}COOH$ และกรดไขมัน D มีสูตรโมเลกุล $C_{11}H_{23}COOH$ จากนั้นให้นักเรียนเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจากน้อยไปมาก พร้อมกับเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเรียงลำดับจุดหลอมเหลวได้ถูกต้อง แต่การเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบยังเป็นเหตุผลในขั้นพื้นฐานเท่านั้น ยังไม่สามารถอธิบายได้ตามมโนทัศน์ที่ถูกต้องทั้งหมด ตัวอย่างเหตุผลที่นักเรียนเขียนคำอธิบาย เช่น “ถ้าจำนวนคาร์บอนน้อยก็จะทำให้จุดหลอมเหลวของไขมันน้อย แต่ถ้าจำนวนคาร์บอนมากจุดหลอมเหลวของไขมันก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย” จากข้อความนี้แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติของลิพิดถูกต้องเพียงบางส่วน เนื่องจากจุดหลอมเหลวของไขมันไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับระดับความไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมันด้วย

จากปัญหาการเรียนรู้ดังกล่าว จึงได้มีการใช้กลยุทธ์ทางการศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ เรื่อง ลิพิด ซึ่งกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ได้แก่ การใช้สื่อสามมิติและสามารถโต้ตอบได้ สำหรับใช้จำลองโมเลกุลเพื่อแสดงภาพโครงสร้างทางเคมี หรือจำลองกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใน (Qian and Lehman, 2017) โดย Peterson et al. (2020) ได้พัฒนาบทเรียนการสอนโครงสร้างทางชีวโมเลกุล โดยใช้ความเป็นจริงเสริมนำเสนอภาพโครงสร้างสามมิติที่ซับซ้อนของโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน และ DNA โดยใช้ Microsoft HoloLens ซึ่งเป็นแว่นที่ใช้ในการสร้างภาพความเป็นจริงเสริม ทำให้นักเรียนเห็นโครงสร้างสามมิติของโมเลกุลโปรตีน และ DNA ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น อีกทั้งนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับสื่อ และ Peterson ยังได้พัฒนาแบบฝึกหัดความเป็นจริงเสริม เพื่อช่วยทบทวนแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนและโครงสร้าง DNA ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างทางชีวโมเลกุลมากขึ้นหลังจากการทำแบบฝึกหัดความเป็นจริงเสริม อย่างไรก็ตาม สื่อความเป็นจริงเสริมนี้อาจมีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้แว่น Microsoft HoloLens ในการสร้างภาพเสมือนจริง และมีราคาของโปรแกรมในการพัฒนาค่อนข้างสูง รวมถึงเนื้อหาบทเรียนที่มีการนำเสนอเฉพาะโครงสร้างของโปรตีน และ DNA ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์หรือสาระการเรียนรู้ตามที่ต้องการ อีกทั้งสื่อที่พบในการจัดการเรียนการสอนสำหรับเนื้อหา เรื่อง ลิพิด พบว่า มีการใช้สื่อรูปแบบเดิม ๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวีดิทัศน์ และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีข้อจำกัดด้านการนำเสนอภาพในรูปแบบสองมิติ และเป็นการเรียนรู้แบบทางเดียว นอกจากนี้ยังไม่พบงานวิจัยในประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมในเนื้อหาบทเรียน เรื่อง ลิพิด โดยเฉพาะ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวคิดในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาการเรียนรู้และส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนสำหรับเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม อันได้แก่ ลักษณะโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ให้เป็นเนื้อหาที่มีความเป็นรูปธรรมเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น ด้วยการใช้ความเป็นจริงเสริมที่มีการนำเสนอภาพเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติ ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถใช้สื่อซ้ำ ๆ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจได้อย่างไม่จำกัด

และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ อีกทั้งนักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้นี้จะช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และเป็นทางเลือกสำหรับผู้สอนในการนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไปได้

2. คำถามวิจัย

1. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่ อย่างไร

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และมีวัตถุประสงค์เฉพาะของการวิจัยตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and development, R & D) ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. เพื่อศึกษาข้อมูลและความต้องการพื้นฐานเกี่ยวกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด (วิจัยระยะที่ 1; Research 1)
2. เพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนนำไปทดลองใช้ (พัฒนาระยะที่ 1; Development 1)
3. เพื่อทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และประเมินความพึงพอใจหลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม (วิจัยระยะที่ 2; Research 2)
4. เพื่อปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (พัฒนาระยะที่ 2; Development 2)

4. สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยของ อธิษฐ์ เชิญขวัญชัย และ ธนดล ภูสีฤทธิ์ (2563) และ สุภาวดี บินดีโตวา และ สัญชัย พัฒนสิทธิ์ (2565) ที่มีการประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริมในการจัดการเรียนรู้

พบว่า สื่อความเป็นจริงเสริมมีค่าดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5971 และ 0.76 แสดงให้เห็นว่าความเป็นจริงเสริมช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจำนวนร้อยละ 59.71 และ ร้อยละ 76 ตามลำดับ จึงนำไปสู่การกำหนดสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม โดยจำนวนนักเรียนมีระดับโน้ตทัศน์ที่เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด
2. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

5. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย สามารถแบ่งตามวิธีการดำเนินการวิจัย ได้ดังนี้

กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลและความต้องการพื้นฐานเกี่ยวกับสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์การสอน เรื่อง ลิพิด สารเคมี ตามหลักสูตรเดิมของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 อย่างน้อย 5 ปี และครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์การสอน เรื่อง ลิพิด สารชีววิทยา ตามหลักสูตรใหม่ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) อย่างน้อย 5 ปี ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 2 ขึ้นออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยผ่านการเรียน เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 15 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

กลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 3 ชี้นำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจหลังจากใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ณ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการ
อุดมศึกษา จำนวน 1 ห้องเรียน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอน
ปลาย หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้ได้กำหนดเนื้อหาที่นำมาใช้ในการสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม
ได้แก่ เนื้อหา เรื่อง ลิพิด รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 ตามตัวชี้วัดและ
สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ครอบคลุมหัวข้อดังนี้
1) โครงสร้างทางเคมีของลิพิด และ 2) สมบัติของลิพิด ซึ่งสมบัติของลิพิด ประกอบด้วย
จุดหลอมเหลว จุดแข็งตัว ความอิมตัวและไม่อิมตัว และการเหม็นหืน

5.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ พฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2567

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567

6. คำจำกัดความวิจัย

คำจำกัดความของคำเฉพาะในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดไว้ดังนี้

1. สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม หมายถึง สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือน เรื่อง ลิพิด ทำให้เห็นภาพวัตถุในรูปแบบสามมิติซึ่งเกิดขึ้นจริงบนสภาพแวดล้อมจริง ถ่ายทอดผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับสื่อได้ตามเวลาจริง

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด หมายถึง คำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจเรื่อง ลิพิด ประกอบด้วย โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด สามารถวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Marek et al., 1990) เรื่อง ลิพิด โดยแบ่งระดับมโนทัศน์ของนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1) ระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น หมายถึง มโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

2.2) ระดับมโนทัศน์ที่ลดลง หมายถึง มโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ลดลงจากก่อนเรียน

2.3) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้

3. ประสิทธิภาพสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ตัวบ่งชี้ขอบเขต ผลสำเร็จ หรือ ประสิทธิภาพสูงสุดของสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ พิจารณาจากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index, E.I.) ซึ่งพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ (Goodman, 1980)

นอกจากนี้ประสิทธิภาพของสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ ยังพิจารณาจาก

3.1) คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3.2) จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 60

3.3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) และ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR)

- 1.1 ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
- 1.2 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
- 1.3 แนวคิดและหลักการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
- 1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมความเป็นจริงเสริม
- 1.5 แนวทางการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน
- 1.6 แนวทางการประเมินประสิทธิภาพสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

- 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด
- 2.3 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2.4 การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2.5 แนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ลิพิด
- 3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
- 3.3 งานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 3.4 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality)

1.1 ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ความหมายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Augmented Reality (AR) หรือเรียกว่า เทคโนโลยี AR มีนักวิชาการหลายท่านกล่าวถึงความหมายไว้ ดังนี้

Azuma (1997) กล่าวว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำผู้ใช้งานเข้าสู่สภาพแวดล้อมที่สังเคราะห์ขึ้นหรือโลกเสมือน (Virtual Environments) ผสานเข้ากับโลกจริง (Virtual Reality) โดยมีวัตถุเสมือนซ้อนทับหรือประกอบเข้ากับโลกจริงในรูปแบบภาพสามมิติ เช่นเดียวกับ Klopfer and Squire (2008) อธิบายเพิ่มเติมว่า ความเป็นจริงเสริม มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การผสานกันของวัตถุเสมือนและวัตถุจริงในสภาพแวดล้อมจริง 2) มีการโต้ตอบได้ทันที และ 3) การระบุวัตถุเสมือนและวัตถุจริงในรูปแบบสามมิติ ในทำนองเดียวกัน Carmigniani et al. (2011) อธิบายว่า ความเป็นจริงเสริม เป็นการรวมวัตถุเสมือนในสภาวะแวดล้อมเสมือนเข้ากับวัตถุจริงในสภาวะแวดล้อมจริงที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ แสดงผลออกมาในรูปแบบสามมิติ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถรับรู้และโต้ตอบผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ทันที นอกจากนี้ ญัฐยานาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช (2559) ได้อธิบายว่า ความเป็นจริงเสริม เป็นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการแสดงข้อมูลและเนื้อหาแบบดิจิทัล แสดงผลซ้อนทับกับข้อมูลที่เป็นจริง ณ เวลานั้น โดยภาพที่ปรากฏอาจอยู่ในรูปแบบของภาพนิ่ง ภาพสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว ที่อาจมีเสียงประกอบและไม่มีเสียงประกอบ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หมายถึง เทคโนโลยีที่ผสานความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือน ทำให้เห็นภาพวัตถุเสมือนจริงในรูปแบบสามมิติที่เกิดขึ้นจริงบนสภาวะแวดล้อมจริง โดยแสดงผลภาพผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถมีปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบผ่านอุปกรณ์ได้ตามเวลาการใช้งานจริง

ความสำคัญของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมถือเป็นเทคโนโลยีสังคมยุคใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในหลากหลายสาขาวิชา ทั้งในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมความบันเทิง การท่องเที่ยว ตลอดจนด้านการศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

1. ด้านการแพทย์

Silva et al. (2003) ด้านการแพทย์ส่วนใหญ่ นำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการผ่าตัด เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนก่อน ระหว่าง หรือหลังการผ่าตัด และซ่อมการผ่าตัดผ่านผู้ป่วยเสมือนก่อนที่จะทำการผ่าตัดจริง ช่วยให้ศัลยแพทย์สามารถมองเห็นกายวิภาคศาสตร์ภายในที่จำเป็น และสามารถวางแผนการผ่าตัดได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังมีการนำเทคโนโลยีกล้อง Microscope กับความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการศัลยกรรมความงาม เพื่ออำนวยความสะดวกในการผ่าตัดอวัยวะภายในร่างกายที่ยากต่อการเข้าถึง และสามารถช่วยลดความเจ็บปวดหลังการผ่าตัดได้ รวมถึงการนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ถ่ายภาพอัลตราซาวนด์ เพื่อคุณภาพของทารกในครรภ์ภายในท้องของหญิงตั้งครรภ์

2. ด้านอุตสาหกรรมความบันเทิง

Silva et al. (2003) ความเป็นจริงเสริมถูกนำมาใช้ในวงการข่าวสำหรับการรายงานสภาพอากาศ โดยการแสดงภาพแผนที่สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในสตูดิโอ ผ่านหน้าจอ Bluescreen ซึ่งเป็นภาพความเป็นจริงเสริมของแผนที่ที่สร้างด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Chroma-keying และนำความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาเกม ซึ่งช่วยให้ผู้เล่นสามารถสัมผัสสภาพแวดล้อมในเกมได้อย่างสมจริงมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ในอุตสาหกรรมหนังสือ เช่น หนังสือดนตรี AR ซึ่งมีการแสดงภาพเคลื่อนไหวสามมิติ สามารถโต้ตอบผ่านหนังสือ พร้อมด้วยเสียงดนตรีหรือเอฟเฟกต์เสียงต่าง ๆ

3. ด้านการท่องเที่ยว

Yuen et al. (2011) ความเป็นจริงเสริมสามารถนำมาใช้เพื่อเสริมประสบการณ์ในการนำทางในโลกแห่งความเป็นจริงได้ หรือ การใช้ระบบ GPS และการใช้แอปพลิเคชันออนไลน์เพื่อค้นหาตำแหน่งหรือสถานที่ต่าง ๆ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือสมาร์ทโฟน ซึ่งความเป็นจริงเสริมสามารถใช้ข้อมูลค้นหาเกี่ยวกับสถานที่แบบเรียลไทม์และปรากฏภาพสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น ป้ายไฮโล แกรมเสมือน เครื่องหมาย เส้นบอกแนว ลูกศร เพื่อช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถค้นหาตำแหน่งหรือเส้นทางการท่องเที่ยวที่ต้องการได้อย่างแม่นยำและสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

4. ด้านการศึกษา

Yuen et al. (2011) วงการการศึกษามีการนำความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มสภาพแวดล้อม เพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ และช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยเฉพาะวิชาที่นักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงในโลกแห่งความเป็นจริง เช่น

วิทยาศาสตร์และภูมิศาสตร์ หรือสาขาวิชาเฉพาะทาง เช่น แพทยศาสตร์ วิศวกรรม และการบิน ความเป็นจริงเสริมนี้ช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เสมือนจริงผ่านการจำลอง การออกแบบ การทดสอบปฏิบัติ หรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระตามสาขาวิชาที่สนใจ

จากความสำคัญข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความเป็นจริงเสริมถือเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรมบันเทิง ด้านการท่องเที่ยว และด้านการศึกษา การนำความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการเรียนรู้นี้ สามารถช่วยเพิ่มความสนุกสนานให้กับผู้ใช้งานในชีวิตประจำวัน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในด้านการศึกษา ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ช่วยสร้างประสบการณ์ที่ดีในการเรียนรู้ และช่วยลดข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ สารเคมี และความเสี่ยงสำหรับวิชาที่นักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงในโลกแห่งความเป็นจริง จึงนับได้ว่าความเป็นจริงเสริมเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ด้านโดยเฉพาะด้านการศึกษา

1.2 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

Edwards-Stewart et al. (2016) ได้แบ่งประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมออกเป็น 2 หมวดหมู่ ได้แก่ Triggered และ View-Based มีรายละเอียดดังนี้

1. Triggered คือ ลักษณะเริ่มต้นหรือ "ตัวกระตุ้น" ความเป็นจริงเสริม โดยทริกเกอร์อาจเป็น กระดาษหรือวัตถุ (Maker) ประกอบด้วย 4 ประเภท ได้แก่

1.1) Marker-based ประกอบด้วย 2 ประเภท ได้แก่ Marker-based Paper เป็นการใช้ Maker ในรูปแบบกระดาษเพื่อแสดงผลตำแหน่งของวัตถุ และ Marker-based Object เป็นการใช้วัตถุจริงแทนตำแหน่งของ Maker เพื่อแสดงผลตำแหน่งของวัตถุ

1.2) Location-based เป็นข้อมูลบนแผนที่หรือกล้อง GPS ในการระบุตำแหน่งของวัตถุ โดยจะแสดงผลเนื้อหาดิจิทัลตามที่สร้างไว้ อาจอยู่ในรูปแบบสองมิติหรือสามมิติ

1.3) Dynamic Augmentation ความเป็นจริงเสริมเชิงโต้ตอบที่มีความหมายพร้อมการจดจำวัตถุหรือสามารถติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เป็นไปได้

1.4) Complex Augmentation การเพิ่มมุมมองแบบไดนามิกและดึงข้อมูลอินเทอร์เน็ตตามตำแหน่ง Maker หรือการจดจำตำแหน่งของวัตถุ

2. View-Based คือ การเพิ่มแบบดิจิทัลโดยไม่อ้างอิงถึงสิ่งที่อยู่ในมุมมองหรือการเพิ่มมุมมองที่เก็บไว้แบบคงที่ ประกอบด้วย 2 ประเภท ได้แก่

2.1 Indirect Augmentation ภาพแห่งโลกความเป็นจริงเสริมทางอ้อมเพื่อเพิ่มมุมมองอย่างชาญฉลาด มักจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มรูปภาพ แอปพลิเคชันที่อนุญาตให้ผู้ใช้ถ่ายภาพหรือเพิ่มวัตถุอื่น ๆ

2.2 Non-specific Digital Augmentation การเพิ่มตำแหน่งของวัตถุใด ๆ โดยไม่เจาะจงและไม่คำนึงถึงที่ตั้ง ทำให้มุมมองดิจิทัลที่มองเห็นไม่ต้องอ้างอิงถึงสิ่งที่กำลังดูอยู่และผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้ทันที

นอกจากนี้ El Filali and Krit (2019) ได้แบ่งประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมตามลักษณะการใช้งาน ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) Marker-based 2) Marker-less Based 3) Projection-based และ 4) Superimposition-based มีรายละเอียดดังนี้

1. Marker-based เป็นประเภทที่นิยมใช้กันมากที่สุด เป็นการระบุหรือการจดจำด้วยภาพซึ่งต้องใช้วัตถุภาพหรือ Marker ที่สามารถมองเห็นได้และต้องใช้กล้องในการสแกนไปที่วัตถุนั้น ๆ โดยเมื่อสแกนแล้วระบบจะคำนวณตำแหน่งและการวางแนวของวัตถุภาพ เพื่อหาตำแหน่งของเนื้อหา AR ที่ต้องการและแสดงผลภาพในรูปแบบแอนิเมชัน ภาพเคลื่อนไหว หรือโมเดลภาพสามมิติ

2. Marker-less Based หรือ Location-based หรือ Position-based เป็นการระบุตำแหน่งหรือแสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน ที่มีระบบ GPS ในตัวเครื่อง เพื่อแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของผู้ใช้งาน โดยข้อมูลจะกำหนดเนื้อหา AR ตามสถานที่ที่กำหนดไว้ ณ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ความสามารถของความเป็นจริงเสริมประเภทนี้ทำให้สามารถสร้างภาพแผนที่ เส้นทาง และตำแหน่งบริเวณใกล้เคียงได้

3. Projection-based เป็นการฉายแสงสังเคราะห์ไปยังพื้นผิวของวัตถุทางกายภาพ และในบางกรณีจะมีการสร้างปฏิสัมพันธ์กับวัตถุซึ่งสามารถโต้ตอบได้แบบเรียลไทม์ได้ด้วยการสัมผัส ความเป็นจริงเสริมประเภทนี้มีมักพบในภาพยนตร์ไซไฟอย่างเรื่อง Star Wars โดยเป็นการตรวจจับการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับวัตถุทางกายภาพตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ต้องการ

4. Superimposition-based เป็นการใช้วัตถุภาพเสมือนมาแทนที่หรือดัดแปลงลักษณะที่ปรากฏของวัตถุจริง โดยแทนที่ทั้งแบบเต็มหรือแทนที่เพียงแค่บางส่วนก็ได้ ความเป็นจริงเสริมประเภทนี้จะทำงานได้ดีต้องอาศัยระบบการรู้จำภาพวัตถุ หากไม่มีระบบนี้จะไม่สามารถแสดงแนวคิด

หรือเนื้อหา AR ที่ต้องการได้ เช่น แอปพลิเคชันของ IKEA ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเฟอร์นิเจอร์ในแคตตาล็อกมาจำลองตกแต่งห้องภายในบ้าน

จากประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความเป็นจริงเสริมสามารถแบ่งได้เป็น 6 ประเภทภายใต้ 2 หมวดหมู่ ได้แก่ หมวดหมู่ที่ 1 Triggered ประกอบด้วย 1) Marker-based 2) Location-based 3) Dynamic Augmentation และ 4) Complex Augmentation หมวดหมู่ที่ 2 View-Based ได้แก่ 1) Indirect Augmentation และ 2) Non-specific Digital Augmentation และแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน ได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) Marker-based 2) Marker-less Based 3) Projection-based และ 4) Superimposition-based ทั้งนี้ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมขึ้นอยู่กับความต้องการและวัตถุประสงค์การใช้งานของผู้ออกแบบว่าต้องการให้สื่อที่ออกมาเป็นลักษณะอย่างไร

1.3 แนวคิดและหลักการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

Azuma (1997) อธิบายแนวคิดหลักของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม คือ การผสมผสานวัตถุเสมือนซ้อนทับหรือประกอบเข้ากับโลกจริง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถโต้ตอบผ่านสภาพแวดล้อมที่สังเคราะห์ขึ้นได้อย่างสมจริง กระบวนการภายในของความเป็นจริงเสริม ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) คือ การอาศัย Marker เป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนตำแหน่งในการค้นหาภาพที่ได้จากกล้อง แล้วประมวลผลจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูล และรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์ภาพ
2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของ Marker เทียบกับกล้อง
3. กระบวนการสร้างภาพสามมิติ (3D Rendering) คือ การเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้แล้วแสดงผลเป็นภาพเสมือน

กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย (2563) ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งต้องอาศัย Marker-Based เป็นส่วนในการวิเคราะห์ภาพ Marker-Based แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Marker-based AR เป็นการวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker เป็นหลักในการทำงาน และ Marker-less Based AR เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่มีอยู่ในภาพ หลักการทำงานของความเป็นจริงเสริมเริ่มต้นจากการติดตั้งแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อเปิดแอปพลิเคชันโปรแกรมจะสั่งให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เปิดการทำงานของ **กล้อง** เพื่อจับกับ **AR Code** หรือตัว **Marker** ซึ่งใช้ในการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ เพื่อประมวลผลแล้วส่งข้อมูลเข้า

AR Engine ซึ่งเป็นตัวส่งข้อมูลหรือส่วนประมวลผลเพื่อแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากนั้น **Display** จะแสดงภาพที่ประมวลผลได้ในรูปแบบภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ หรือวัตถุดิจิทัลแบบสามมิติ ในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุดิจิทัลหรือเนื้อหาดิจิทัลที่ปรากฏขึ้นได้

นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

นักการศึกษา	ข้อดี	ข้อจำกัด
Carmigniani et al. (2011)	1) ช่วยให้ชีวิตของผู้ใช้งานมีความสะดวกและง่ายขึ้น 2) ช่วยเพิ่มความรู้สึกที่ขาดหายไปของผู้ใช้งานบางคน เช่น ผู้บกพร่องทางการได้ยิน สามารถรับสัญญาณภาพแทนการได้ยิน หรือผู้บกพร่องทางการมองเห็น สามารถรับสัญญาณเสียงแทนการมองเห็น 3) ส่งเสริมการเรียนรู้ และช่วยในการโต้ตอบแบบเรียลไทม์แม้ในระยะไกล	1) ความกังวลด้านความเป็นส่วนตัวและด้านจริยธรรมที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคตเมื่อใช้เทคโนโลยี AR 2) จำเป็นต้องพกพาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตลอดเวลา และต้องใช้ระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อในการใช้งาน 3) ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาค่อนข้างสูง 4) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและปัญหาทางเทคนิคขณะใช้งาน
ณัฐญา นาคะสันต์ และ ศุภรางค์ เรืองวานิช (2559)	1) สามารถสร้างและนำเสนอเนื้อหาได้ง่ายตามความต้องการ 2) สามารถนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ 3) ช่วยพัฒนาหนังสือเรียนซึ่งเป็นสิ่งพิมพ์แบบเดิมให้เป็นหนังสือเรียนยุคใหม่ที่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากขึ้น 4) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้มากขึ้น	1) จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น แท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน สำหรับการใช้งาน 2) ต้องใช้ระบบอินเทอร์เน็ตที่ค่อนข้างเสถียรเพื่อเชื่อมต่อในการใช้งาน

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (ต่อ)

นักการศึกษา	ข้อดี	ข้อจำกัด
สุรินทร์ อุ่นแสง (2559)	1) ลดความเสี่ยงของการฝึกปฏิบัติหรือการฝึกอบรมที่มีความเสี่ยงสูง เช่น การบิน, การแพทย์ และการก่อสร้าง 2) เพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้แก่นักเรียน ทั้งในด้านการฝึกปฏิบัติภายใต้สถานการณ์ที่มีความสมจริงและการเรียนรู้ในลักษณะทฤษฎีเชิงสัมผัสได้ คือ การสัมผัสวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน 3) ลดระยะเวลาในการเดินทางไปยังสถานที่จริงซึ่งอาจอยู่พื้นที่ห่างไกล 4) สามารถจำลองวัตถุหรือโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่มีความสมจริงและแสดงภาพในมุมมองที่หลากหลายซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการออกแบบ	

จากข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมีข้อดี ดังนี้ 1) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน 2) ช่วยให้ชีวิตมีความสะดวก และง่ายขึ้น เช่น ลดระยะเวลาในการเดินทางไปสถานที่จริงซึ่งอยู่ไกล หรือช่วยในการวางแผนการเดินทางต่าง ๆ 3) ช่วยแก้ปัญหาข้อบกพร่องของผู้ใช้งานบางกลุ่ม เช่น ผู้บกพร่องทางการได้ยิน สามารถมองเห็นภาพแทนการได้ยินเสียง 4) ช่วยพัฒนาหนังสือเรียนซึ่งเป็นสื่อสิ่งพิมพ์แบบเดิมให้เป็นหนังสือเรียนยุคใหม่ที่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น และ 5) ลดความเสี่ยงของการฝึกปฏิบัติหรือการฝึกอบรมที่มีความเสี่ยงสูง เช่น งานด้านการบิน การแพทย์ และการก่อสร้าง รวมถึงลดความเสี่ยงของการใช้สารเคมีอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมีในห้องเรียน วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ในขณะที่ข้อจำกัดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีดังนี้ 1) จำเป็นต้อง

ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน ในการใช้งาน 2) ต้องใช้ระบบอินเทอร์เน็ตที่ค่อนข้างเสถียร ในการเชื่อมต่อเพื่อใช้งาน 3) ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบหรือแอปพลิเคชันค่อนข้างมีราคาสูง 4) หากใช้งานเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท โดยเฉพาะกับดวงตาซึ่งต้องจับจ้องวัตถุภาพเป็นเวลานาน และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีของแต่ละบุคคล อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างกัน รวมถึงปัญหาทางด้านเทคนิคที่อาจเกิดขึ้นขณะใช้งาน ดังนั้นผู้สอนจึงจำเป็นต้องอธิบายขั้นตอนการใช้งานอย่างละเอียด และให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้น

1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเป็นจริงเสริม

1) ทฤษฎี AR ของ Ronald Azuma

Azuma et al. (2001) ได้ให้คำจำกัดความของ AR ว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่มีการประกอบเข้าด้วยกันทั้งองค์ประกอบเสมือนจริงและโลกแห่งความจริง โดยพิจารณาจากลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การผสมผสานกันของวัตถุจริงและวัตถุเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง 2) การเกิดปฏิกิริยาเชิงโต้ตอบและตอบสนองได้ทันที และ 3) การรวบรวมวัตถุจริงและวัตถุเสมือนเข้าด้วยกันและแสดงผลในรูปแบบสามมิติ โดยเป้าหมายของความเป็นจริงเสริม คือ การเพิ่มข้อมูลและปรับปรุงมุมมองของผู้ใช้ในสภาพแวดล้อมจริง ดังนั้นเพื่อตอบสนองความท้าทายที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความต้องการสูงสำหรับความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม ความเป็นจริงเสริมนี้จึงเป็นเทคโนโลยีที่แสดงศักยภาพในการช่วยเหลือนักเรียนด้วยสิ่งที่เป็นนามธรรมของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Azuma ได้แยกความแตกต่างของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแสดงผล AR ได้แก่ 1) อุปกรณ์เคลื่อนที่ขนาดพกพา เช่น สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต 2) อุปกรณ์ติดตั้งถาวรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และ 3) จอแสดงผลแบบสวมศีรษะ (Head Mounted Display; HMD) อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เคลื่อนที่ขนาดพกพานับเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากมีราคาไม่แพงและสามารถใช้งานได้ในพื้นที่ ทำให้การใช้ความเป็นจริงเสริมภายในบริบทของโรงเรียนมีราคาที่ย่อมเยาว์ แม้ว่าเทคโนโลยีในการแสดงเนื้อหา AR จะมีความสำคัญ แต่เครื่องมือสำหรับการพัฒนาเนื้อหา AR ก็เป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้ามในบริบทของโรงเรียน เป็นที่แน่ชัดว่าการผลิตเนื้อหา AR จึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเช่นกัน ไม่ว่าจะผลิตโดย

ผู้ผลิต AR มืออาชีพ โดยครูผู้สอนหรือนักเรียนเอง เครื่องมือแต่ละเครื่องมือที่แตกต่างกันนั้นจะช่วยให้ผู้ใช้ที่มีภูมิหลังต่างกัน สามารถใช้เครื่องมือเพื่อเริ่มต้นการผลิต AR ได้ตามความเหมาะสมและตามความต้องการ

แนวคิดในการสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้อาจจะสะท้อนถึงแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจะแสดงผลควบคู่กับอุปกรณ์เพื่อแสดงภาพสามมิติ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะแสดงเนื้อหา AR ที่สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับประสาทสัมผัสของนักเรียน ได้แก่ การได้ยินและการสัมผัส เมื่อนักเรียนมองเห็นหน้าจอผ่านอุปกรณ์ที่เต็มไปด้วยคำและภาพต่าง ๆ สิ่งนี้สะท้อนถึงแนวคิดของนักออกแบบในการเรียนรู้ของมนุษย์ เพื่อให้สามารถออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้อ่านสื่อวัตกรรมการกระทำที่เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายในสภาพแวดล้อมความเป็นจริงเสริม และนักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างสูงสุด



ภาพที่ 1 หลักการของเทคโนโลยี AR จาก Azuma (2001)

หลักการของความเป็นจริงเสริม (ดังภาพที่ 1) เริ่มต้นจากการสร้างองค์ประกอบสภาพแวดล้อมจริง (Real Environment) ผสมผสานความเป็นจริง (Mixed Reality) เข้ากับสภาพแวดล้อมเสมือน (Virtual Environment) ทำให้มองเห็นภาพความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) และเพิ่มความเสมือนจริง (Augmented Virtuality) โดยแสดงผลในรูปแบบสามมิติและสามารถตอบสนองโต้ทันที หรือกล่าวคือ ผู้ใช้งานสามารถโต้ตอบกับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นด้วยวัตถุจริงในโลกจริงได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้และความเข้าใจในสภาพแวดล้อมดังกล่าว การแสดงผลไม่ได้จำกัดว่าจะต้องแสดงผลภาพในรูปแบบของภาพเท่านั้น แต่สามารถแสดงผลในรูปแบบอื่น ๆ ได้ เช่น ทิว ภาพยนตร์ ภาพถ่าย งานพิมพ์ รวมถึงการใช้เสียงและการสัมผัส

การแสดงผล (Display) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของ Azuma สามารถจัดประเภทการแสดงผลสำหรับการเรียนรู้ในบริบทที่ผสมผสานสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมเสมือน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การแสดงผลแบบสวมศีรษะ (Head-Worn Displays; HWD) 2) การ

แสดงผลด้วยอุปกรณ์ขนาดพกพา (Handheld) และ 3) การแสดงผลแบบฉายภาพ (Projective) มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 การแสดงผลแบบสวมศีรษะ (Head-Worn Displays; HWD)

HWD เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการสร้างภาพความเป็นจริงเสริม โดยติดตั้งจอแสดงผลประเภทนี้ไว้บนศีรษะ HWD มี 2 ประเภท ได้แก่ การมองผ่านด้วยแสง (Optical See-Through) และการมองผ่านด้วยวิดีโอ (Video See-Through)

1.2 การแสดงผลด้วยอุปกรณ์ขนาดพกพา (Handheld)

การแสดงผลด้วยอุปกรณ์ขนาดพกพา ระบบ AR บางระบบใช้จอ LCD จอแบนแบบมือถือ ซึ่งใช้กล้องที่ติดอยู่เพื่อให้เสริมการมองเห็นผ่านวิดีโอ โดยจอแสดงผลแบบพกพาจะทำหน้าที่คล้ายกับแว่นขยายที่แสดงภาพวัตถุจริงด้วยการซ้อนทับภาพความจริงเสริม

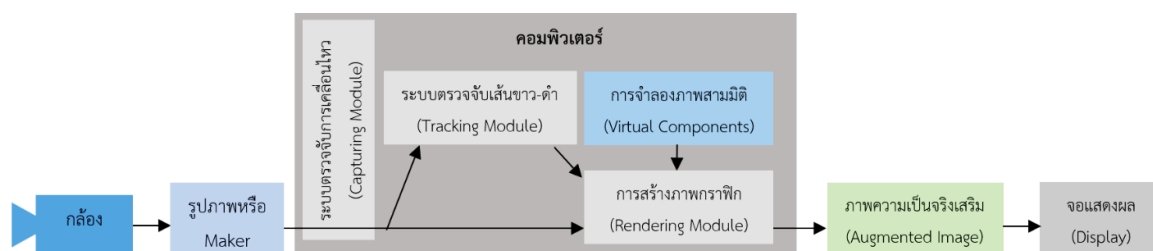
1.3 การแสดงผลแบบฉายภาพ (Projective)

การแสดงผลนี้ ภาพเสมือนที่ต้องการจะถูกฉายโดยตรงบนวัตถุทางกายภาพเพื่อเสริมความเป็นจริง โดยส่วนของภาพเสมือนหรือภาพความเป็นจริงเสริมจะมีขนาดใกล้เคียงกับพื้นผิววัตถุที่ฉายและฉายผ่านจอโปรเจกเตอร์ที่ติดตั้งในห้อง

จากทฤษฎี AR ของ Azuma (2001) ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ความเป็นจริงเสริมที่ได้พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาข้อจำกัด 3 ประการ ได้แก่ 1) การผสมผสานระหว่างวัตถุจริงและวัตถุเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง 2) การเกิดปฏิกิริยาเชิงโต้ตอบและตอบสนองได้ทันที และ 3) การรวบรวมวัตถุจริงและวัตถุเสมือนเข้าด้วยกันโดยแสดงผลในรูปแบบสามมิติ มาใช้ในการสร้างภาพ AR สำหรับเนื้อหา เรื่อง ลิพิด เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และความเข้าใจในสภาพแวดล้อมมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและซับซ้อน ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ซึ่งความเป็นจริงเสริมจะช่วยแสดงรายละเอียดภาพองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนในรูปแบบภาพสามมิติให้เข้าใจง่ายมากขึ้น โดยแสดงผลภาพเสมือนจริงผ่านอุปกรณ์ขนาดพกพา เช่น สมาร์ทโฟน โดยไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ติดตั้งบนศีรษะ เมื่อเรียนรู้ผ่านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนี้ นักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงภาพและข้อความตัวอักษรผ่านการมองเห็น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการบูรณาการความรู้ เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียน อีกทั้งนักเรียนยังมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ และสามารถมีปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ได้

2) ทฤษฎี AR Marker-Based

Siltanen (2012) อธิบายว่าระบบความเป็นจริงเสริมอย่างง่าย ประกอบด้วย กล้อง หน่วยคำนวณ และจอแสดงผล โดยกล้องทำหน้าที่จับภาพจากนั้นระบบจะทำการเพิ่มวัตถุเสมือนที่ด้านบนของภาพและแสดงผลภาพออกมา อาจกล่าวได้ว่าหนึ่งในความท้าทายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม คือ การสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนให้เข้ากับสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีการใช้ Marker-Based เป็นการวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker (วัตถุหรือสัญลักษณ์) เป็นหลักในการทำงาน เพื่อประมวลผลสัญลักษณ์ดังกล่าวออกมาเป็นภาพสามมิติหรือภาพเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม ประเภทของ Marker วิธีการระบุตำแหน่ง และการตรวจจับ Marker ที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน AR ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาแอปพลิเคชัน AR เพื่อให้สื่อมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับตามความต้องการของผู้สร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้



ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานของระบบความเป็นจริงเสริมอย่างง่าย จาก Siltanen (2012)

หลักการทำงานของระบบความเป็นจริงเสริมอย่างง่าย ดังแสดงในภาพที่ 2 เริ่มจาก Capturing Module จะจับภาพ Marker ผ่านกล้อง จากนั้น Tracking Module จะทำการคำนวณตำแหน่งและการวางแนวที่ถูกต้องสำหรับการซ้อนทับภาพเสมือนโดยตรวจจับเส้นขาว-ดำของ Marker เพื่อส่งต่อไปยัง Rendering Module จะรวมภาพเสมือนกับภาพต้นฉบับเข้าด้วยกัน โดยใช้ค่าที่คำนวณแล้วแสดงภาพความเป็นจริงเสริมบนจอแสดงผล

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า Marker-Based คือ สัญลักษณ์หรือรูปภาพที่ระบบคอมพิวเตอร์สามารถตรวจจับได้จากภาพวิดีโอโดยใช้การประมวลผลภาพ การจดจำรูปแบบ และเทคนิคการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเมื่อตรวจจับแล้วจะสามารถกำหนดทั้งขนาดและตำแหน่งของกล้องที่ถูกต้องได้

Siltanen (2012) กล่าวว่า Marker-Based ถือเป็นประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่นิยมใช้สำหรับเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ เนื่องจากใช้งานง่าย มีชุดเครื่องมือที่ใช้เป็น Marker ได้ดี โดยส่วนมากนิยมใช้ Marker-Based ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมขาวดำ และ Cheng et al. (2017) อธิบายเพิ่มเติมอีกว่า Marker-Based มีความแม่นยำสูงสำหรับใช้ประมวลผลภาพเสมือน อีกทั้งความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบมีราคาถูก และสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปและอุปกรณ์บนมือถือ

จากทฤษฎี AR Marker-Based ของ Siltanen ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยการใช้ Marker-Based แทนวัตถุหรือสัญลักษณ์ เพื่อแสดงผลภาพ AR สามมิติ สำหรับเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด เนื่องจาก Marker-Based สามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาถูก และมีความแม่นยำสูง โดยนักเรียนสามารถใช้กล้องสมาร์ทโฟนทำการสแกนบริเวณ Marker จากนั้นระบบจะทำการตรวจจับตำแหน่งบริเวณ Marker และแสดงผลภาพออกมาในรูปแบบสามมิติ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นภาพรายละเอียดองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น

3) ปัจจัยที่กำหนดการใช้ AR ด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์

Swensen (2016) ได้ศึกษาปัจจัยหลักที่กำหนดการใช้ AR ทั้งทางตรงหรือทางอ้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ 3 ข้อ ได้แก่ 1) ความพยายามในการทำ ความเข้าใจ 2) แรงจูงใจ และ 3) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3.1 ความสามารถในการทำความเข้าใจ (Cognitive Effect)

ภายใต้ปัจจัยที่กำหนดนี้ Swensen อธิบายว่าการเรียนรู้ในแบบสามมิติอาจส่งผลกระทบต่อ การเรียนรู้และความพยายามในการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนหลายคนมองว่าวิทยาศาสตร์เป็น เรื่องยากและมักต้องใช้สิ่งที่เป็นามธรรมในระดับสูง ดังนั้น AR จึงช่วยลดความพยายามในการทำ ความเข้าใจเพื่อให้นักเรียนเห็นลักษณะการทำงานต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่ง AR สามารถช่วยลดความ พยายามในการทำความเข้าใจได้หลายวิธี โดยได้กำหนดลักษณะ 3 ประการ สำหรับการใช้ AR ประกอบด้วย 1) การเทียบเคียงข้อมูล 2) การเรียนรู้ในแบบสามมิติ และ 3) การแสดงให้เห็นในสิ่งที่ ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยสิ่งเหล่านี้สามารถช่วยลดความพยายามในการทำความเข้าใจของนักเรียน

ได้ หากนักเรียนไม่จำเป็นต้องใช้ความพยายามอย่างมากเพื่อทำความเข้าใจ นักเรียนจะสามารถเรียนรู้ว่าสิ่งต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไรได้ดียิ่งขึ้นและส่งผลให้มีการเรียนรู้ที่ดีขึ้น

3.2 แรงจูงใจ (Motivation)

แรงจูงใจจะช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้นและมีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ แรงจูงใจมีความหมายที่หลากหลาย แต่ในที่นี้จะหมายถึง สภาวะภายในที่ทำให้เกิดขึ้น จัดการ และคงไว้ซึ่งพฤติกรรม โดยการสร้างแรงจูงใจสามารถระบุได้ 4 วิธีที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ ได้แก่ 1) นักเรียนที่มีแรงจูงใจจะให้ความสนใจในกระบวนการเรียนรู้ได้มากกว่า 2) นักเรียนที่มีแรงจูงใจจะแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการเรียนที่เพิ่มขึ้น 3) นักเรียนที่มีแรงจูงใจจะใช้ความพยายามมากขึ้นในการเรียนรู้สิ่งที่ยากและบรรลุการเรียนรู้ได้มากกว่า และ 4) นักเรียนที่มีแรงจูงใจจะมีประสบการณ์ที่น่าพึงพอใจมากกว่า เมื่อนักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก จึงต้องสร้างแรงจูงใจเพิ่มขึ้น จากคุณลักษณะทั้ง 4 ข้อจึงมีการนำความเป็นจริงเสริมมาใช้เพื่อเสริมแรงจูงใจสำหรับนักเรียน ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบการใช้เกมเพื่อการศึกษาทั้งที่ใช้ AR และไม่ใช่ AR ให้คะแนนที่เท่ากันในแง่ผลการเรียนรู้ พบว่า ร้อยละ 90 ของนักเรียนชอบเกมที่ใช้ AR มากกว่า สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า AR ถือเป็นเครื่องมือในการสร้างแรงจูงใจที่ดีให้กับนักเรียน

3.3 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและความสนใจของนักเรียนได้ นอกจากนี้ ยังช่วยพัฒนาทักษะด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและการแก้ปัญหา การศึกษาด้านการใช้ AR ในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แสดงให้เห็นถึงการบรรลุผลลัพธ์ที่ดีกว่าการศึกษาทั่วไป โดยสังเกตได้จากการที่นักเรียนไม่ต้องใช้ความพยายามอย่างมากหากมีข้อมูลทางการศึกษาอย่างเหมาะสม การใช้ AR ระหว่างการทัศนศึกษายังช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนแบบใหม่ เนื่องจากความเป็นจริงเสริมช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระในขณะที่นักเรียนสำรวจและเรียนรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยให้นักเรียนได้ทำการทดลองผ่านการทดสอบเสมือนจริงแทนการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจมีค่าใช้จ่ายสูงหรืออาจเกิดอันตรายขณะทำการทดลองได้

ปัจจัยที่กำหนดการใช้ AR ด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ของ Swensen ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่พัฒนาขึ้น โดยนำปัจจัย 3 ข้อมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

ประกอบด้วย 1) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบจะต้องช่วยลดความพยายามในการทำความเข้าใจให้กับนักเรียนได้ ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและซับซ้อน ซึ่งพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด

2) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จะต้องช่วยเสริมแรงจิตใจให้กับนักเรียน โดยเฉพาะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม และต้องใช้ความพยายามในการทำ ความเข้าใจ การนำความเป็นจริงเสริมมาใช้จึงถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การเรียนรู้ในเนื้อหาดังกล่าวมีความแปลกใหม่และสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น และ 3) สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระในสภาพแวดล้อมความเป็นจริงเสริม นักเรียนสามารถจัดลำดับหรือเลือกสรรหัวข้อการเรียนรู้ได้ตามความสนใจ สามารถใช้สื่อได้ทุกที่ ทุกเวลาตามต้องการ และช่วยส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

1.5 แนวทางการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

Yuen et al. (2011) กล่าวว่า ความเป็นจริงเสริมมีประโยชน์มากมายที่ช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ความเป็นจริงเสริม มีศักยภาพช่วยกระตุ้นความสนใจและช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ในห้องเรียน
- 2) ความเป็นจริงเสริม ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์โดยตรงในโลกแห่งความเป็นจริงได้ เช่น วิชาดาราศาสตร์และภูมิศาสตร์
- 3) ความเป็นจริงเสริม ช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันระหว่างนักเรียนกับผู้สอนและระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง
- 4) ความเป็นจริงเสริม ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักเรียน
- 5) ความเป็นจริงเสริม ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองตามความสนใจได้อย่างอิสระ
- 6) ความเป็นจริงเสริม ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่แท้จริงสำหรับรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย ที่ไม่ใช่แค่การเรียนรู้ในห้องเรียน

อย่างไรก็ตาม หนังสือ AR ถือเป็นสื่อรูปแบบหนึ่ง ที่มีความสำคัญช่วยเชื่อมช่องว่างระหว่างโลกดิจิทัลและโลกทางกายภาพ ทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึงโลกความเป็นจริงเสริมได้ง่ายที่สุด ตัวอย่างหนังสือ เช่น The Future is Wild: The Living Book ของต่างประเทศ และหนังสือเรียน

ธรณีวิทยา AR สามมิติของไทย การนำความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้กับหนังสือจึงช่วยให้หนังสือมีความน่าสนใจและมีชีวิตชีวามากขึ้นด้วยโมเดลแอนิเมชัน ข้อความ หรือภาพประกอบสามมิติ ทำให้การเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างสนุกสนาน

Yilmaz (2021) กล่าวว่า การนำความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ช่วยสร้างประสบการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปในชั้นเรียน AR สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในชีวิตจริงระหว่างเทคโนโลยีกับการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ แม้ว่าสิ่งนั้นจะไม่ได้อยู่ในห้องเรียนก็ตาม ถือเป็นการยกระดับการเรียนรู้และเปิดประสบการณ์ใหม่ที่น่าตื่นตาตื่นใจ ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นแนวคิดเชิงนามธรรมและมีความซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ตารางธาตุและสมบัติของธาตุประกอบ การนำความเป็นจริงมาประยุกต์ใช้จะช่วยให้นักเรียนสามารถศึกษาโครงสร้างทางกายภาพและสมบัติของแต่ละองค์ประกอบทางเคมีที่มีความซับซ้อนเข้าใจได้ยาก ให้ออกมาเป็นโมเดลที่เป็นรูปธรรมในรูปแบบสามมิติทำให้เข้าใจง่ายมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ข้อสำคัญที่สุดของ AR ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คือ การให้ประสบการณ์การเรียนรู้จากการกระทำหรือการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อใช้ยืนยันตรวจสอบและสนับสนุนเนื้อหาหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เชิงทฤษฎี การนำความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการจะช่วยให้นักเรียนสามารถตรวจสอบแนวคิดเชิงนามธรรมดังกล่าวได้ และช่วยให้นักเรียนสามารถโต้ตอบกับสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง อีกทั้งยังช่วยในการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างนักเรียน ช่วยลดข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาทำการทดลอง และช่วยลดอันตรายจากสารเคมี นับว่าห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นในหลักสูตรวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง แม้ว่านักเรียนแต่ละคนจะมีภูมิหลังแตกต่างกัน แต่ความเป็นจริงเสริมสามารถสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนในบริบทห้องปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 แนวทางการประเมินประสิทธิภาพสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

เผชญิ กิจระการ (2544) ได้กำหนดแนวทางการประเมินประสิทธิภาพสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยเมื่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ได้รับการผลิตขึ้นมาแล้วจะต้องมีการทดสอบ เพื่อหาคุณภาพหรือประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน การหาประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ทำได้โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E1/E2) ซึ่งประสิทธิภาพที่

วัดจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัด กระบวนการเรียน หรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงเป็นค่า 2 ตัวเลข เช่น $E1/E2 = 80/80$ คำนวณได้จากสูตร

$$E1 = \frac{\frac{\sum X}{N} \times 100}{A}$$

เมื่อ $E1$ = ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ = คะแนนของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบทุกชุดรวมกัน

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$E2 = \frac{\frac{\sum X}{N} \times 100}{B}$$

เมื่อ $E2$ = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ = คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

เกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จะนิยมตั้งเป็นตัวเลข 3 ลักษณะ คือ 80/80 85/85 และ 90/90 ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อหาและวิชาที่นำมาใช้ในการสร้างสื่อ หากเป็นวิชาที่ค่อนข้างยากอาจตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 หรือ 85/85 และสำหรับวิชาเนื้อหาง่าย อาจตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 90/90 นอกจากนี้ยังตั้งเกณฑ์เป็นค่าความคลาดเคลื่อนไว้เท่ากับร้อยละ 2.5 กล่าวคือ หากตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 90/90 เมื่อคำนวณแล้วค่าใช้ได้ คือ 87.5/87.5 หรือ 87.5/90

อย่างไรก็ตาม เจริญ กิจระการ และ สมนึก ภัททิยธนี (2545) ประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ($E1/E2$) เป็นเรื่องเกี่ยวกับประสิทธิภาพของกระบวนการของสื่อ ($E1$) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ($E2$) ซึ่งไม่สามารถทราบถึงพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ จึงได้มีการพิจารณาถึงคุณภาพในแง่มุมอื่น โดยดูพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนเรื่องนั้น ๆ ว่านักเรียนได้พัฒนาหรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเท่าไร โดยพิจารณาได้จากการหาค่าดัชนีประสิทธิผล มีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ E.I. คือ ค่าดัชนีประสิทธิผล

$\sum X_{\text{pretest}}$ คือ ผลรวมของคะแนนก่อนใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

$\sum X_{\text{posttest}}$ คือ ผลรวมของคะแนนหลังใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

N คือ จำนวนนักเรียน และ A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

Goodman et al. (1980) กล่าวว่า ค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) เป็นค่าดัชนีที่แสดงถึงความก้าวหน้า ขนาดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น หรือความสำเร็จของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้เมื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอน สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นจะต้องได้รับการประเมินประสิทธิผลเพื่อดูว่าสื่อ นั้นมีความมั่นใจที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้หรือไม่ ค่าดัชนีประสิทธิผลพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างคะแนนสองกลุ่ม อาจเป็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียน หรือระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก็ได้ (Hovland, 1949 Cited in Goodman et al, 1980) คำนวณได้จากสูตร

$$E.I. = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนก่อนเรียน}} \quad \text{หรือ}$$

$$E.I. = \frac{P2 - P1}{100 - P1}$$

เมื่อ

E.I. = ค่าดัชนีประสิทธิผล

P1 = ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียน

P2 = ผลรวมคะแนนทดสอบหลังเรียน

โดยค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 1.00 เพื่อให้สามารถแปลความหมายได้ง่ายขึ้นโดยการทำเป็นร้อยละ ซึ่งการแปลความหมายแปลได้จาก ผลรวมของคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นหรือสูงขึ้นจากผลรวมของคะแนนก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละเท่าไรของคะแนนก่อนเรียน หากคำนวณและได้ค่าติดลบแสดงว่าคะแนนสอบก่อนเรียนมากกว่าคะแนนสอบหลังเรียน แปลความหมายว่าการจัดการเรียนรู้หรือสื่อวัตกรรมการที่ใช้ไม่มีประสิทธิผล ไม่สามารถช่วยส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้มีแนวทางในการประเมินประสิทธิภาพสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม โดยใช้ค่าดัชนีประสิทธิผล เพื่อดูความก้าวหน้าและพัฒนาการเรียนรู้นักเรียน หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Kampourakis (2018) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเป็นตัวแทนทางจิต อย่างเป็นระบบของโลกธรรมชาติ และมีจุดศูนย์กลางและบทบาทในวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจสอดคล้อง กับสิ่งที่สังเกตได้ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หรือ ภูเขา กับสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น อะตอม หรือ ยีน หรือ อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง หรือการปรับตัว ซึ่งต้องมีความหมาย ชัดเจนอยู่ในตัว กล่าวคือ เมื่อพูดถึงคำเหล่านี้ทุกคนสามารถอธิบายโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ เข้าใจตรงกัน ในทำนองเดียวกัน Wong et al. (2020) อธิบายเพิ่มเติมว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ให้คำจำกัดความอย่างครอบคลุมทั้งคุณลักษณะ คุณสมบัติทั่วไป หรือธรรมชาติของวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ นอกจากนี้ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) อธิบายว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล ซึ่ง แต่ละคนอาจมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกันในการสรุปความเข้าใจถึงลักษณะที่สำคัญของ วัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกได้ เป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification Concepts) เป็นมโน ทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ 2) มโนทัศน์ ทางทฤษฎี (Theoretical Concepts) เป็นมโนทัศน์ที่อธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือ ปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าโดยตรง แต่มีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุนแล้วสร้าง เป็นความเข้าใจของตนเอง 3) มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlation Concepts) เป็นมโน ทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความ เข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่สรุปลักษณะสำคัญของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง และสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ สามารถอธิบายลักษณะที่สำคัญได้ตามหลักเหตุผล แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท 2) มโนทัศน์ทางทฤษฎี และ 3) มโนทัศน์เกี่ยวกับ ความสัมพันธ์

2.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลิพิด

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลิพิด หมายถึง คำอธิบายที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจ เรื่อง ลิพิด ประกอบด้วย โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ซึ่งสมบัติของลิพิดเป็นการทดสอบจุด

หลอมเหลวของกรดไขมัน การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว และการทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน

สาระสำคัญเรื่อง ลิพิด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสาระสำคัญและเนื้อหาเรื่อง ลิพิด (Lipids) แบ่งเป็น 2 ประเด็นคือ 1) ความหมายและความสำคัญของลิพิดในหลักสูตร และ 2) เนื้อหาลิพิดที่ใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนการสอนจริงเสริม มีรายละเอียดดังนี้

1) ความหมายและความสำคัญของลิพิดในหลักสูตร

Fahy et al. (2005) อธิบายความหมายของคำว่าลิพิด เป็นสารชีวโมเลกุลชนิดหนึ่ง มีทั้งที่เป็นไขมัน น้ำมัน และฮอร์โมน ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีสมบัติไม่ชอบน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว

ลิพิดมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะเป็นแหล่งพลังงาน ป้องกันความร้อนภายใน เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ และเป็นส่วนประกอบของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย อีกทั้งลิพิดยังจัดอยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารชีวโมเลกุล ซึ่งตามหลักสูตรเดิมของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดให้เรียนทั้งในสาระชีววิทยาและเคมี แต่ตามหลักสูตรใหม่ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กำหนดให้เรียนในสาระชีววิทยา

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้และสาระสำคัญเรื่อง ลิพิด สาระชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้ในสาระที่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยง	ผลการเรียนรู้ข้อที่ 6	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์	สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และ ความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	ลิพิดประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตียรอยด์

จากการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของสาระชีววิทยา ในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ลิพิด เน้นให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูล อธิบาย ความสำคัญ พร้อมทั้งระบุกลุ่มตัวอย่างที่สำคัญ ดังนั้นในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนจึงเป็นส่วนที่สำคัญต่อการบรรลุผลการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนรู้เนื้อหาและสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีความหมายสูงสุด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ นันทิตา ชันทอง และคณะ (2563) ที่นำเสนอวัตรกรรมความเป็นจริงเสริมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การวิจัยนี้ได้มีการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาทั้งหนังสือเรียนประเทศไทย ได้แก่ หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหนังสือเรียนต่างประเทศ ได้แก่ หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยหนังสือเรียนของ Campbell Biology 11th edition (Lisa et al.,2016) และ Cambridge Biology AS & A Level 4th edition (Mary et al.,2014) พบว่าเนื้อหาและมโนทัศน์เรื่อง ลิพิด มีดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการเรียนรู้เรื่อง ลิพิด จากหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ

ผลการเรียนรู้ที่ปรากฏใน หนังสือรายวิชาชีววิทยา ของประเทศไทย	ผลการเรียนรู้ที่ปรากฏใน หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ	
	Campbell Biology (11th edition)	Cambridge Biology AS & A Level (4th edition)
สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้าง ของลิพิด และความสำคัญของ ลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต	1. เปรียบเทียบโครงสร้างของ ไตรกลีเซอไรด์กับฟอสโฟลิพิด 2. อธิบายฮอร์โมนเพศของมนุษย์ซึ่ง ถือเป็นไขมันชนิดหนึ่ง 3. อธิบายเมมเบรนที่ล้อมรอบหยด น้ำมัน เช่นเดียวกับในเซลล์ของพืช และในเซลล์ของสัตว์บางชนิด	1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของ ลิพิด 2. ทำการทดสอบทางชีวเคมีของ ลิพิดได้

ตารางที่ 4 มโนทัศน์เรื่อง ลิพิด จากหนังสือเรียนวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ

มโนทัศน์ที่ปรากฏใน หนังสือเรียนรายวิชา ชีววิทยาของประเทศไทย	มโนทัศน์ที่ปรากฏใน หนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาของต่างประเทศ	
	Campbell Biology (Eleventh edition)	Cambridge Biology AS & A Level (Fourth edition)
ลิพิด ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และสเตียรอยด์	1. ลิพิดเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งพฤติกรรมไม่ชอบน้ำของลิพิดขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุล ลิพิดที่มีความสำคัญทางชีววิทยามากที่สุด ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และสเตียรอยด์ 2. ไขมันทรานส์ เกิดจากกระบวนการเติมไฮโดรเจนของน้ำมันพืช ทำให้โครงสร้างและสมบัติเปลี่ยนเป็นไขมันชนิดอิ่มตัว ไขมันทรานส์พบในขนมอบและอาหารแปรรูป หากรับประทานมากจะทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ	ลิพิดเป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีความหลากหลาย เป็นโมเลกุลอินทรีย์ที่ไม่ละลายในน้ำ ลิพิดที่พบมากที่สุด ได้แก่ ไขมันและน้ำมัน ไขมันเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ลิพิดที่สำคัญ เช่น กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ และฟอสโฟลิพิด

จากผลการเรียนรู้และมโนทัศน์เรื่อง ลิพิด ในตารางที่ 3 และ 4 ของหนังสือเรียนประเทศไทย และหนังสือเรียนต่างประเทศ พบข้อแตกต่างดังนี้ ในหนังสือเรียนของประเทศไทยไม่ปรากฏเนื้อหาเรื่อง ไขมันทรานส์ แต่ในหนังสือเรียนต่างประเทศของ Campbell Biology ปรากฏเนื้อหาเรื่อง ไขมันทรานส์ ส่วนมโนทัศน์ของลิพิดพบว่า ความหมายมีความคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ลิพิดเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีสมบัติไม่ละลายน้ำ และตัวอย่างของลิพิดกลุ่มสำคัญมีความเหมือนกัน ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และสเตียรอยด์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ยังพบปัญหาการเรียนรู้เรื่อง ลิพิด ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม อันได้แก่ สมบัติของลิพิด (กมลนุช ไชยมาชิม และเสนอ ชัยรัมย์, 2557 ; ปราณูชลี นนทะวัน และคณะ, 2558) พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังนี้

ตารางที่ 5 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ลิพิด

มโนทัศน์หลัก	ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน															
สมบัติของลิพิด ผลการศึกษา: มโนทัศน์ที่ถูกต้อง 11.36% มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 36.36%	ข้อคำถามเป็นแนวคำถามวัดระดับคิดวิเคราะห์ จากการทดสอบน้ำมัน 4 ชนิดในปริมาณเท่ากัน และน้ำมันแต่ละชนิดไม่เต็มสารป้องกันการเหม็นหืนโดยตั้งทิ้งไว้ในอากาศ ได้ผลการทดลอง ดังนี้ <table><tr><th>ชนิดของน้ำมัน</th><th>ผลการทดสอบกลิ่นเหม็นหืน</th><th>การทดสอบด้วย I₂ (จำนวนหยด)</th></tr><tr><td>A</td><td>+</td><td>13</td></tr><tr><td>B</td><td>++</td><td>22</td></tr><tr><td>C</td><td>++++</td><td>34</td></tr><tr><td>D</td><td>+++</td><td>30</td></tr></table> จากข้อมูลในตาราง จงพิจารณาว่า 1. การบริโภคน้ำมันชนิดใดที่ทำให้มีโอกาสไขมันอุดตันในเส้นเลือดสูง 2. น้ำมันชนิดใดที่ใช้ประกอบอาหาร แล้วปลอดภัยในการบริโภค แนวคำตอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 36.36% “เพราะ A เหม็นหืนน้อย แสดงว่ามีความไม่อิ่มตัวอยู่มาก C มีความอิ่มตัวอยู่มาก เหมาะที่จะใช้ในการบริโภค” “เพราะ จำนวนหยดน้อยแสดงถึงความเข้มข้นของไขมันและอัตราความเหม็นหืน”	ชนิดของน้ำมัน	ผลการทดสอบกลิ่นเหม็นหืน	การทดสอบด้วย I ₂ (จำนวนหยด)	A	+	13	B	++	22	C	++++	34	D	+++	30
ชนิดของน้ำมัน	ผลการทดสอบกลิ่นเหม็นหืน	การทดสอบด้วย I ₂ (จำนวนหยด)														
A	+	13														
B	++	22														
C	++++	34														
D	+++	30														
สมบัติของลิพิด ผลการศึกษา: มโนทัศน์ที่ถูกต้อง 25% มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 62.50%	ข้อคำถามเป็นแนวคำถามวัดระดับคิดวิเคราะห์ โดยกำหนดสูตรโมเลกุลของกรดไขมันมาให้ 4 ชนิด ได้แก่ กรดไขมัน A มีสูตรโมเลกุล C ₁₇ H ₃₅ COOH กรดไขมัน B มีสูตรโมเลกุล C ₁₅ H ₃₁ COOH กรดไขมัน C มีสูตรโมเลกุล C ₁₃ H ₂₇ COOH และกรดไขมัน D มีสูตรโมเลกุล C ₁₁ H ₂₃ COOH จากนั้นให้นักเรียนเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจากน้อยไปมาก แนวคำตอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 62.50% “ถ้าจำนวนคาร์บอนน้อย จุดหลอมเหลวของไขมันน้อย แต่ถ้าจำนวนคาร์บอนมากจุดหลอมเหลวของไขมันจะมากขึ้น”															

2) เนื้อหาผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อวิเคราะห์เนื้อหาจากมโนทัศน์ของหนังสือเรียนประเทศไทยและหนังสือเรียนต่างประเทศ ขอบเขตของเนื้อหาที่นำมาใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ครอบคลุมหัวข้อดังนี้ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด มีรายละเอียด ดังนี้

1. โครงสร้างทางเคมีของลิพิด

โครงสร้างทางเคมีของลิพิดประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มีรายละเอียดดังนี้

1) กรดไขมัน (Fatty Acids)

ลักษณะโครงสร้างเป็นโซ่ยาวและไม่มีกิ่ง มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบอย่างน้อย 8 อะตอม กรดไขมันแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือ

1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างของพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) จึงมีจุดหลอมเหลวสูง และมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (25°C) กรดไขมันอิ่มตัวพบได้ในไขมันจากสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากนม เช่น เนย ครีม ชีส ไข่สัตว์ น้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม

1.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่มีโครงสร้างของพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง โดยพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมกับธาตุไฮโดรเจน การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก ไม่คงทนต่อความร้อน มีจุดหลอมเหลวต่ำ มักเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (25°C) นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัว มักจะมีอยู่ในน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพซึ่งส่วนใหญ่พบได้ในพืช เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันรำข้าว น้ำมันงา น้ำมันถั่วเหลือง

2) ไขมันทรานส์ (Trans Fat)

ไขมันทรานส์ เกิดจากการนำน้ำมันพืชที่มีโครงสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวในรูปแบบ Cis-form มาเติมไฮโดรเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบ Trans-form และมีความอิ่มตัวมากขึ้น ไขมันทรานส์จึงมีโครงสร้างและสมบัติเช่นเดียวกับกรดไขมันอิ่มตัว กล่าวคือ มีจุดหลอมเหลวสูง ทนความร้อนได้ดี แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง (25°C) สามารถเก็บได้นาน และเกิดกลิ่น

เหม็นหืนยาก เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) พบได้ในการผลิตเนยเทียมหรือมาการีน

2. สมบัติของลิพิด

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน จะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีในไขมันและน้ำมันนั้น ๆ จึงสามารถใช้สมบัติทางกายภาพในการจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมันได้ สมบัติของไขมันและน้ำมัน ประกอบด้วย

2.1 จุดหลอมเหลว คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำมัน หรือเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น จุดหลอมเหลวจะยิ่งสูงขึ้น หรือเป็นของแข็งมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากกรดไขมันมีจำนวนพันธะคู่มากขึ้น จุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลง หรือเป็นของเหลวมากขึ้น ดังนั้นไขมันสัตว์ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากจึงแข็งตัวเมื่อมีอากาศหนาว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (25°C)

2.2 จุดแข็งตัว คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง จุดแข็งตัวของไขมันหรือน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่เป็นองค์ประกอบของกรดไขมันเช่นเดียวกับจุดหลอมเหลว

2.3 การเหม็นหืน เป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและมีสมบัติเปลี่ยนไป การเหม็นหืนเกิดได้โดยไขมันและน้ำมันสัมผัสกับน้ำหรือออกซิเจนในอากาศ หรือเก็บไขมันและน้ำมันในที่ที่มีอุณหภูมิสูง โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเหม็นหืนง่ายกว่ากรดไขมันอิ่มตัว เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีโครงสร้างพันธะคู่ออกซิเจนในอากาศจึงสามารถมาทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมัน ทำให้เกิดการสลายของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันโมเลกุลเล็กที่ระเหยง่ายและมีกลิ่นเหม็นหืน

จากสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันข้างต้น สามารถทำการทดสอบสมบัติ ได้ดังนี้

(1) การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน ใช้ทดสอบไขมันหรือน้ำมันซึ่งมีองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันที่แตกต่างกัน ทดสอบด้วยการดูการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวของไขมันหรือน้ำมัน หากไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันซึ่งมีจำนวนคาร์บอนอะตอมมาก

จุดหลอมเหลวจะยิ่งสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันซึ่งมีจำนวนพันธะคู่มาก จุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลง

(2) การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถทดสอบได้ด้วยสารละลายไอโอดีน เนื่องจากสารละลายไอโอดีนสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัว ณ บริเวณตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล ทำให้เกิดเป็นสารใหม่ที่ไม่มีสี ดังนั้นหากน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก จะสามารถพอกจางสีสารละลายไอโอดีนให้จางลงได้มาก หรือใช้จำนวนสารละลายไอโอดีนมาก

(3) การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน ใช้ทดสอบไขมันหรือน้ำมันซึ่งมีองค์ประกอบชนิดของกรดไขมันที่แตกต่างกัน โดยเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับน้ำหรือออกซิเจนในอากาศ หรือเก็บไขมันและน้ำมันในที่ที่มีอุณหภูมิสูง จะเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเหม็นหืนง่ายกว่ากรดไขมันอิ่มตัว

2.3 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Ausubel et al. (1978) ได้กล่าวว่ากระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถเกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. การสร้างมโนทัศน์ (Concept Formation) หมายถึง การเรียนรู้มโนทัศน์จากประสบการณ์ของการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้โดยการค้นพบ ตัวอย่างเช่น เด็กที่เรียนรู้มโนทัศน์ของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น หมวก และรองเท้า โดยการมีประสบการณ์ว่า เมื่อออกไปข้างนอกจะต้องสวมหมวกที่ศีรษะ สวมรองเท้าที่เท้า

2. การแตกย่อยมโนทัศน์ (Concept Assimilation) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้มโนทัศน์โดยทราบคำจำกัดความของมโนทัศน์พร้อมกับตัวอย่างของมโนทัศน์และคุณลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์นั้น

เฉลิมลาภ ทองอาจ (2551) ได้อธิบายการสร้างมโนทัศน์ว่าเกิดจากกระบวนการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส แล้วตีความหมายให้เกิดความรู้ความเข้าใจและเก็บข้อมูลไว้เป็นความจำ เมื่อได้รับข้อมูลชนิดเดิมซ้ำ ๆ ก็จะสามารถสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับข้อมูลนั้นได้ แต่ถ้าได้รับข้อมูลที่ไม่เป็นประสบการณ์หรือไม่มีความรู้เดิมเรื่องนั้นมาก่อนสมองจะดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลเดิมกับข้อมูลใหม่ที่ได้รับ แล้วประมวลผลเพื่อจำแนกข้อมูลว่าเป็นมโนทัศน์หรือไม่ ซึ่งเมื่อบุคคลนั้นเกิดมโนทัศน์

เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้ว จะสามารถบอกอธิบายถึงลักษณะ กฎเกณฑ์ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถระบุสิ่งที่ เป็นมโนทัศน์ และไม่เป็นมโนทัศน์ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจาก กระบวนการเรียนรู้จากการสังเกตและประสบการณ์ผ่านการรับรู้ทางประสาทสัมผัส ทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจของบางสิ่งบางอย่างและเก็บข้อมูลนั้น ๆ จดจำไว้ในสมอง

Marek et al. (1990) ได้แบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์โดยแบ่งตามระดับมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง ครบองค์ประกอบทั้งหมด
2. มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์ ไม่ครบองค์ประกอบ
3. มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Limited Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่มีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
4. มโนทัศน์ไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ

Calik and Ayas (2005) ได้แบ่งกลุ่มระดับมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลถูกต้อง ครบองค์ประกอบทั้งหมด
2. มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญ
3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลถูกต้อง แต่มีบางส่วนที่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง
4. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conceptions) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง
5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding) หมายถึง คำตอบและการให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์สามารถแบ่งตามระดับมโนทัศน์ได้เป็น 4 ระดับ ประกอบด้วย 1) มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) หมายถึง การเขียนคำตอบให้

เหตุผลถูกต้องครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมนทัศน์ 2) มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (PU) หมายถึง การเขียนคำตอบให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมนทัศน์ 3) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (SA) หมายถึง การเขียนคำตอบให้เหตุผลมีบางส่วนเขียนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง และ 4) ไม่มีมนทัศน์ (NU) หมายถึง การเขียนคำตอบให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ

2.4 การวัดมนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Gurel et al. (2015) ได้ศึกษาเครื่องมือวัดมนทัศน์เพื่อนำไปใช้ประเมินความเข้าใจมนทัศน์ของนักเรียน โดยเครื่องมือวัดมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด มีรายละเอียดดังนี้

1. การสัมภาษณ์ (Interviews)

Gurel et al. (2015) อธิบายว่า การสัมภาษณ์เป็นการสอบถามข้อมูลเชิงลึกที่ช่วยให้ทราบถึงมุมมองความคิด ความรู้สึกนึกคิด หรือความเข้าใจโดยละเอียดของผู้ให้สัมภาษณ์ที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง นับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเข้าใจมนทัศน์ของนักเรียน มีข้อดี คือ ทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและการตั้งข้อคำถามมีความยืดหยุ่น แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลหากต้องสัมภาษณ์คนจำนวนมาก ดังนั้นผู้สัมภาษณ์ควรได้รับการฝึกอบรมเพื่อให้การสัมภาษณ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และอคติของผู้ให้สัมภาษณ์บางคนอาจส่งผลต่อข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มีความยุ่งยากไม่แม่นยำ

2. แบบวัดอัตนัย (Open – ended Test)

Gurel et al. (2015) แบบวัดอัตนัยเป็นข้อคำถามแบบปลายเปิดที่นิยมนำมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ มีข้อดี คือ ช่วยให้นักเรียนมีอิสระและมีเวลามากขึ้นในการคิดหรือเขียนอธิบายคำตอบเพื่อแสดงแนวคิดหรือความเข้าใจของตนเอง และช่วยให้เห็นคำตอบใหม่ ๆ ของนักเรียน ที่มีคุณค่าซึ่งผู้สอนอาจคาดไม่ถึงมาก่อน แต่อาจเป็นเรื่องยากสำหรับการประเมินหรือวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน ที่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ เนื่องจากปัญหาในการใช้ภาษาและนักเรียนไม่ค่อยมีความกระตือรือร้นในการเขียนคำตอบที่ได้ใจความที่สมบูรณ์ คำตอบบางคำตอบอาจไม่มีประโยชน์ หรือบางคำตอบอาจเกิดจากอคติของนักเรียนเมื่อไม่เข้าใจในหัวข้อคำถามนั้น ๆ ได้

3. แบบวัดปรนัย (Ordinary Multiple – choice Test)

Gurel et al. (2015) แบบวัดปรนัยเป็นแบบวัดที่ถูกร่างขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของแบบสัมภาษณ์และแบบวัดอัตนัย มีข้อดี คือ สามารถสร้างข้อคำถามได้ง่ายและครอบคลุมหัวข้อที่หลากหลายได้ในระยะเวลาอันสั้น ใช้เวลาเก็บคะแนนได้สะดวกรวดเร็ว จึงใช้เก็บคะแนนเพื่อวัดระดับความรู้ความเข้าใจกับนักเรียนจำนวนมากได้ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของแบบวัดนี้ คือ ข้อคำตอบไม่สามารถวัดข้อมูลเชิงลึกหรือความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ และตัวเลือกที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยข้อจำกัดนี้จึงได้มีการสร้างแบบวัดปรนัยเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 แบบวัดปรนัย 2 ระดับ (Two-tier Multiple - choice Test)

Gurel et al. (2015) แบบวัดปรนัย 2 ระดับ ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของแบบวัดปรนัย ลักษณะของแบบวัดชนิดนี้ประกอบด้วยข้อคำถามและส่วนที่ต้องระบุเหตุผลในการเลือกคำตอบ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง และส่วนที่สองเป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลที่ใช้ในการตอบส่วนแรก นักเรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล สำหรับคำตอบที่เป็นตัวลวงได้มาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน อย่างไรก็ตาม แบบวัดชนิดนี้ก็ยังมียข้อจำกัดในการประเมินความเข้าใจของนักเรียนว่าการที่นักเรียนตอบผิดนั้นเป็นเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หรือตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย แบ่งเป็น

- 1) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ระดับ โดยส่วนที่1 เป็นแบบปรนัยของข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นแบบปรนัยซึ่งเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1
- 2) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ระดับ โดยส่วนที่1 เป็นแบบปรนัยของข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยเพื่อเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

4. แบบวัดปรนัย 3 ระดับ (Three – tier Multiple – choice Test)

Gurel et al. (2015) แบบวัดชนิดนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของแบบวัดปรนัย 2 ระดับ โดยการเพิ่มส่วนที่ 3 เพื่อตรวจสอบความมั่นใจในคำตอบที่ให้ไว้ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ลักษณะของแบบวัดประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง ส่วนที่ 2 เป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 เป็นการวัดระดับความมั่นใจของนักเรียนว่ามีความมั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบที่เลือกไว้ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 โดยนักเรียนจะได้คะแนนเมื่อตอบส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ถูกต้องด้วยความมั่นใจ หากนักเรียนเลือก

คำตอบและให้เหตุผลผิดทั้งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 สามารถบ่งชี้ถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

5. แบบวัดปรนัย 4 ระดับ (Four – tier Multiple – choice Test)

Gurel et al. (2015) แบบวัดชนิดนี้ได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อเพิ่มระดับความมั่นใจของการเลือกคำตอบของนักเรียนส่วนที่ 1 ลักษณะของแบบวัดปรนัย 4 ระดับ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบและตัวลวง ส่วนที่ 2 เป็นการวัดระดับความมั่นใจของส่วนที่ 1 ส่วนที่ 3 เป็นตัวเลือกที่เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 4 เป็นการวัดระดับความมั่นใจของส่วนที่ 3 ซึ่งนักเรียนที่ตอบถูกทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) จะได้คะแนนในข้อนี้ ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดทั้งส่วนที่ 1 และ 3 ด้วยความมั่นใจ (ส่วนที่ 2 และ 4) อาจบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในข้อนี้ และหากมีคำตอบนอกเหนือจากนี้ อาจบ่งชี้ได้ว่านักเรียนขาดความรู้ในข้อนี้ หรือหากคำตอบมีความขัดแย้งกัน อาจบ่งชี้ได้ว่ามีแบบวัดข้อนี้มีความผิดพลาดซึ่งไม่สามารถวัดมโนทัศน์ได้

จากการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบนั้นสามารถใช้ประเมินเพื่อวัดระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด โดยเครื่องมือในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้ ดังนี้ 1) การสัมภาษณ์ 2) แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยหรือเขียนตอบ 3) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย ซึ่งแบ่งได้เป็นแบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ระดับ 4) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 3 ระดับ และ 5) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 4 ระดับ ซึ่งการเลือกเครื่องมือในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบวัดแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถนำเครื่องมือไปใช้วัดประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.5 แนวทางการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การประยุกต์ใช้สื่อนวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) โดยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีดังต่อไปนี้

1) **ทบทวนความรู้ก่อนเรียน** เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนว่า มีความเข้าใจเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานของเรื่องนั้นมากน้อยเพียงใด การใช้คำถามนำจะเป็นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน และสามารถตรวจสอบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

2) **รู้อะไรบ้างก่อนเรียน** เมื่อทบทวนความรู้ก่อนเรียนแล้ว หากพบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ผู้สอนสามารถอธิบายเพิ่มเติมในระหว่างการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องหรือดำเนินกิจกรรมให้เสร็จสิ้นก่อน และให้นักเรียนได้มีโอกาสกลับมาพิจารณาถึงความเข้าใจของตนเองอีกครั้งในภายหลังได้

3) **ภาพประกอบ** หนังสือเรียนทั่วไปจะมีภาพประกอบเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น หากผู้เขียนหนังสือเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อน จะสามารถสร้างภาพหรือสื่อประกอบที่สามารถแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้นได้ การใช้ภาพที่มีสื่อ AR จะสามารถแสดงภาพเสมือนจริงสามมิติ ซึ่งมีความสมจริงมากขึ้น จึงช่วยส่งเสริมแนวคิดที่ถูกต้องให้กับนักเรียนมากกว่าภาพประกอบรูปทรงสองมิติ

4) **ตรวจสอบระหว่างเรียนและหลังเรียน** วิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน คือ การตั้งคำถามกระตุ้นในระหว่างการเรียนรู้ และมีการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนโดยให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ในสิ่งที่เรียนมา ถือเป็นการสร้างโอกาสในการย้ำทวนแนวคิดที่ถูกต้อง และเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนที่ยังคลาดเคลื่อนอยู่ เพื่อให้สามารถปรับและพัฒนาการเรียนการสอนต่อไปได้

จากขั้นตอนข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แนวทางการพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์โดยประยุกต์ใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทบทวนความรู้ก่อนเรียน 2) ตรวจสอบความรู้เดิมและตรวจสอบแนวความคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน 3) ใช้หนังสือเรียนที่มีภาพประกอบจากสื่อ AR ซึ่งช่วยแสดงรายละเอียดของภาพให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น และ 4) ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยการตั้งคำถาม ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และสามารถประเมินแนวคิดของนักเรียนได้ ผู้สอนสามารถดำเนินการสอนตามขั้นตอน 4 ขั้นตอนโดยใช้หนังสือเรียนแบบใหม่ที่มีการประยุกต์ใช้สื่อ AR เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนานวัตกรรมของนักเรียนควรคำนึงถึงบริบทของสถานศึกษา สภาพชั้นเรียน ระดับชั้นเรียน และลักษณะของนักเรียนเป็นสำคัญ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ มีทั้งงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยจากต่างประเทศ แบ่งงานวิจัยออกเป็น 4 ประเด็น ประกอบด้วย 1) งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ลิพิด 2) งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 3) งานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ลิพิด

งานวิจัยในประเทศ

กมลนุช ไชยมีขมิ้ม และ เสนอ ชัยรัมย์ (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุลโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 16 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดความเข้าใจ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ประกอบด้วยหัวข้อ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบตัวเลือก ผลการวิจัยพบว่า ในหัวข้อเรื่อง ลิพิด นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและเข้าใจความหมายผิดเกี่ยวกับลิพิด ตัวอย่างเช่น กำหนดสูตรโมเลกุลของกรดไขมันมาให้ 4 ชนิด ได้แก่ กรดไขมัน A มีสูตรโมเลกุล $C_{17}H_{35}COOH$ กรดไขมัน B มีสูตรโมเลกุล $C_{15}H_{31}COOH$ กรดไขมัน C มีสูตรโมเลกุล $C_{13}H_{27}COOH$ และกรดไขมัน D มีสูตรโมเลกุล $C_{11}H_{23}COOH$ ให้นักเรียนเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจากน้อยไปมาก พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจากน้อยไปมากได้ถูกต้อง แต่การให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกยังเป็นเหตุผลในขั้นพื้นฐานเท่านั้น ตัวอย่างการให้เหตุผล เช่น “ถ้าจำนวนคาร์บอนน้อย ก็จะทำให้จุดหลอมเหลวของไขมันน้อย แต่ถ้าจำนวนคาร์บอนมาก จุดหลอมเหลวของไขมันก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย” จากข้อความนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติของลิพิดได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากจุดหลอมเหลวของไขมันไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับระดับความไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ด้วย

อารยา วัฒนกุล, จันทรพร พรหมมาศ และ ภัทรกร ชัยประเสริฐ (2559) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี พบว่าเนื้อหาเรื่อง สารชีวโมเลกุล ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โปรตีนและลิพิดที่ส่วนใหญ่กล่าวถึงชนิดและโครงสร้าง เป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่นักเรียนไม่สามารถ

มองเห็นหรือสัมผัสได้ จึงอาจนำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เช่น เรื่องสมบัติและปฏิกิริยาของโปรตีนและลิพิด ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน 72 คน โดยห้องที่ 1 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และห้องที่ 2 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารชีวโมเลกุล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารชีวโมเลกุลและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศ พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ชนิดและโครงสร้างของโปรตีนและลิพิด และ 2) สมบัติและปฏิกิริยาของโปรตีนและลิพิด โดยในเนื้อหาเรื่อง ลิพิด พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิดที่นักเรียนยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้เข้าใจถูกต้อง นอกจากนี้งานวิจัยจากต่างประเทศก็ยังไม่พบการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ลิพิด โดยเฉพาะ

3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

งานวิจัยในประเทศ

นันทิศา ชันทอง, เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และ สัญญา เครือหงส์ (2563) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมสำหรับการเรียนรู้เรื่องธาตุและสารประกอบเคมี กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้ 1) การศึกษาข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา 2) การวิเคราะห์ออกแบบแอปพลิเคชัน 3) การพัฒนาแอปพลิเคชันและสมุดภาพ และ 4) การทดสอบประเมินผลการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม นักเรียนมีผลคะแนนทดสอบเรื่องธาตุและสารประกอบเคมี

หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมอยู่ในระดับมากที่สุด อีกทั้งการใช้แอปพลิเคชันยังส่งเสริมให้การเรียนการสอนเคมีมีความน่าสนใจมากขึ้น นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ

สุภาวดี บินดีโตวา และ สัญชัย พัฒนสิทธิ์ (2564) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาบทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ให้มีคุณภาพดีและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของบทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหา โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหา โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา มีขั้นตอนในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ขั้นการออกแบบ (Design) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ขั้นที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบบทเรียนดิจิทัล 3) ขั้นการพัฒนา (Development) สร้างแบบทดสอบ สร้างเนื้อหา สร้างแบบฝึกหัด และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการเรียนรู้ โดยใช้เว็บแอปพลิเคชัน Pixlive Maker 4) ขั้นการดำเนินการทดลองใช้ (Implementation) โดยนำบทเรียนดิจิทัลที่ได้พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อหาประสิทธิภาพ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) โดยประเมินผลการเรียนรู้อบบทเรียนดิจิทัลของนักเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน และประเมินผลความพึงพอใจในการใช้บทเรียนดิจิทัลที่ผลิตขึ้น ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหา โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81/80.3 ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ดัชนีประสิทธิผลของบทเรียนดิจิทัล มีค่าเท่ากับ 0.76 ซึ่งแสดงว่าบทเรียนดิจิทัลสามารถทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 76 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนดิจิทัลอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย Mean เท่ากับ 4.59

รัชณิวัลย์ อัครวิกรัย, ฉันทากร ช่วยทุกข์เพื่อน และ วีระเดช เชื้อนาม (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการ

เทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีดังนี้ 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบบูรณาการเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงอยู่ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องข้างต้น มีข้อสังเกตว่า เป็นงานวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา (Research & Development ; R&D) ซึ่งศึกษาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่ผสมผสานเทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การออกแบบ สร้างและพัฒนาสื่อ 3) การนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และ 4) การประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการใช้สื่อในการจัดการเรียนการสอนนั้นช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะด้านต่างๆ ของนักเรียนได้ อีกทั้งนักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยการใช้สื่อนวัตกรรมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Sonjaya and Fadlurahman (2019) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ที่ผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยมีกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งสื่อการเรียนรู้นี้นักเรียนสามารถโต้ตอบขณะทำการใช้สื่อได้ โปรแกรมในการพัฒนาสื่อแอปพลิเคชันนี้ คือ Luther Calculation และขั้นตอนการสร้างแอปพลิเคชันนี้ใช้ซอฟต์แวร์ Unity 3D ซึ่งสามารถใช้งานได้ผ่านอุปกรณ์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหารที่ผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงคุณสมบัติในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติของทุกอวัยวะในมนุษย์ และยังช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีแรงจูงใจ ตื่นเต้น ช่วยเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน และช่วยลดความเบื่อหน่ายของนักเรียนได้อีกด้วย

Saidin et al. (2015) ได้ศึกษาและทบทวนการบูรณาการความเป็นจริงเสริมในสภาพแวดล้อมทางการศึกษา โดยเน้นที่ประโยชน์และการใช้งานของความเป็นจริงเสริม พบว่า ความ

เป็นจริงเสริมมีประโยชน์อย่างยิ่งในการสอนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยการแสดงภาพกระบวนการที่สังเกตได้ยาก เช่น โครงสร้างโมเลกุลและปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีมีโนทัศน์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น สามารถยกระดับประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยการนำเสนอเนื้อหาเชิงโต้ตอบและแสดงผลภาพได้อย่างสมจริง AR

Hayat et al. (2021) ได้ทำการศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้ด้วยความเป็นจริงเสริมของสเตอริโอเคมีสำหรับแนวคิดเรื่อง คาร์โบไฮเดรต โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการแสดงผลและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความถูกต้องของความเป็นจริงเสริมบนแนวคิดสเตอริโอเคมีของ คาร์โบไฮเดรต ซึ่งสเตอริโอเคมีเป็นเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดอะตอมของโมเลกุล สารในที่ว่าง (space) แบบสามมิติ สเตอริโอเคมีสำคัญมากในการศึกษาเคมีอินทรีย์ โดยเฉพาะเกี่ยวกับกลไกของปฏิกิริยา การจัดอะตอมของโมเลกุลแบบสามมิติจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธี Design Based Research (DBR) ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ การวางแผน และการพัฒนา ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้ด้วยความเป็นจริงเสริมสามารถเชื่อมโยงการแสดงผลของคาร์โบไฮเดรตสเตอริโอเคมีได้ โดยในการนำเสนอด้วยกล้องจุลทรรศน์จะแสดงด้วยรูปภาพและคำอธิบายข้อความ มีการแสดงผลด้วยโมเลกุล 3 มิติและวิดีโอแอนิเมชันซึ่งมีการนำเสนอความสัมพันธ์ในรูปแบบสัญลักษณ์ และจากผลการตรวจสอบความถูกต้อง พบว่าการคำนวณการวิเคราะห์ผลของความเป็นจริงเสริมมีค่า 0.78 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ความถูกต้องสูงปานกลาง

จากงานวิจัยจากต่างประเทศที่เกี่ยวข้องข้างต้น มีข้อสังเกตว่า เป็นงานวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา (Research & Development ; R&D) ซึ่งเป็นการพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมโดยใช้เนื้อหาบทเรียนที่หลากหลาย ได้แก่ ระบบย่อยอาหารของมนุษย์ โปรตีนหรือดีเอ็นเอ และโครงสร้างสเตอริโอเคมีของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งบทเรียนเหล่านี้ล้วนแต่เป็นบทเรียนที่มีเนื้อหาหลักเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบการวิจัยการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานความเป็นจริงเสริมของงานวิจัยจากต่างประเทศที่ศึกษาในเรื่องหาเรื่อง ลิพิด โดยเฉพาะ

3.3 งานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

ธิดารัตน์ คำแพง, กัญญารัตน์ โคจร และ สุจินต์ อังกราวีรุทธ์ (2560) ได้ศึกษางานวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมีโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb โดยยึด

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ประกอบด้วย วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี สมการเคมีและชนิดของปฏิกิริยาเคมี วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ไขมัน และน้ำมัน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจโน้ตส์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีและสารชีวโมเลกุล มีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกพร้อมการอธิบายเหตุผลเพิ่มเติม โดยแบ่งระดับความเข้าใจโน้ตส์เป็น 5 ระดับตามนิยามของ Westbrook และ Marek (1992) ได้แก่ 1) ความเข้าใจโน้ตส์ในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) คือคำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ให้ 3 คะแนน 2) ความเข้าใจโน้ตส์ในระดับที่ต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) คือ คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลของนักเรียนถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ให้ 2 คะแนน 3) ความเข้าใจโน้ตส์ในระดับที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PS) คือ คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่การให้เหตุผลมีบางส่วนคลาดเคลื่อน หรือคำตอบถูกต้องอธิบายเหตุผลไม่ได้ หรืออธิบายเหตุผลถูกต้องแต่เลือกคำตอบผิด ให้ 1 คะแนน 4) ความเข้าใจโน้ตส์ในระดับที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) คือ คำตอบของนักเรียนผิดและการอธิบายเหตุผลมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนทั้งหมดให้ 0 คะแนน และ 5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) คือ คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน และใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure Interview) โดยมีข้อช่วยคำถามในเรื่อง 1) ความเข้าใจโน้ตส์ของนักเรียน 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) สื่อการเรียนรู้ และ 4) ครูผู้สอน

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนความเข้าใจโน้ตส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และเมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจโน้ตส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 75.76

วงจรปฏิบัติการที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI โดยเน้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติ ใช้ภาพนิ่งและวิดีโอเป็นสื่อประกอบการสอนมากขึ้น และอธิบายเทคนิคในการเขียนสรุปความ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความเข้าใจโน้ตส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 84.85

วงจรปฏิบัติการที่ 3 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TSOI โดยเน้นการแก้ปัญหาด้านการเขียนสรุปความของนักเรียน โดยอธิบายเทคนิคในการเขียนสรุปความ ยกตัวอย่างการเขียนสรุปความที่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ และให้นักเรียนทำแบบฝึกการเขียนสรุปความจนเกิดความชำนาญ พบว่า นักเรียนทุกคนมีคะแนนความเข้าใจโน้ตผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 100

สุรรัตน์ จัยกระยาง, วิมลรัตน์ จตุรานนท์ และ ปริญญา ทองสอน (2561) ได้ทำการศึกษา เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณของนักเรียน และเพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่พัฒนาขึ้น กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยในการวัด มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ วัด แนวคิดสำคัญซึ่งประกอบด้วยมโนทัศน์เชิงทฤษฎี มโนทัศน์เชิงบรรยาย และมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ เรื่อง บรรยากาศ ซึ่งแบบวัดเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอน ที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของ แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอกพล จิตตะโส และ หนูกร ปฐมพรพร (2564) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจ มโนทัศน์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยศึกษาและเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยในการทดสอบความเข้าใจโน้ตใช้แบบวัดความเข้าใจโน้ต ทิศน เรื่อง สารชีวโมเลกุล 2 ระดับ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และระดับที่ 2 เป็น อัตนัยเพื่อให้เหตุผลประกอบการตอบในระดับที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความเข้าใจโน้ต ทิศนสารชีวโมเลกุลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีการ เปลี่ยนแปลงความเข้าใจโน้ตสารชีวโมเลกุลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยเปลี่ยนจากความ เข้าใจไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปเป็นสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากกว่าเปลี่ยน จากความเข้าใจที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปเป็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีข้อสังเกตว่า แนวทางในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้ดังนี้ 1) ใช้การสัมภาษณ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง 2) ใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบวัดมโนทัศน์ 2 ระดับ โดยตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นอัตนัยให้เขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกตอบในตอนที่ 1

งานวิจัยจากต่างประเทศ

Lin and Atkinson (2011) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แอนิเมชันและการนำเสนอภาพเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้มโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อตรวจสอบประโยชน์ที่เป็นไปได้ของการใช้แอนิเมชันและการนำเสนอภาพในสภาพแวดล้อมผ่านสื่อมัลติมีเดีย ที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนและส่งเสริมมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยแบ่งเป็นกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่มีการเรียนรู้โดยใช้แอนิเมชัน หรือกราฟิกแบบเคลื่อนไหว 2) กลุ่มที่ใช้การนำเสนอด้วยภาพแบบคงที่ 3) กลุ่มที่ใช้การนำเสนอภาพแบบมีตัวชี้นำ และ 4) กลุ่มที่ใช้การนำเสนอภาพแบบไม่มีตัวชี้นำ โดยการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ใช้แบบทดสอบซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัย ทำการวัดก่อนการทดสอบเพื่อวัดความรู้เดิมของนักเรียน และทำการวัดหลังการทดสอบเพื่อวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาหลังการสอน โดยใช้ข้อสอบข้อคำถามเดียวกันแต่สลับลำดับข้อ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชันมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มนักศึกษาที่ใช้ภาพกราฟิกแบบคงที่ โดยนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มสามารถเรียนรู้จากภาพที่มองเห็นได้ดีพอ ๆ กัน นอกจากนี้ ในการคำนึงถึงผลการเรียนรู้และเวลาในการเรียนรู้ กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการชี้นำภาพสามารถแสดงประสิทธิภาพในการการสอนมากกว่ากลุ่มนักศึกษาที่ไม่ได้รับการชี้นำภาพ

Phon et al. (2019) ได้ศึกษาผลกระทบของความเป็นจริงเสริมต่อความเข้าใจแนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา สำหรับวิชาดาราศาสตร์ โดยพัฒนาแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสริมเพื่อแสดงแบบจำลองเสมือนจริงสำหรับเนื้อหา เรื่อง โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบชนิดปรนัย ผลการวิจัยพบว่า หลังการใช้สื่อความเป็นจริงเสริม นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น 88% แสดงให้เห็นว่าความเป็นจริงเสริมสามารถพัฒนามโนทัศน์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียน สามารถเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสามารถใช้วัตถุเสมือนจริงสามมิติเพื่อ

เพิ่มการรับรู้ทางสายตาของสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดข้อมูลที่น่าเสนอผ่านข้อความ และรูปภาพในหนังสือที่มีการนำเสนอภาพในรูปแบบสองมิติ ซึ่งสูญเสียองค์ประกอบในโลกแห่งความเป็นจริงและทำให้เกิดการตีความได้ยากสำหรับนักเรียนบางคน ความเป็นจริงเสริมนี้จึงช่วยให้เห็นภาพเสมือนแอนิเมชัน ซึ่งสามารถสังเกตรายละเอียดได้จากมุมมองที่แตกต่างกันเพื่อปรับปรุงความเข้าใจของนักเรียน

Ismail et al. (2018) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริม มโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง ไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ไฟฟ้าเพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียน กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจชนิดปรนัย ผลวิจัยพบว่า สื่อความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสามารถช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์เพิ่มขึ้น 0.56 สามารถแปลผลได้ว่าการประยุกต์ใช้สื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมกับการเรียนรู้ฟิสิกส์ โดยเฉพาะแนวคิดทางฟิสิกส์เชิงนามธรรม สามารถปรับปรุงมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนในเรื่อง ไฟฟ้าได้ เพิ่มขึ้นร้อยละ 56 ดังนั้นแนวคิดเรื่องฟิสิกส์เชิงนามธรรมในโลกแห่งความเป็นจริงจึงสามารถแสดงผลออกมาเป็นภาพในโลกเสมือนจริงได้

จากงานวิจัยจากต่างประเทศที่เกี่ยวข้องข้างต้น มีข้อสังเกตว่า แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ที่นิยมใช้ในการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ แบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก และมีการใช้แบบวัดมโนทัศน์ 2 ระดับ โดยเป็นแบบอัตนัยหรือเขียนตอบทั้ง 2 ตอน

3.4 การนำผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีประเด็นที่สามารถนำมาพัฒนาปรับใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ได้พบปัญหาการเรียนรู้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติของลัทธิ จึงนำแนวคิดนี้มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเนื้อหาดังกล่าว และนำไปใช้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับการออกแบบคำถามในหัวเรื่องที่เกี่ยวข้อง

2) ได้พบว่าในห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีการใช้ความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะด้านต่าง ๆ และพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และงานวิจัยของ

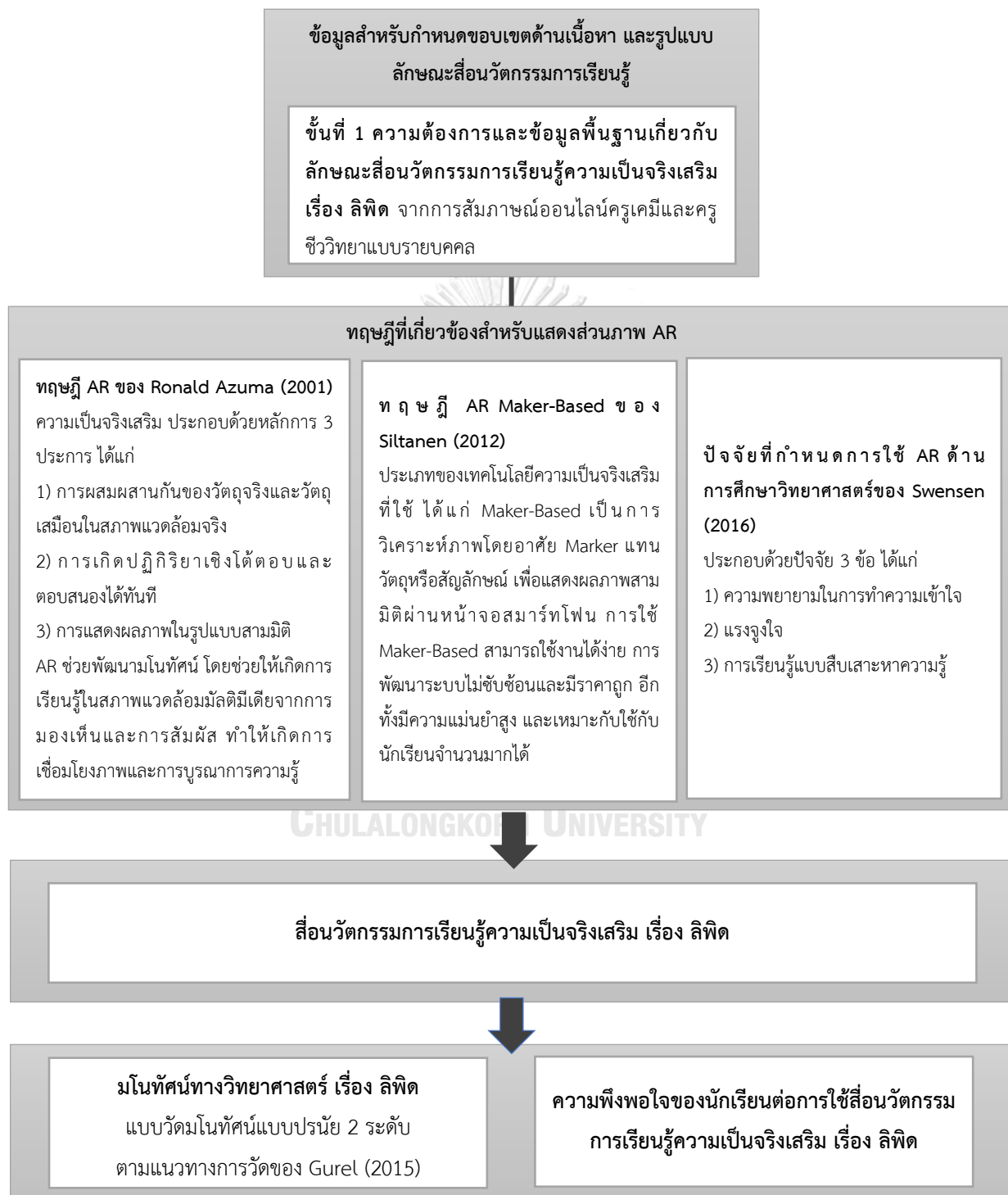
ไทยก่อนหน้านี้ยังไม่พบการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในหัวข้อ เรื่อง ลิพิด โดยเฉพาะ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาสื่อดังกล่าว เพื่อใช้เป็นทางเลือกสำหรับครูผู้สอนในการประยุกต์ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน และสื่อวัตกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนได้ โดยความเป็นจริงเสริมช่วยให้เนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมเข้าใจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยที่ศึกษา ยังพบข้อจำกัดบางประการ เช่น การใช้แอปพลิเคชันได้เฉพาะระบบ Android ด้วยข้อจำกัดนี้ งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาระบบที่ใช้ได้ทั้งระบบ Android และ IOS เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าวได้

3) ได้รูปแบบในการพัฒนางานวิจัย โดยใช้รูปแบบประเภทวิจัยและพัฒนา (Research & Development; R&D) ซึ่งมี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย 1) ศึกษาความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ 2) การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ 3) การนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และ 4) การประเมินและปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีการดัดแปลงและนำขั้นตอนดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

4) ได้แนวทางในการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ซึ่งแบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ระดับ มีความเหมาะสมที่จะนำไปวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนได้ โดยแบบวัดปรนัย 2 ระดับ นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องในตอนต้นที่ 1 และเขียนอธิบายเหตุผล แนวคิดหรือความเข้าใจในตอนต้นที่ 2 ซึ่งสามารถวัดได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ถูกต้องหรือไม่ มากน้อยเพียงใด หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยและพัฒนา (Research and development, R&D) ซึ่งกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาความต้องการ และข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด (วิจัยระยะที่ 1; Research 1)

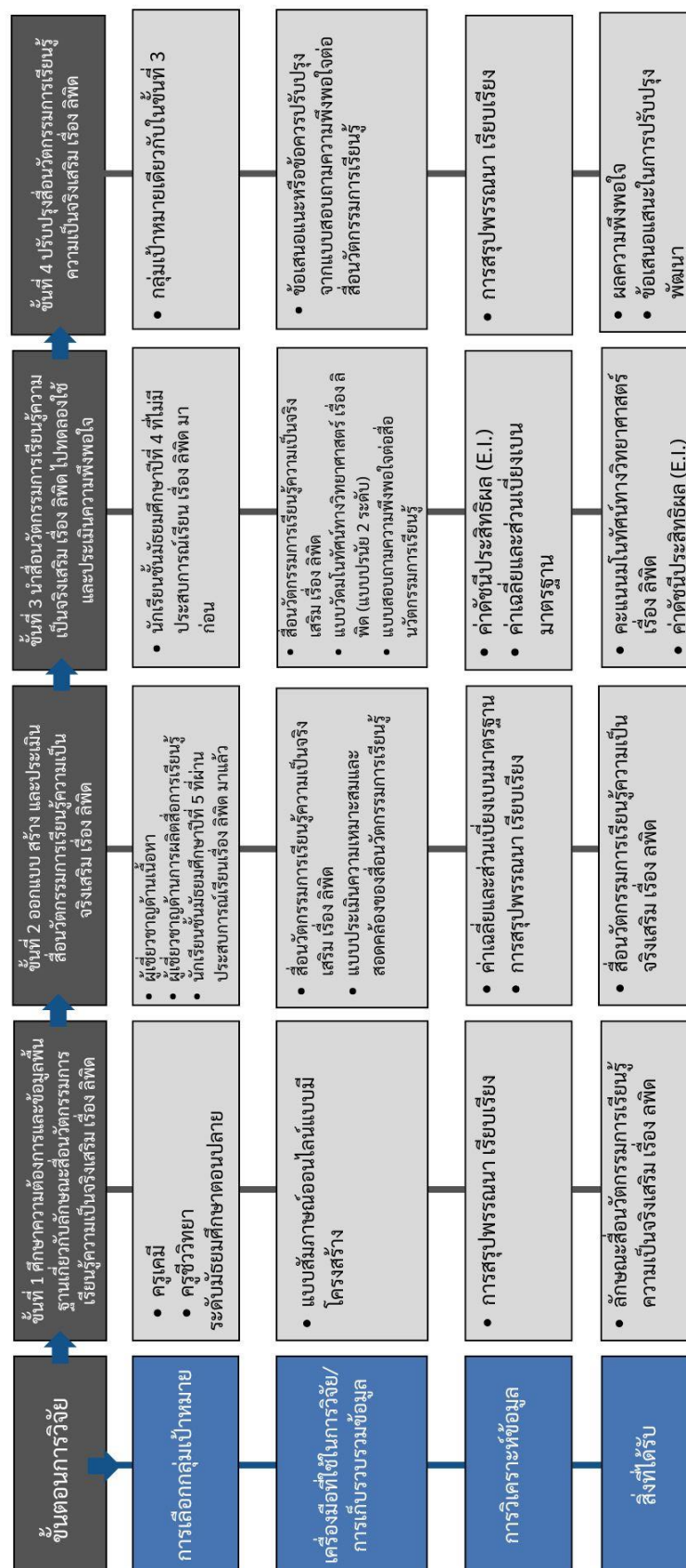
ขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
(พัฒนาระยะที่ 1; Development 1)

ขั้นที่ 3 นำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมิน
ความพึงพอใจ (วิจัยระยะที่ 2; Research 2)

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
(พัฒนาระยะที่ 2; Development 2)

โดยขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้น ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยกำหนดประเด็น 4 ประเด็น ตามรายละเอียด ดังนี้

1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล



ภาพที่ 4 ภาพรวมของขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

ขั้นที่ 1 ศึกษาความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนนี้ คือ ครูสอนวิทยาศาสตร์ที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 6 ท่าน แบ่งเป็นครูเคมี จำนวน 3 ท่าน และครูชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกครูเคมีที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

- 1) เป็นครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
- 2) มีประสบการณ์การสอน เรื่อง ลิพิด สารเคมี ตามหลักสูตรเดิมของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 อย่างน้อย 5 ปี

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกครูชีววิทยาที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีดังนี้

- 1) เป็นครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
- 2) มีประสบการณ์การสอน เรื่อง ลิพิด สารชีววิทยา ตามหลักสูตรใหม่ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ ได้แก่ แบบบันทึกการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง สำหรับครูเคมีและครูชีววิทยา มีลักษณะเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่พบในห้องเรียน ความต้องการ และข้อมูลพื้นฐานลักษณะสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลลงในแบบสัมภาษณ์ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม รวมถึงทฤษฎีการพัฒนาสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อกำหนดสภาพปัญหา ความต้องการ และนำมาสร้างแนวข้อคำถามในการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง

2) สร้างข้อคำถามเกี่ยวกับลักษณะสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด แล้วนำข้อคำถามที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3) นำข้อคำถามที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเคมี และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา (รายนามในภาคผนวก ก) เพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) และคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (อารยา องค์เอี่ยม, 2561) จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

การตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม จำนวน 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

4) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ ของผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถาม จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำเสนอคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) นำข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับครูเคมีและชีววิทยา จำนวน 10 ข้อ ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 (รายละเอียดในภาคผนวก ข) ไปใช้ในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ใช้การสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง สัมภาษณ์ครูเคมีและครูชีววิทยาเป็นรายบุคคลผ่านโปรแกรม Zoom โดยนัดหมายตามวันเวลาที่แต่ละท่านสะดวก ใช้เวลาสัมภาษณ์ท่านละประมาณ 1 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ มีรายละเอียดสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายเพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยถึงกลุ่มเป้าหมาย
- 2) เมื่อจดหมายได้รับการอนุมัติจากกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย ให้กลุ่มเป้าหมายทราบด้วยตนเอง
- 3) ผู้วิจัยทำการนัดหมายการสัมภาษณ์ออนไลน์กับกลุ่มเป้าหมายในวันเวลาที่แต่ละท่านสะดวก ใช้เวลาสัมภาษณ์ท่านละประมาณ 1 ชั่วโมง และขออนุญาตบันทึกภาพถ่ายและวิดีโอขณะทำการสัมภาษณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ระยะเวลาดำเนินการเก็บข้อมูลประมาณ 1 สัปดาห์

4) เมื่อถึงวันเวลาที่นัดหมายของกลุ่มเป้าหมายแต่ละท่าน ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงรายละเอียดการวิจัย จากนั้นเริ่มการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการ ทำหน้าที่อ่านประเด็นคำถามทีละคำถาม และให้กลุ่มเป้าหมายแสดงความคิดเห็นในประเด็นนั้น ๆ ระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้บันทึกคำพูดของกลุ่มเป้าหมาย เมื่ออ่านประเด็นคำถามครบทุกข้อแล้ว ผู้วิจัยทำการกล่าวขอบคุณและปิดการสัมภาษณ์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การสัมภาษณ์ออนไลน์แบบรายบุคคล ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ในขั้นที่ 2 ต่อไป

ขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนนี้ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อประเมินความเหมาะสมในด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้เพื่อประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สนใจและผ่านประสบการณ์การเรียนรู้เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จำนวน 15 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน ดังนี้

1) เกณฑ์การพิจารณาการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.1) เป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ประจำสาขาเคมี หรือครูที่สอนในรายวิชาเคมี หรือชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

1.2) มีประสบการณ์การสอนเคมีหรือชีววิทยาภายในสถานศึกษา อย่างน้อย 5 ปี

1.3) มีประสบการณ์การสอน เรื่อง ลิพิด

2) เกณฑ์การพิจารณาการเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้

2.1) เป็นอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ประจำสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา หรือมีประสบการณ์การทำวิจัยด้านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ หรือเป็นนักออกแบบด้านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

2.2) มีประสบการณ์การทำงานด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ อย่างน้อย 5 ปี

3) เกณฑ์การพิจารณานักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.1) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

3.2) มีความสนใจ และผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3.3) มีพื้นฐานความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตสำหรับทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยขั้นตอนนี้ ได้แก่ สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด และแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1) นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบรายบุคคล สำหรับครูเคมีและครูชีววิทยาในชั้นที่ 1 เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ การลำดับเนื้อหา และกำหนดรูปแบบลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ตอบโจทย์กับความต้องการและสามารถแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ที่พบในเนื้อหา เรื่อง ลิพิด

2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมในส่วนแสดงภาพสามมิติ จากทฤษฎี AR ของ Ronald Azuma (2001) ทฤษฎี AR

Maker-Based ของ Siltanen (2012) และ ปัจจัยที่กำหนดการใช้ AR ด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ ของ Swensen (2016) เพื่อใช้เป็นแนวทางออกแบบลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด

3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริง เสริมซึ่งใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4) ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อวิเคราะห์ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด เพื่อกำหนดกรอบเนื้อหาที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาสื่อ วัตกรรมการเรียนรู้

5) ศึกษาหนังสือเรียนไทย ได้แก่ หนังสือรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 1 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และหนังสือต่างประเทศ รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ลิพิด ได้แก่ หนังสือเรียนของ Campbell Biology และ Cambridge Biology AS & A Level เพื่อวิเคราะห์และ กำหนดกรอบเนื้อหา รวมถึงจุดประสงค์การเรียนรู้ การเรียบเรียงลำดับเนื้อหา เพื่อนำไปใช้ในการ ออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ให้ครอบคลุมตามตัวชี้วัดและ สาระการเรียนรู้

6) ดำเนินการวางแผนและออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยใช้หลักการและทฤษฎี AR ของ Ronald Azuma (2001) ทฤษฎี AR Maker-Based ของ Siltanen (2012) ปัจจัยที่กำหนด 4 ข้อของการใช้ AR ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ของ Swensen (2016) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบหรือองค์ประกอบ เช่น ภาพเคลื่อนไหวสามมิติ ข้อความตัวอักษร และ ฟังก์ชันการใช้งานต่าง ๆ รวมถึงการจัดลำดับเนื้อหา เรื่อง ลิพิด ที่จะนำไปใช้สร้างสื่อความเป็นจริง เสริม โดยส่วนที่จะแสดงผลภาพความเป็นจริงเสริม ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ซึ่ง สมบัติของลิพิด แบ่งออกเป็น 1) การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน 2) การทดสอบปริมาณกรด ไขมันไม่อิ่มตัว และ 3) การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน ซึ่งนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ ร่วมกับสื่อได้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับเนื้อหาดังกล่าว จากนั้นจึงดำเนินการร่างแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ตามแผนงานที่กำหนดไว้

ตารางที่ 6 การออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการ	การนำไปใช้ในการออกแบบสื่อ
ทฤษฎี AR ของ Ronald Azuma (2001)	ส่วนที่แสดงความเป็นจริงเสริม ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ประกอบด้วยหลักการ 3 ประการ ได้แก่ 1) การผสมผสานกันของวัตถุจริงและวัตถุเสมือนในสภาพแวดล้อมจริง 2) การเกิดปฏิกิริยาเชิงโต้ตอบและตอบสนองได้ทันที 3) การแสดงผลภาพในรูปแบบสามมิติ
ทฤษฎี AR Maker-Based ของ Siltanen (2012)	ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ใช้ ได้แก่ Maker-Based เป็นการวิเคราะห์ภาพโดยอาศัย Marker แทนวัตถุหรือสัญลักษณ์ เพื่อแสดงผลภาพสามมิติผ่านหน้าจอสมาร์ทโฟน การใช้ Maker-Based สามารถใช้งานได้ง่าย การพัฒนาระบบไม่ซับซ้อนและมีราคาถูก อีกทั้งมีความแม่นยำสูง จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก
ปัจจัยที่กำหนดการใช้ AR ด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ของ Swensen (2016)	Swensen ได้ศึกษาปัจจัยหลักที่กำหนดการใช้ AR ที่อาจส่งผลต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ของการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 4 ข้อ แต่ในงานวิจัยนี้จะเลือกปัจจัยเพียง 3 ข้อมาใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ความพยายามในการทำความเข้าใจ 2) แรงจูงใจ 3) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
7) นำแบบร่างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ หลังจากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขเสร็จเรียบร้อยแล้วนำส่งคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รายละเอียดในภาคผนวก ข)	
8) นำแบบร่างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ที่ผ่านการพิจารณาแล้วมาพัฒนาเป็นสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด โดยใช้โปรแกรม Unity 3D เป็นโปรแกรมหลักในการสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด	

9) หลังจากพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด เสร็จสิ้นแล้ว นำส่งผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ประกอบด้วย อาจารย์ระดับมหาวิทยาลัย ประจำสาขาเคมี หรือครูสอนเคมีหรือชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) เพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด ใช้ระยะเวลาในการประเมิน 2 สัปดาห์ (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

10) นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เมื่อผ่านการพิจารณาแล้ว ผู้วิจัยนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่อยู่ห้องเรียนเดียวกัน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยจัดการเรียนรู้นอกเวลาเรียนตามปกติ เมื่อนักเรียนใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ นำข้อมูลและข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ผล และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ให้มีความสมบูรณ์ พร้อมนำไปใช้ในขั้นที่ 3 ต่อไป

2) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด สำหรับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

2) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง ลิพิด พัฒนาและปรับปรุงจากงานวิจัยของ กนกกาญจน์ ทองตฤณศิลป์ และคณะ (2556) แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีรายละเอียดดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลของการประเมิน พัฒนาและปรับปรุงจาก ละเอียด ศิลา น้อย และ กันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ (2562) มีรายละเอียดดังนี้

- 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) นำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4) นำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเคมี หรือครูสอนเคมีหรือชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence, IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

การตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

5) นำข้อคำถามในแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำเสนอคณะกรรมการ

จริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

6) นำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริง
เสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปใช้ในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ใช้แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับ
ผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา
รวมถึงตรวจสอบความยากง่ายของการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมก่อนนำไปทดลอง
ใช้ในขั้นที่ 4 มีรายละเอียดสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญ มีรายละเอียดสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญและจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลการ
วิจัยถึงกลุ่มเป้าหมาย
- 2) เมื่อจดหมายได้รับการอนุมัติจากกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานและ
อธิบายเกี่ยวกับการวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายรับทราบด้วยตนเอง
- 3) ผู้วิจัยนำส่งสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด ในรูปแบบคู่มือ
เอกสารซึ่งอธิบายรายละเอียดวิธีการใช้งานและรายละเอียดของฉากต่าง ๆ พร้อมทั้งนำส่งแบบ
ประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ส่งให้
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ เพื่อประเมินความเหมาะสมและ
สอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยกำหนดระยะเวลาในการ
ตรวจสอบและประเมิน 2 สัปดาห์ หลังจากที่ได้รับคู่มือเอกสาร เมื่อผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน
เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการส่งผลการประเมินและข้อเสนอแนะกลับมาให้ผู้วิจัยเพื่อดำเนินการ
ปรับปรุงแก้ไขต่อไป

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย
ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลการวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน
- 2) เมื่อจดหมายได้รับการอนุมัติจากผู้อำนวยการ ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานและ
อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้คุณครูที่ปรึกษาและนักเรียนด้วยตนเอง

3) ผู้วิจัยติดต่อและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองเพื่อลงนาม และชี้แจงรายละเอียดการวิจัย วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย

4) จากนั้นผู้วิจัยนัดหมายวันและเวลาดอกเวลาเรียนตามปกติกับนักเรียน เพื่อทดลองใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด และทำประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งนักเรียนเพื่อทดลองใช้สื่อนวัตกรรมออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ นักเรียน แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) จำนวน 2 คน นักเรียนกลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน และนักเรียนกลุ่มใหญ่ จำนวน 10 คน รวมทั้งหมด 15 คน ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 1 สัปดาห์

5) เมื่อถึงวันเวลาที่นัดหมาย ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และแนะนำการใช้ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด กับกลุ่มเป้าหมาย หลังจากนั้นผู้วิจัยดำเนินการ สานิตและดำเนินการใช้สื่อกับกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง เมื่อดำเนินการใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้เสร็จ เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรม การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด จำนวน 15 ข้อ เมื่อเสร็จสิ้นการดำเนินการผู้วิจัยจึงกล่าวขอบคุณและปิดการ จัดการเรียนรู้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และแปล ผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน มีรายละเอียดดังนี้

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

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากแบบประเมินความเหมาะสมและ สอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง และนำผลการ ประเมินตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ขั้นที่ 3 นำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ

1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 1 ห้องเรียน ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณานักเรียน ดังนี้

เกณฑ์การพิจารณาการเลือกนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

- 3.1) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- 3.2) เป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ทั่วไป จำนวน 1 ห้องเรียน
- 3.3) มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสำหรับทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยขั้นตอนนี้ ได้แก่ 1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ซึ่งเป็นสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงในขั้นที่ 2 2) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 2 ระดับ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2) ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา ม.4 เล่ม 1 และหนังสือเรียนต่างประเทศเพื่อกำหนดมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยหรือข้อความมโนทัศน์ เรื่อง ลิพิด
- 3) วิเคราะห์และกำหนดมโนทัศน์ เรื่อง ลิพิด เพื่อกออกแบบโครงสร้างของข้อสอบ และกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดที่ต้องการให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้

4) สร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด มีลักษณะเป็นแบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ระดับ ซึ่งตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามแบบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ ตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยหรือเขียนตอบ เพื่อเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

5) สร้างเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งจะขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียนว่าตอบได้ถูกต้องครบองค์ประกอบของมโนทัศน์ย่อยหรือข้อความมโนทัศน์เรื่องนั้นหรือไม่ กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนน พัฒนาและปรับปรุงจาก Marek et al. (1990) ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับมโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์	เกณฑ์การให้คะแนน		
	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	คะแนนเต็ม
1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound Understanding : SU)	เลือกคำตอบ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ ถูกต้อง และ ครบ องค์ประกอบที่สำคัญของ แต่ละมโนทัศน์	3 คะแนน
2. มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding : PU)	เลือกคำตอบ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ ถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบ บางส่วนสำคัญของแต่ละ มโนทัศน์	2 คะแนน
	เลือกคำตอบไม่ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ ถูกต้อง และ ครบ องค์ประกอบที่สำคัญของ แต่ละมโนทัศน์	2 คะแนน
3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conceptions : SA)	เลือกคำตอบ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ มีบางส่วนไม่ถูกต้อง	1 คะแนน
	เลือกคำตอบไม่ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ มีบางส่วนถูกต้อง	1 คะแนน
4. มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง (No Understanding : NU)	เลือกคำตอบไม่ ถูกต้อง	การเขียนข้อความมโนทัศน์ไม่ ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ	0 คะแนน

6) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

7) นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเคมี หรือครูสอนเคมีหรือชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจสอบในประเด็นต่อไปนี้ คือ การใช้และการสื่อความหมายของข้อคำถาม ความเหมาะสมของข้อคำถามในการวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยประเมินค่าความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence, IOC) ของแบบวัดแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วพิจารณาเลือกแบบวัดที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แล้วดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง -0.33-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

8) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามและคัดเลือกข้อคำถามแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

9) นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านประสบการณ์การเรียนรู้เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

10) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ แล้วนำมาตรวจสอบวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) กำหนดเกณฑ์ค่าความยากง่าย คือ 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก 0.4 ขึ้นไป (อารยา องค์เอี่ยม, 2561) จากนั้นนำเสนอคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

11) นำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบแล้ว นำไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มเป้าหมาย

2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด

มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

2) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด พัฒนาและปรับปรุงจากงานวิจัยของพัฒนา พรหมณี และคณะ (2563) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 14 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก

3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลของแบบสอบถาม มีรายละเอียดดังนี้

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

3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบเนื้อหาและความเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

4) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำสาขาเคมี หรือครูสอนเคมีหรือชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

การตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

5) นำข้อเสนอแนะต่าง ๆ มาพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เมื่อปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำเสนอคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

6) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด ไปใช้ในการวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ โดยเก็บข้อมูลวิจัยจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

1) ผู้วิจัยดำเนินการส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลและทดลองใช้เครื่องมือวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน

2) เมื่อจดหมายได้รับการอนุมัติ ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 รับทราบด้วยตนเอง

3) ผู้วิจัยติดต่อและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองเพื่อนาม และชี้แจงรายละเอียดการวิจัย วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ และรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย

4) นัดหมายวันและเวลากับนักเรียนนอกเวลาเรียนตามปกติ เพื่อดำเนินการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด เพื่อทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด และเพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการ 3 วัน โดยวันแรกใช้เวลา 1 คาบเรียน วันที่ 2 ใช้เวลา 2 คาบเรียน และวันที่ 3 ใช้เวลา 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที

5) เมื่อถึงวันเวลานัดหมายวันแรก ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง หลังจากนั้นครูผู้สอนชีววิทยาเป็นผู้ดำเนินการให้นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ฉบับก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบวัด 40 นาที โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้คอยสังเกตการณ์ขณะนักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

6) ในวันนัดหมายวันที่ 2 ครูผู้สอนชีววิทยาดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด กับกลุ่มเป้าหมาย ใช้เวลาในการจัดการ

เรียนรู้ 2 คาบเรียน ซึ่งครูผู้สอนได้ผ่านการอบรมวิธีการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้กับผู้วิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้คอยสังเกตการณ์ขณะครูผู้สอนดำเนินการจัดการเรียนรู้

7) ในวันนัดหมายวันที่ 3 ครูผู้สอนชีววิทยาให้นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ฉบับหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบวัด 40 นาที และเมื่อทำแบบวัดเสร็จสิ้นแล้ว จากนั้นให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการปรับปรุงแก้ไขสื่อวัตกรรมการเรียนในขั้นที่ 4 ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากประสิทธิผลของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index, E.I.) (เพชฌัญญู กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี, 2545) หาได้จากสูตร

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

เมื่อ E.I. คือ ค่าดัชนีประสิทธิผล

$\sum X_{\text{pretest}}$ คือ ผลรวมของคะแนนก่อนการทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

$\sum X_{\text{posttest}}$ คือ ผลรวมของคะแนนหลังการทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

N คือ จำนวนนักเรียน และ A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเป็นไปได้สูงสุดคือ 1 หากคำนวณได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน จึงเชื่อได้ว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้สูงขึ้น ในทางกลับกัน หากคำนวณและมีค่าติดลบ แสดงว่าคะแนนก่อนเรียนสูงกว่าคะแนนหลังเรียน หรือสื่อวัตกรรมการเรียนรู้นี้ไม่มีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้เรื่อง ลิพิด ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละข้อ และแปลผลเทียบกับเกณฑ์การประเมิน มีรายละเอียดดังนี้

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

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

1. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเดียวกับกลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 3 คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 1 ห้องเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยขั้นตอนนี้ ได้แก่ ข้อเสนอแนะหรือข้อควรปรับปรุงจากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ในขั้นที่ 3

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด จากกลุ่มเป้าหมายในขั้นที่ 3 และนำข้อควรปรับปรุงหรือข้อเสนอแนะจากกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากการทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มาทำการสรุปเรียบเรียงพรรณนาและวิเคราะห์สาระเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ให้เสร็จสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลข้อควรปรับปรุงหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ให้เสร็จสมบูรณ์ต่อไป

5. เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเกณฑ์พิจารณาให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยออกจากโครงการ

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัย ก่อนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยได้คำนึงถึงจรรยาบรรณของนักวิจัย และให้การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วม ดังนี้

5.1 เกณฑ์การคัดเลือก

5.1.1 กลุ่มครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มเป้าหมายผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์การพิจารณาในชั้นการดำเนินการวิจัยของการเลือกกลุ่มเป้าหมายในแต่ละชั้น

5.1.2 กลุ่มนักเรียนหรือกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี

กลุ่มเป้าหมายที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี ต้องได้รับการอนุญาตและความยินยอมจากผู้ปกครอง ให้เข้าร่วมการวิจัยซึ่งเป็นไปตามความสมัครใจ

5.2 เกณฑ์การคัดออก

5.2.1 กลุ่มครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มเป้าหมายผู้เชี่ยวชาญหรือครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ให้การสัมภาษณ์สามารถขอถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ หากรู้สึกไม่สบายใจ ได้รับความไม่สะดวก หรือรู้สึกว่าจะไม่ได้รับความเป็นธรรมขณะการให้สัมภาษณ์ และกลุ่มเป้าหมายที่ทำแบบประเมิน หากให้ข้อมูลไม่ครบถ้วนผู้วิจัยจะคัดกลุ่มเป้าหมายออกจากโครงการวิจัยทันที

5.2.2 กลุ่มนักเรียนหรือกลุ่มเป้าหมายที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี

1) กลุ่มเป้าหมายสามารถขอถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ หากรู้สึกไม่สบายใจ ได้รับความไม่สะดวก หรือรู้สึกว่าจะไม่ได้รับความเป็นธรรมขณะเข้าร่วมวิจัย และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อกลุ่มเป้าหมายแต่อย่างใด และผู้วิจัยจะไม่หาผู้เข้าร่วมวิจัยมาทดแทน แต่จะดำเนินการวิจัยและรายงานผลการวิจัยตามสภาพความเป็นจริง

2) กลุ่มเป้าหมายที่ทำแบบประเมิน แบบวัด หรือแบบสอบถาม หากให้ข้อมูลไม่ครบถ้วน ไม่ทำแบบประเมิน ไม่ทำแบบวัด หรือไม่ทำแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะคัดกลุ่มเป้าหมายออก

จากโครงการวิจัยทันที แต่กลุ่มเป้าหมายยังคงสามารถเรียนและได้รับการประเมินผลในการวิจัยครั้งนี้ได้ตามปกติ

6. วิธีการพิทักษ์สิทธิและรักษาความลับของกลุ่มเป้าหมาย

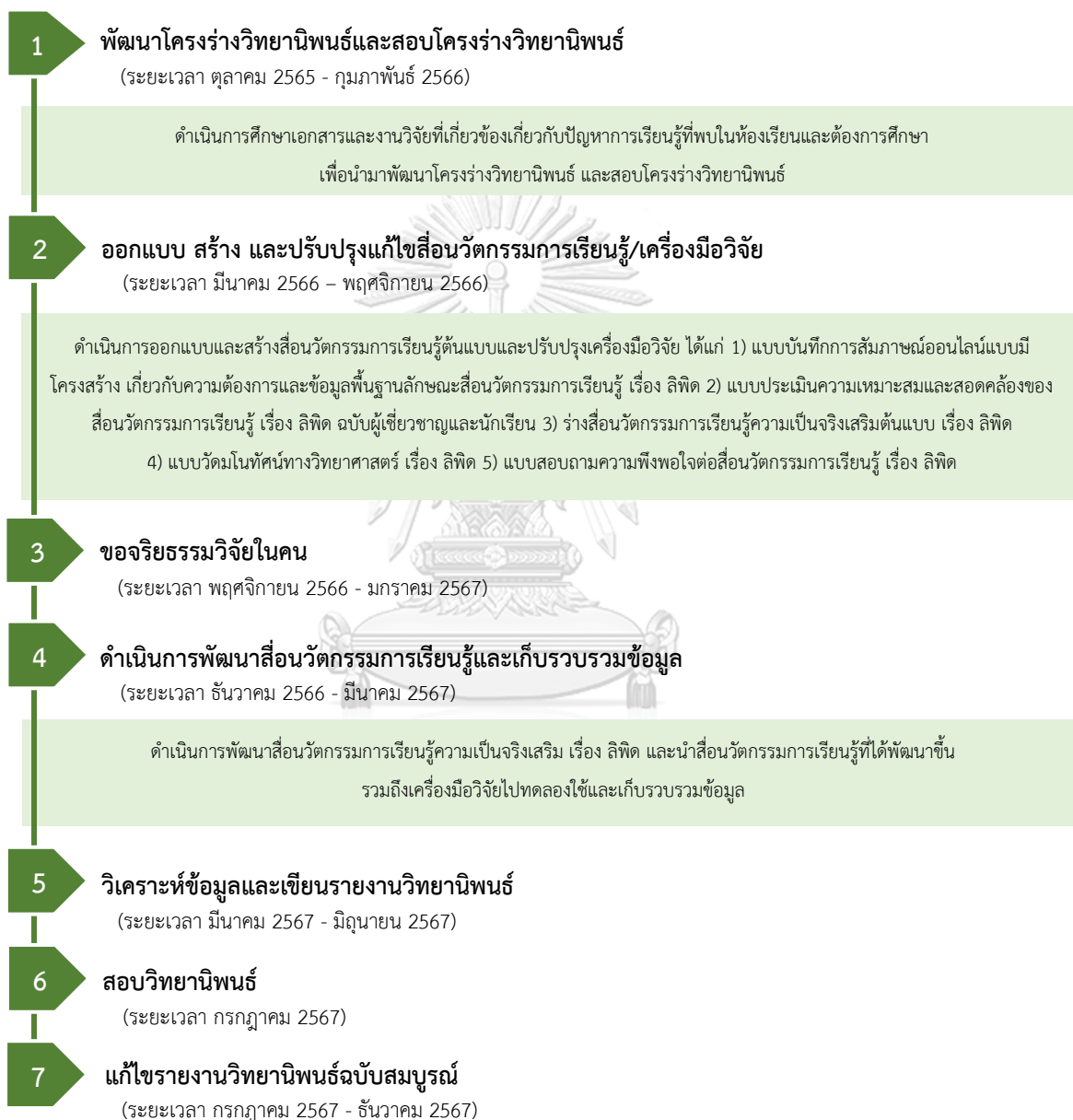
การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาแบบลดขั้นตอน (Expedited Review) จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมายครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจะทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย และจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการตอบรับจากกลุ่มเป้าหมายเท่านั้น โดยข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มเป้าหมายจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคลตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยและหลังการวิจัย ทั้งนี้หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการทำลายข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมายภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ด้วยการลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

2. กลุ่มเป้าหมายนักเรียน ซึ่งมีอายุต่ำกว่า 18 ปี ผู้วิจัยจะต้องขอความยินยอมจากผู้ปกครองของนักเรียน โดยติดต่อและดำเนินการส่งเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและสำหรับผู้ปกครองเพื่อลงนาม รวมถึงขออนุญาตกับทางโรงเรียน และจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการยินยอมและตอบรับจากกลุ่มเป้าหมายเท่านั้น พร้อมทั้งมีการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยและระบุว่า การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งไม่มีผลต่อคะแนนและไม่ได้ลดทอนความรู้ของนักเรียน การนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัยจะไม่มี การระบุชื่อและไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน ซึ่งข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคลตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยและหลังการวิจัย ทั้งนี้หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการทำลายข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมายภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยภายใน 6 เดือน ด้วยการลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

สรุปการดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 5 สรุปการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ประเด็น ตามขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (Research and development, R&D) ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ประเด็นที่ 2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ประเด็นที่ 3 ผลการวิเคราะห์การนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ

ประเด็นที่ 4 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ประเด็นที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

การวิเคราะห์ความต้องการและข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด จากการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบรายบุคคล สำหรับครูเคมีและครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยข้อคำถามในการสัมภาษณ์มีทั้งหมด 10 ข้อ ใช้การสรุปพรรณาเรียบเรียง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม จากการสัมภาษณ์ครูทั้ง 6 ท่าน สามารถวิเคราะห์ลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ได้ดังนี้

1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมควรแสดงให้เห็นรายละเอียดของภาพโครงสร้างทางเคมีของลิพิดแต่ละชนิดในรูปแบบภาพเสมือนสามมิติได้อย่างถูกต้อง และสามารถแสดงถึงสมบัติของลิพิดซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของโครงสร้างทางเคมีที่มีความแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความอืดตัวและไม่อืดตัว พันธะเดี่ยวหรือพันธะคู่ ซึ่งแสดงในรูปแบบ AR สามมิติ สามารถหมุนภาพโครงสร้างโมเลกุลได้ 360 องศา ทำให้นักเรียนเห็นลักษณะโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดซึ่งมีความซับซ้อน ให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจมากขึ้น

2) ควรมีชุดคำถามประกอบหรือมีใบกิจกรรม เพื่อให้ให้นักเรียนได้บันทึกข้อมูลและค้นหาคำตอบจากคำถามหรือคำชี้แจงในใบกิจกรรม เพื่อให้การทำกิจกรรมบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

3) สื่อความเป็นจริงเสริมควรช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งสื่อความเป็นจริงเสริมควรใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้และไม่เพิ่มภาระทางปัญญาให้กับนักเรียน

4) เนื้อหาควรมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาสื่อ สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือตัวชี้วัด และสามารถแก้ปัญหาการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ได้ ซึ่งนักเรียนยังคงมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ตัวอย่างเช่น นักเรียนมีความเข้าใจว่าไขมันหรือน้ำมันที่ได้จากพืช ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัว โครงสร้างเป็นพันธะคู่ ดังนั้นเนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จะต้องครอบคลุมบทเรียนที่ต้องการส่งเสริมโนทัศน์ของนักเรียนให้ถูกต้องและเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน การให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงและสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมจากการเห็นภาพและการสัมผัส จะเกิดกระบวนการเรียนรู้และจดจำได้ดีมากกว่า ดังนั้นสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญในการเรียนการสอนเพื่อช่วยส่งเสริมให้การเรียนการสอนนั้นเป็นไปได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

5) สื่อความเป็นจริงเสริมควรใช้ความเป็นจริงเสริมประเภท Maker-Based สำหรับแสดงผลภาพ AR เนื่องจาก Maker-Based เป็นการใชภาพแทนวัตถุหรือสัญลักษณ์ร่วมกับการใช้กล้องสแกนไปที่ Maker เพื่อแสดงภาพสามมิติบนโลกเสมือนจริง ที่สามารถหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ 360 องศา Maker-Based เป็นประเภทความเป็นจริงเสริมที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน ราคาของการพัฒนาระบบถูกโดย Maker อาจอยู่ในรูปแบบกระดาษหรือภาพ QR code ก็ได้ ซึ่งสามารถใช้กับนักเรียนจำนวนมากได้ อีกทั้ง Maker-Based มีความแม่นยำในการวิเคราะห์เนื้อหา AR ค่อนข้างสูง และสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์บนมือถือ ซึ่งเหมาะกับสภาพห้องเรียนในปัจจุบันสามารถเข้าถึงนักเรียนได้มากขึ้น

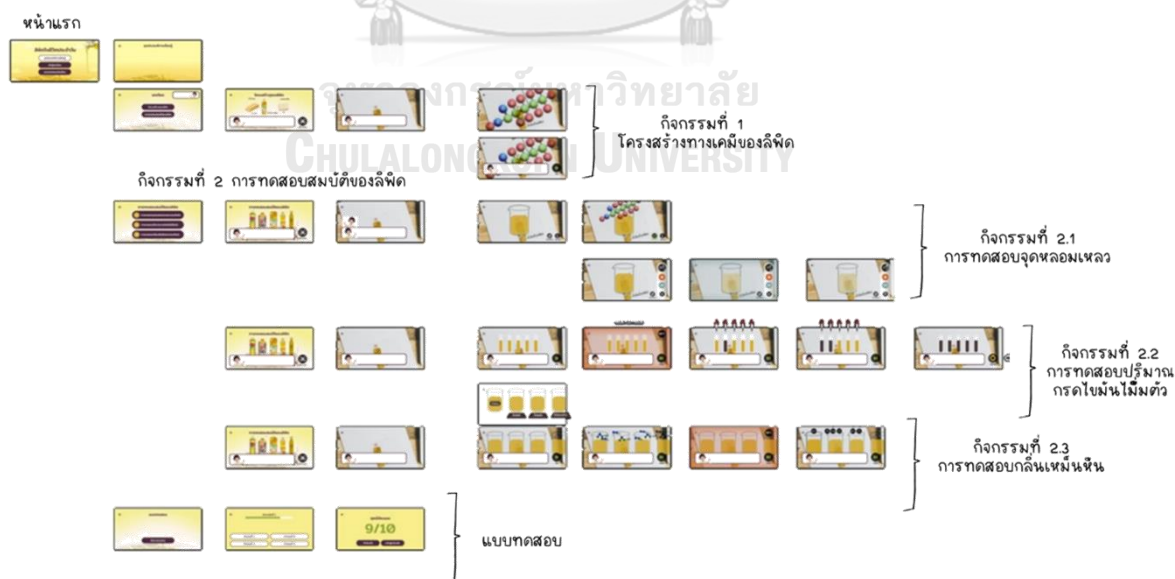
จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสื่อความเป็นจริงเสริมดังกล่าว จึงนำไปสู่การออกแบบ สร้างและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ในขั้นที่ 2 เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่ต้องการส่งเสริมให้นักเรียนมีมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ประเด็นที่ 2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

การวิเคราะห์ผลการออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์การออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด และ 2) ผลการวิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ใช้การสรุปพรรณนาเรียบเรียง และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติบรรยาย สำหรับค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์การออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยนำผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบรายบุคคล สำหรับครูเคมีและครูชีววิทยา ในชั้นที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบร่างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 6 แบบร่างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมเทคโนโลยี AR เรื่อง ลิพิด

สามารถวิเคราะห์ผลการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ได้ดังนี้

1) เนื้อหาที่ใช้ ได้แก่ เนื้อหา เรื่อง ลิพิด รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2) การนำเสนอและการลำดับเนื้อหา ประกอบด้วย 2 บทเรียน ได้แก่ 1) โครงสร้างทางเคมีของลิพิด และ 2) สมบัติของลิพิด ซึ่งสมบัติของลิพิด แบ่งออกเป็น 3 การทดสอบ ได้แก่ 1) การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน 2) การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว และ 3) การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน โดยนักเรียนจะต้องศึกษาโครงสร้างทางเคมีของลิพิดซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานก่อนนำไปสู่เรื่องสมบัติของลิพิดที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกเรียนสมบัติของลิพิด การทดสอบใดก่อนก็ได้ตามความสนใจ และมีแบบทดสอบเพื่อเป็นการวัดความรู้ความเข้าใจเมื่อนักเรียนศึกษาเนื้อหาครบทุกบทเรียนเรียบร้อยแล้ว อีกทั้งยังมีใบกิจกรรมให้นักเรียนทำร่วมกับการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

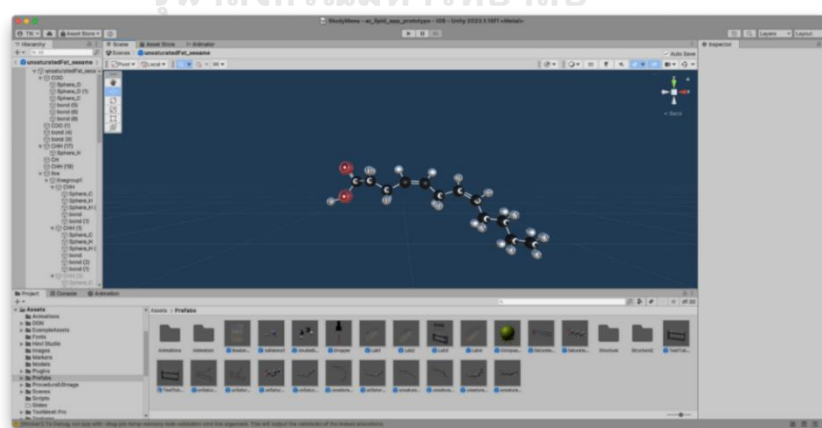
3) ส่วนที่แสดงภาพสามมิติ ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด แสดงให้เห็นรายละเอียดภาพโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันที่แตกต่างกัน เช่น จำนวนคาร์บอนอะตอม จำนวนพันธะคู่ ความอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว โดยสามารถหมุนภาพโครงสร้างได้ 360 องศา และนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ขณะเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ซึ่งประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ใช้ ได้แก่ Maker-Based โดยจะมีรูปภาพอยู่ในใบกิจกรรมสำหรับใช้เป็น Maker ให้นักเรียนสแกนภาพสามมิติของแต่ละกิจกรรม

อย่างไรก็ตาม เมื่อนักเรียนใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนี้แล้ว นักเรียนจะสามารถอธิบายโครงสร้างทางเคมีของลิพิด อธิบายสมบัติของลิพิดที่เกิดจากโครงสร้างของชนิดกรดไขมันที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน และสามารถระบุหรือเลือกใช้ชนิดน้ำมันหรือไขมันได้เหมาะสมกับประเภทของการประกอบอาหารและเหมาะสมต่อการบริโภค โดยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้นักเรียน และเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับครูชีววิทยาในการประยุกต์ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ในอนาคตต่อไป

จากผลการวิเคราะห์ผลการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

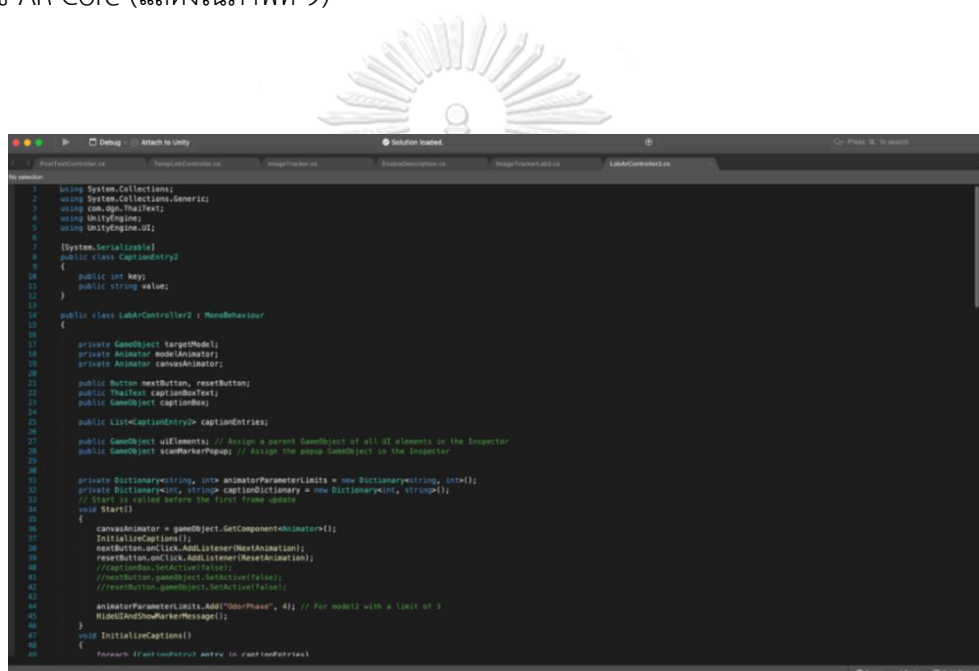
1. สื่อความเป็นจริงเสริมสามารถสัมผัสโครงสร้างทางเคมี หมุนได้ 360 องศา
2. ประเภทของความเป็นจริงเสริมที่ใช้ ได้แก่ Marker-Based เพื่อแสดงภาพเสมือน AR สามมิติ สำหรับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ซึ่งจะช่วยให้เห็นรายละเอียดของภาพได้อย่างชัดเจน เนื่องจาก Marker-Based ใช้งานง่าย มีความแม่นยำสูง ความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบมีราคาถูก สามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปและอุปกรณ์บนมือถือหรือสมาร์ทโฟน เหมาะกับนำไปใช้กับนักเรียนจำนวนมากได้ (Cheng et al., 2017)
3. สื่อความเป็นจริงเสริมช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับสื่อ และให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระในขณะที่นักเรียนสำรวจและเรียนรู้ด้วยตนเอง (Swensen, 2016)
4. รูปแบบการใช้งานของสื่อใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และเหมาะสมกับวัยของนักเรียน
5. สื่อสามารถใช้งานได้ทั้งกับระบบปฏิบัติการ IOS และระบบปฏิบัติการ Andriod เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลายและเป็นทางเลือกให้กับนักเรียน

สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการใช้ความเป็นจริงเสริม ในเนื้อหาบทเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ได้แก่ จุดหลอมเหลว ความอืดและไม่อืด และการเหม็นหืน โดยแสดงผลภาพในรูปแบบ AR สามมิติ มีข้อความบรรยาย และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งออกแบบโดยใช้โปรแกรม Unity 3D เป็นโปรแกรมหลักในการสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ดังแสดงในภาพที่ 7



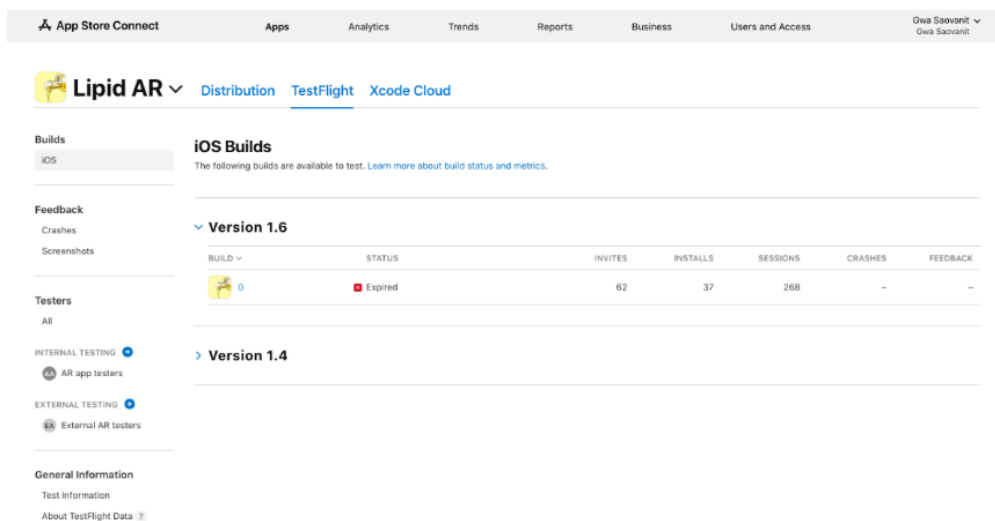
ภาพที่ 7 การออกแบบสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR โดยใช้โปรแกรม Unity 3D

นอกจากนี้ยังมีการใช้โปรแกรมอื่น ๆ ในการสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ประกอบด้วย โปรแกรม Figma ใช้ในการทำ Interface สำหรับออกแบบเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน ใช้จัดวางองค์ประกอบหรือ Layout และใช้สร้างแบบจำลองสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ โปรแกรม Visual Studio Code เป็นโปรแกรม Code Editor เพื่อใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด สำหรับสร้าง Logic ต่าง ๆ ของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ (แสดงในภาพที่ 8) โปรแกรม Xcode สำหรับการกำหนดค่าและสร้างสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ขึ้นบน App Store สำหรับ AR Engine หรือตัวประมวลผลการอ่านค่า AR Code ระบบปฏิบัติการ IOS จะใช้ AR Kit และระบบปฏิบัติการ Android จะใช้ AR Core (แสดงในภาพที่ 9)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 8 โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับแก้ไขและปรับแต่งโค้ด



ภาพที่ 9 โปรแกรม Xcode สำหรับกำหนดค่าและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
ขึ้นบน App Store



ภาพที่ 10 สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด

เมื่อดำเนินการออกแบบและสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนำเสนอให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ โดยการนำเสนอเอกสารคู่มือและแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ และทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมกับนักเรียนกลุ่มเล็ก ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง ลิพิด

มาแล้ว และให้นักเรียนทำแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนผู้ทดลองใช้สื่อต้นแบบ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

2) ผลการวิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้ทดลองใช้สื่อต้นแบบนวัตกรรมการเรียนรู้ จำนวน 12 คน ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยแปลผลการประเมินเทียบกับระดับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังตารางที่ 8 และตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ข้อความ	Mean	SD	การแปลผล
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
1.2	ความถูกต้องและความสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
1.3	ความเหมาะสมในการลำดับการนำเสนอเนื้อหาและการแบ่งส่วนเนื้อหา	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
1.4	ความยากง่ายของเนื้อหา	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
1.5	ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
1.6	ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
1.7	เนื้อหามีประโยชน์ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
รวม		4.67	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	Mean	SD	การแปลผล
2. ด้านการออกแบบสื่อ				
2.1	ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอมีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
2.3	ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
2.4	ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบ ขนาดของภาพ และตัวอักษร	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
2.5	ความยากง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
2.6	ความเหมาะสมและสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม		4.78	0.38	เห็นด้วยมากที่สุด
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้				
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
3.2	ส่งเสริมทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	5.00	0.00	เห็นด้วยมากที่สุด
3.3	ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจ	4.33	0.58	เห็นด้วยมาก
3.4	การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
3.5	การใช้ซ้ำของสื่อและประโยชน์ในการใช้ทบทวนความรู้	4.67	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม		4.73	0.35	เห็นด้วยมากที่สุด
รวมทั้งหมด		4.73	0.41	เห็นด้วยมากที่สุด

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 8 พบว่าจากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและ

ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.41 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบแต่ละด้าน พบว่า ด้านการออกแบบสื่อมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.78 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.38 ในขณะที่ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.35 และด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.49 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผลวิเคราะห์จากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา ควรเปรียบเทียบเนื้อหาและวัตถุประสงค์กับตัวชี้วัดของบทเรียน เนื้อหาค่อนข้างง่าย มีลักษณะคล้ายกับเนื้อหาในบทเรียนทั่วไป เพียงแต่ทำให้เห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น หากสามารถเพิ่มเนื้อหาที่เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันได้ สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จะมีความน่าสนใจมากขึ้น 2) ด้านการออกแบบสื่อ ภาพโครงสร้างทางเคมีโมเลกุลสามมิติบางภาพมีลักษณะทับซ้อนกัน สีมืดและไม่ชัดเจนเกินไปกับพื้นหลัง อาจทำให้เห็นลักษณะโครงสร้างโมเลกุลไม่ชัดเจน และ 3) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ ควรเพิ่มสถานการณ์หรือบริบทใหม่ ๆ ให้น่าสนใจและเพิ่มความรู้ให้มากขึ้นมากกว่าในบทเรียน เพื่อช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจให้กับนักเรียน อีกทั้งบางสถานการณ์ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง เช่น การทดสอบกลืนหมิ่นหิน ทดสอบที่อุณหภูมิ 60°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิห้องปกติ นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพิ่มเติม ในเรื่องของเอกสารคู่มือการใช้สื่อ ควรทำหน้าปกคู่มือให้มีความน่าสนใจ น่าอ่าน และเหมาะกับกลุ่มเป้าหมายมากขึ้น

จากผลวิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ จึงนำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไขสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นนำสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ต้นแบบไปทดลองใช้จริงและประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ซึ่งกำหนดจำนวนไว้ 15 คน แต่มีนักเรียนเข้าร่วมการทดลองใช้สื่อจริง จำนวน 12 คน โดยแบ่งการทดลองใช้สื่อนวัตกรรมออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ทดลองใช้สื่อแบบ 1:1 หรือแบบเดี่ยว จำนวน 2 คน และ 2) ทดลองใช้สื่อแบบกลุ่มเล็ก จำนวน 10 คน แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยนักเรียน

ข้อที่	ข้อความ	Mean	SD	การแปลผล
1. ด้านเนื้อหา				
1.1	ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้	4.42	0.67	เห็นด้วยมาก
1.2	ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย	4.92	0.29	เห็นด้วยมากที่สุด
1.3	เนื้อหา มีประโยชน์ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้	4.42	0.51	เห็นด้วยมาก
รวม		4.59	0.49	เห็นด้วยมากที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ				
2.1	ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอ มีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย	4.50	0.67	เห็นด้วยมาก
2.2	ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ	4.33	0.89	เห็นด้วยมาก
2.3	ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก	4.58	0.67	เห็นด้วยมากที่สุด
2.4	ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบ ขนาดของภาพ และตัวอักษร	4.58	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
2.5	ความยากง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	4.08	0.67	เห็นด้วยมาก
2.6	ความเหมาะสมของระยะเวลาการใช้งานสื่อ	4.58	0.51	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม		4.44	0.65	เห็นด้วยมาก
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้				
3.1	ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	4.58	0.51	เห็นด้วยมาก
3.2	ส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	4.75	0.45	เห็นด้วยมากที่สุด
3.3	ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจ	4.83	0.39	เห็นด้วยมากที่สุด
3.4	การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.25	0.62	เห็นด้วยมาก
3.5	การใช้ซ้ำของสื่อและประโยชน์ในการใช้ทบทวนความรู้	4.25	0.97	เห็นด้วยมาก
รวม		4.53	0.59	เห็นด้วยมาก
รวมทุกด้านการประเมิน		4.52	0.58	เห็นด้วยมาก

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 9 พบว่าจากการประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้าน เนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ใน ภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.58 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบแต่ละด้าน พบว่า ด้านเนื้อหามีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.49 ในขณะที่ด้านการส่งเสริม การเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.59 และด้านการ ออกแบบสื่อ มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.44 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.65 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผลวิเคราะห์จากการประเมินความเหมาะสมของสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด พบว่า นักเรียนไม่สามารถสแกนเพื่อให้เกิดภาพ AR สามมิติได้ และมี ข้อเสนอแนะจากนักเรียน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา มีการสะกดคำผิดตรงหัวข้อการทดสอบสมบัติของลิพิด 2) ด้านการออกแบบสื่อ การสแกนภาพ AR code ควรสแกนได้ทุก code ในกล่องเดียว เพื่อเพิ่ม ความสะดวกในการใช้สื่อมากขึ้น และเมื่อใช้งานพร้อมกันหลาย ๆ เครื่อง พบว่าสแกนภาพ AR สาม มิติไม่ขึ้น และยังพบข้อจำกัดในเรื่องของสื่อ AR ที่ไม่สามารถรองรับการใช้งานบนสมาร์ตโฟนทุกรุ่นได้ โดยเฉพาะสมาร์ตโฟนรุ่นเก่า ๆ ไม่สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้

จากผลวิเคราะห์การประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและข้อจำกัดบางประการที่พบ จึงนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไขสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นนำสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้ ในการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมายในชั้นที่ 3 การนำสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ

ประเด็นที่ 3 ผลการวิเคราะห์การนำสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิเคราะห์การนำสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลวิเคราะห์คะแนนแบบวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย คะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) 2) ผลวิเคราะห์การประเมินสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้

ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากค่าประสิทธิผลของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล หรือ E.I. และ 3) ผลวิเคราะห์ประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย คะแนนเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

1) ผลวิเคราะห์คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียนจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้

การวิเคราะห์คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน เป็นเวลา 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวน	คะแนน	Max	Min	Mean	SD	t
	นักเรียน	เต็ม					
ก่อนเรียน	24	27	6	1	2.88	1.51	17.556*
หลังเรียน	24	27	20	10	15.21	3.55	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 10 คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน แบบวัดมีจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ คะแนนเต็ม 27 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.88 คะแนน (SD = 1.51) โดยมีคะแนนมากที่สุด 6 คะแนนและคะแนนน้อยที่สุด 1 คะแนน หลังจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.21 คะแนน (SD = 3.55) โดยมีคะแนนมากที่สุด 20 คะแนนและคะแนนน้อยที่สุด 10 คะแนน จากการเปรียบเทียบคะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด พบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อที่ 2

2) ผลวิเคราะห์การประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากค่าประสิทธิผลของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม หาได้จากค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness index, E.I.) สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน คะแนนเต็ม 27 คะแนน แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	2	19
2	2	15
3	5	15
4	2	12
5	3	14
6	6	20
7	3	15
8	4	20
9	6	20
10	3	13
11	1	17
12	1	18
13	1	15
14	3	20
15	2	13
16	4	11
17	3	17
18	2	10
19	3	19
20	3	11
21	4	15
22	3	10
23	1	12
24	2	14
รวม	69	365

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

คำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.5112 แสดงให้เห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีประสิทธิผล สามารถช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เพิ่มขึ้นร้อยละ 51.12

ตารางที่ 12 จำนวนและร้อยละคำตอบของนักเรียนที่ระดับมโนทัศน์ต่าง ๆ เรื่อง ลิพิด หลังเรียน

ข้อ คำถาม	มโนทัศน์หลัก	ข้อความ มโนทัศน์	SU		PU		SA		NU	
			N	ร้อยละ	N	ร้อยละ	N	ร้อยละ	N	ร้อยละ
1	โครงสร้างทางเคมี และสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วย จำนวนคาร์บอนอะตอมและ จำนวนพันธะคู่ที่แตกต่างกันต่อ สมบัติด้านจุดหลอมเหลวของ ลิพิด	9	37.50	9	37.50	3	12.50	3	12.50
2	โครงสร้างทางเคมี และสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิด ประกอบด้วยจำนวนคาร์บอน อะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่ แตกต่างกันต่อสมบัติด้านจุด แข็งตัวของลิพิด	8	33.33	11	45.83	1	4.17	4	16.67
3	โครงสร้างทางเคมี ของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของไขมัน รานส์จากการผลิตเนยเทียม หรือมาการีน	6	25.00	10	41.67	5	20.83	3	12.50
4	โครงสร้างทางเคมี และสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิดซึ่ง ประกอบกรดไขมันอิ่มตัวและ กรดไขมันไม่อิ่มตัว กับสมบัติ การเหม็นหืนของลิพิด	7	29.17	11	45.83	4	16.67	2	8.33
5	การประยุกต์ใช้ลิพิด ในชีวิตประจำวัน	การเลือกบริโภคและเลือกใช้ น้ำมันในการประกอบอาหาร โดยใช้ผลการทดสอบการเหม็น หืนและการทดสอบกรดไขมัน ไม่อิ่มตัว	4	16.67	11	45.83	3	12.50	6	25.00

ตารางที่ 12 จำนวนและร้อยละคำตอบของนักเรียนที่ระดับมโนทัศน์ต่าง ๆ เรื่อง ลิพิด หลังเรียน (ต่อ)

ข้อ คำถาม	มโนทัศน์หลัก	ข้อความ มโนทัศน์	SU		PU		SA		NU	
			N	ร้อยละ	N	ร้อยละ	N	ร้อยละ	N	ร้อยละ
6	โครงสร้างของ ลิพิด	โครงสร้างของไขมัน ทรานส์โดยใช้ผลการ ทดสอบกรดไขมันไม่ อิ่มตัวและจำนวนพันธะคู่	6	25.00	5	20.83	7	29.17	6	25.00
7	สมบัติของลิพิด	การเหม็นหืนของลิพิดโดย ใช้ผลการทดสอบกรด ไขมันไม่อิ่มตัวและจำนวน พันธะคู่	4	16.67	9	37.50	6	25.00	5	20.83
8	โครงสร้างทางเคมี และสมบัติของ ลิพิด	การทนความร้อนของ น้ำมันโดยใช้ผลการ ทดสอบกรดไขมันไม่ อิ่มตัวและจำนวนพันธะคู่	3	12.50	9	37.50	7	29.17	5	20.83
9	การประยุกต์ใช้ ลิพิดใน ชีวิตประจำวัน	การเลือกใช้อลิพิดได้ เหมาะสมกับประเภทของ การประกอบอาหารและ ปลอดภัยต่อการบริโภค	4	16.67	11	45.83	4	16.67	5	20.83

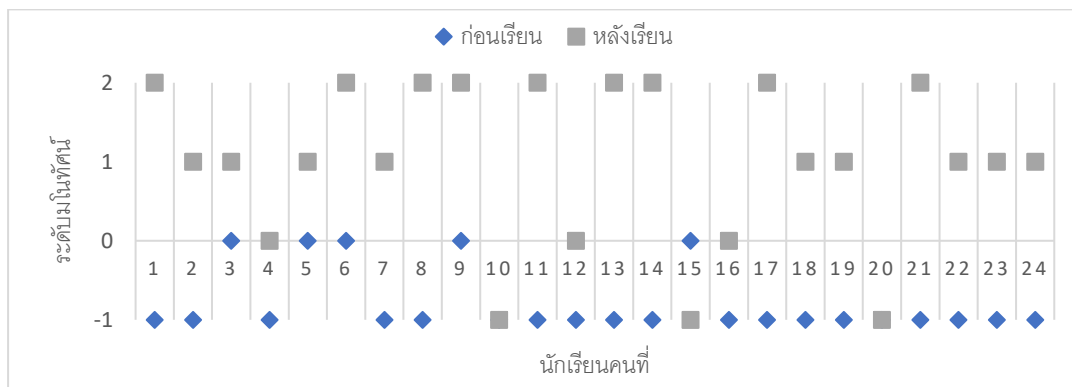
หมายเหตุ : Sound Understanding (SU) = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
 Partial Understanding (PU) = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน
 Specific Alternative Conceptions (SA) = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
 No Understanding (NU) = ไม่มีมโนทัศน์
 N = จำนวนนักเรียน
 ร้อยละ = จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 12 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากทำแบบวัด
 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ฉบับหลังเรียน นักเรียนจำนวน 24 คน พบว่า ข้อคำถามที่ 1

นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) มากที่สุด จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50 แสดงให้เห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมสามารถส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของลิพิดที่ประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่ต่างกัน ซึ่งมีผลต่อสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่าจุดหลอมเหลวของลิพิดจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่เป็นองค์ประกอบของกรดไขมัน ข้อคำถามที่ 2 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ข้อคำถามที่ 4 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 29.17 ข้อคำถามที่ 3 และ 6 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 ข้อคำถามที่ 5 7 และ 9 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และข้อคำถามที่ 8 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด หลังนำไปทดลองใช้ พิจารณาจากการทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม สามารถวิเคราะห์ข้อคำตอบรายข้อของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยแบ่งตามระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงระดับมโนทัศน์เป็นรายข้อคำถาม ดังแสดงในกราฟที่ 1-9

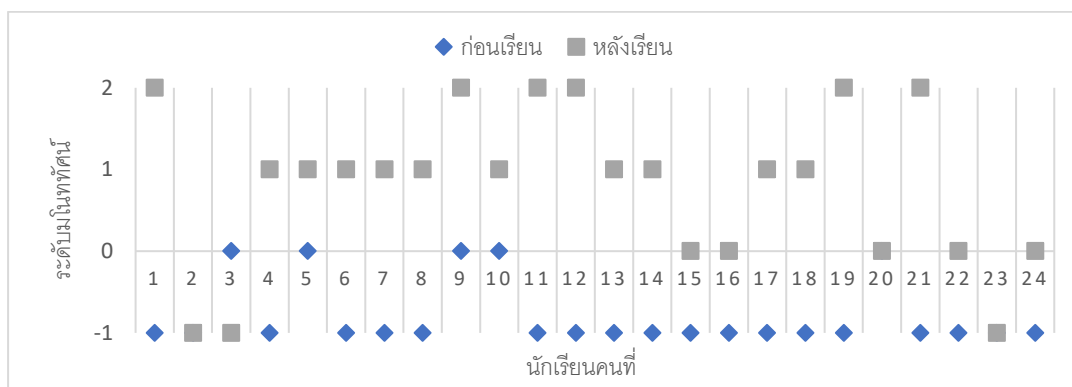
กราฟที่ 1 ระดับโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 1 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด



*ระดับมโนทัศน์ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้รู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิดให้กับนักเรียนได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า จุดหลอมเหลวของลิพิดขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่เป็นองค์ประกอบของกรดไขมัน และยังพบนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ลดลง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33

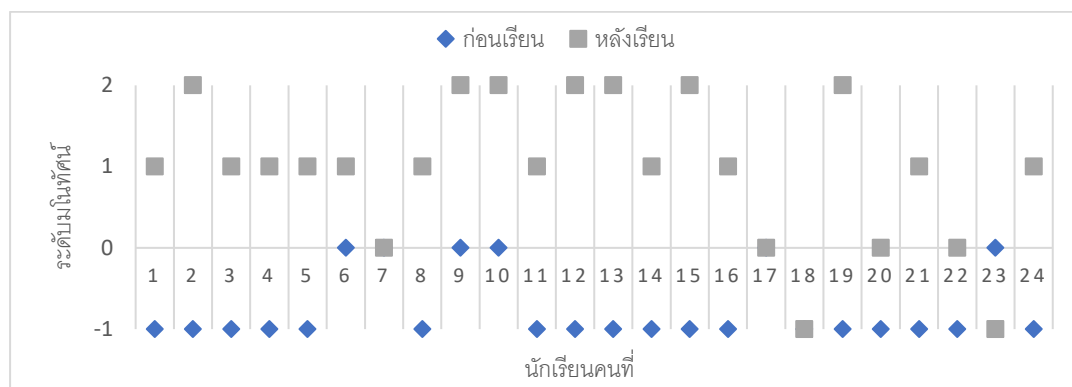
กราฟที่ 3 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 3 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์



*ระดับมโนทัศน์ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์ พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์ให้กับนักเรียนได้ และยังพบนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ลดลง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50

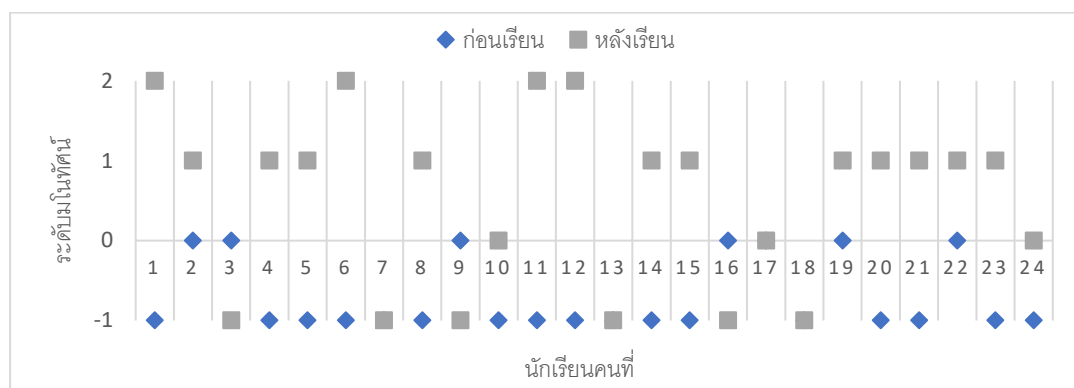
กราฟที่ 4 ระดับโน้ตศัทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 4 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านการเหม็นหืนของลิพิด



*ระดับมโนทัศน์ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
 0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านการเหม็นหืนของลิพิด พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านการเหม็นหืนของลิพิดให้กับนักเรียนได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่าโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันต่างกันที่ความอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว หรือจำนวนพันธะคู่ นักเรียนอธิบายได้น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดการเหม็นหืนได้ง่ายกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว และยังพบนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่ลดลง จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50

กราฟที่ 5 ระดับโน้ตศัทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 5 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 5 มโนทัศน์การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร



*ระดับโน้ตศั 2 = โน้ตศัที่ถูกต้อง (SU) 1 = โน้ตศัที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
 0 = โน้ตศัที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีโน้ตศั (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 5 มโนทัศน์การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม นักเรียนมีการพัฒนาระดับโน้ตศัที่เพิ่มขึ้น จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมโน้ตศัเกี่ยวกับความเข้าใจการทดสอบสมบัติของลิพิดมาประยุกต์ใช้ในการเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า น้ำมันที่เหมาะสมกับการบริโภคคือน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง และน้ำมันที่ไม่ควรรับประทานคือน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงในปริมาณมาก และยังพบนักเรียนที่มีระดับโน้ตศัที่ลดลง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโน้ตศัจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67

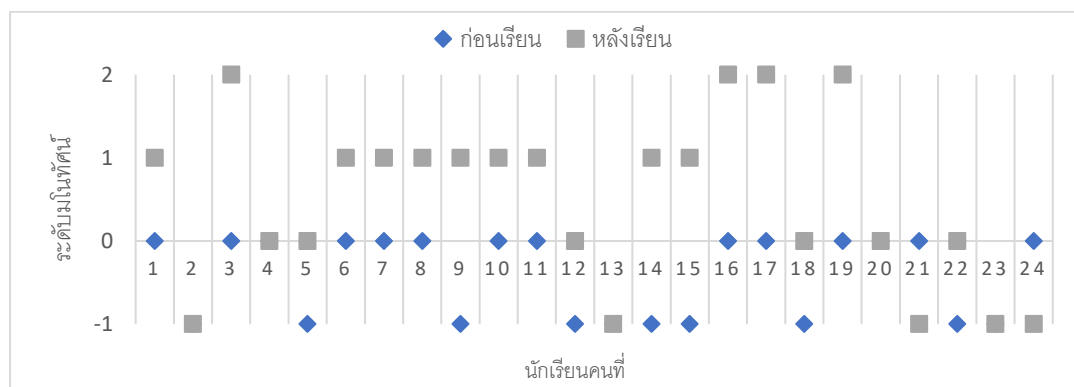
กราฟที่ 6 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 6 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 6 มโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์



*ระดับมโนทัศน์ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 6 มโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์ พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์ โดยนักเรียนสามารถนำผลการทดสอบสมบัติของลิพิดสำหรับการพอกจางสีด้วยสารละลายไอโอดีนกับจำนวนพันธะคู่ มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์ได้ และยังพบนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่ลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83

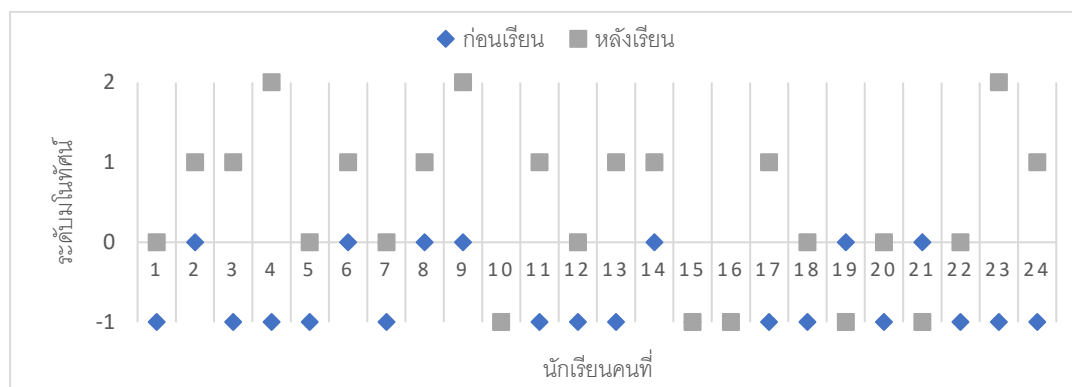
กราฟที่ 7 ระดับโน้ตศัณทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 7 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 7 มโนทัศน์สมบัติของลิพิดด้านการเหม็นหืน



*ระดับโน้ตศัณ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 7 มโนทัศน์สมบัติของลิพิดด้านการเหม็นหืน พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับโน้ตศัณที่เพิ่มขึ้นจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมโน้ตศัณเกี่ยวกับสมบัติด้านการเหม็นหืน โดยนักเรียนสามารถนำผลการทดสอบสมบัติของลิพิดสำหรับการฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาใช้ในการวิเคราะห์สมบัติด้านการเหม็นหืนได้ และยังพบนักเรียนที่มีระดับโน้ตศัณที่ลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83

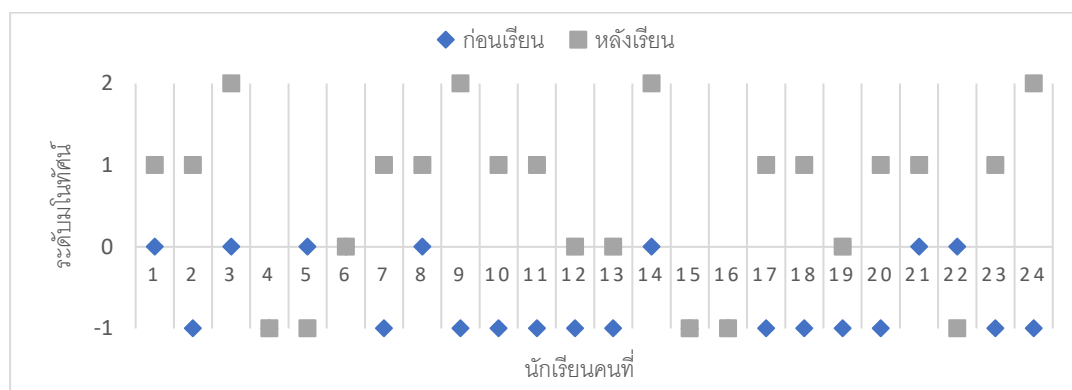
กราฟที่ 8 ระดับโน้ตศัณทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 8 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 8 มโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดด้านจุดหลอมเหลว



*ระดับโน้ตศัณ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
 0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 8 มโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดด้านจุดหลอมเหลว พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนา ระดับโน้ตศัณที่เพิ่มขึ้น จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนี้ช่วย ส่งเสริมมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายโดยใช้ผลการทดสอบสมบัติการพอกจางสีด้วยสารละลายไอโอดีนมาใช้ในการ วิเคราะห์สมบัติด้านจุดหลอมเหลว และยังพบนักเรียนที่มีระดับโน้ตศัณลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็น ร้อยละ 8.33 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50

กราฟที่ 9 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ข้อคำถามที่ 9 ก่อนและหลังเรียนรายบุคคล
ข้อคำถามที่ 9 มโนทัศน์การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร



*ระดับมโนทัศน์ 2 = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU) 1 = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)
 0 = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) -1 = ไม่มีมโนทัศน์ (NU)

จากกราฟข้อคำถามที่ 9 มโนทัศน์การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร พบว่า หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีการพัฒนาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนี้ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ในการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดที่ประกอบด้วยกรดไขมันต่างชนิดกัน โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้น้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวสูงเหมาะกับนำมาใช้ประกอบอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูง และน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงเหมาะกับนำมาใช้ประกอบอาหารที่ใช้ความร้อนต่ำ และน้ำมันที่ได้จากพืชหรือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมีความปลอดภัยต่อสุขภาพมากกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง และยังพบนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่ลดลง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67

ตารางที่ 13 สรุปภาพรวมการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จำแนกตามข้อคำถาม (N=24 คน)

ข้อ คำถาม	จำนวนนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (คน)													
	มโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น							มโนทัศน์ที่ลดลง			ไม่มีการเปลี่ยนแปลง มโนทัศน์			
	NU	NU	NU	SA	SA	รวม	ร้อยละ	SA	รวม	ร้อยละ	SA	NU	รวม	ร้อยละ
	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↓		↓	↓	↓	
SU	PU	SA	SU	PU			NU				SA	NU		
1	7	7	3	2	2	21	87.50	1	1	4.17	0	2	2	8.33
2	6	5	0	2	6	19	79.17	2	2	8.33	1	2	3	12.50
3	5	8	4	1	2	20	83.33	1	1	4.17	1	2	3	12.50
4	5	10	2	2	1	20	83.33	1	1	4.17	2	1	3	12.50
5	4	8	2	0	3	17	70.83	3	3	12.50	1	3	4	16.67
6	4	4	6	2	1	17	70.83	2	2	8.33	1	4	5	20.83
7	0	3	4	4	6	17	70.83	2	2	8.33	2	3	5	20.83
8	2	5	7	1	4	19	79.17	2	2	8.33	0	3	3	12.50
9	2	8	3	2	3	18	75.00	2	2	8.33	1	3	4	16.67

หมายเหตุ SU = มโนทัศน์ที่ถูกต้อง PU = มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน
SA = มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน NU = ไม่มีมโนทัศน์

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 13 ภาพรวมการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนหลังการเรียนรู้ด้วยสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้จำแนกตามข้อคำถาม พบว่า ข้อคำถามที่ 1 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ตามด้วยข้อคำถามที่ 3 และ 4 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ข้อคำถามที่ 2 และ 8 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 ข้อคำถามที่ 9 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 75 และข้อคำถามที่ 5 6 และ 7 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 กำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 แสดงให้เห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนได้ อย่างไรก็ตามข้อคำถามที่ 6 และ 7 พบว่า

นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์มากที่สุด จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83 และข้อคำถามที่ 5 พบว่า นักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่ลดลงมากที่สุด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 ตามลำดับ

3) ผลวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

การวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สามารถโดยแปลผลประเมินเทียบกับระดับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	การแปลผล
ด้านเนื้อหา				
1	เนื้อหามีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.13	0.74	เห็นด้วยมาก
2	เนื้อหาประโยชน์	4.50	0.51	เห็นด้วยมาก
3	สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	3.92	0.65	เห็นด้วยมาก
4	เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.42	0.58	เห็นด้วยมาก
5	การจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม	4.42	0.72	เห็นด้วยมาก
รวม		4.28	0.64	เห็นด้วยมาก
ด้านการออกแบบสื่อ				
6	ภาพประกอบและข้อความสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	4.25	0.85	เห็นด้วยมาก
7	เวลาในการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.42	0.72	เห็นด้วยมาก
8	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.21	0.72	เห็นด้วยมาก
9	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4.58	0.58	เห็นด้วยมากที่สุด
รวม		4.37	0.72	เห็นด้วยมาก
ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้				
10	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียน	4.46	0.72	เห็นด้วยมาก
11	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	4.38	0.65	เห็นด้วยมาก
12	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียน	4.50	0.59	เห็นด้วยมาก

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	Mean	SD	การแปลผล
ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้				
13	สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มประสบการณ์ที่ดีในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน	4.38	0.82	เห็นด้วยมาก
14	ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้	4.38	0.77	เห็นด้วยมาก
รวม		4.42	0.72	เห็นด้วยมาก
รวมทั้งหมด		4.35	0.69	เห็นด้วยมาก

จากผลวิเคราะห์ตารางที่ 14 พบว่าจากการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด แบ่งองค์ประกอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.69 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบแต่ละด้าน พบว่า ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.72 ในขณะที่ด้านการออกแบบสื่อมีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.72 และด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) = 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.64 ตามลำดับ

นอกจากนี้ผลวิเคราะห์จากการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีข้อเสนอแนะจากครูผู้สอนที่ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในชั้นที่ 4 การปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

ประเด็นที่ 4 ผลการวิเคราะห์การปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

การวิเคราะห์การปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด จากการทำแบบสอบถามความพึงพอใจสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับครูผู้สอนและนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ทดลองใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยนำข้อเสนอแนะมาวิเคราะห์ผลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

สื่อให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ใช้การสรุปพรรณนา เรียบเรียง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากครูผู้สอน ระบุว่า “ภาพบางกิจกรรมไม่ชัดเจน เช่น กิจกรรมที่ 2.1 สีของน้ำมันและไขมีความใกล้เคียงกัน อาจจะใช้การบรรยายเพิ่มเติม เพื่อผลการทดลองที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และควรสามารถซูมภาพ 3 มิติ เข้า-ออกได้ เพื่อความชัดเจนและมีความเสมือนจริงมากขึ้น ควรทำคู่มือให้มีความน่าสนใจและเหมาะกับกลุ่มเป้าหมายมากยิ่งขึ้น”

ข้อเสนอแนะจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระบุว่า “ควรแยกแผ่น AR Maker ออกจากใบงาน เพื่อสะดวกในการสแกนภาพ 3 มิติ และเมื่อใช้งานพร้อมกันหลาย ๆ เครื่อง พบว่าสแกนภาพ AR 3 มิติ ไม่ขึ้น”

จากข้อเสนอแนะดังกล่าว ได้มีการปรับปรุงสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยปรับสีของน้ำมันและไขให้มีความเข้มมากขึ้น เพื่อให้สามารถแยกสีได้ชัดเจน ในส่วนของ การขยายภาพสามมิติเข้า-ออก จะใช้การเลื่อนสมาร์ตโฟนเพื่อขยายภาพเข้า-ออก ให้เห็นภาพชัดเจน แทนการเพิ่มปุ่มฟังก์ชัน โดยผู้ใช้งานสามารถเลื่อนสมาร์ตโฟนไปใกล้ ๆ ภาพโครงสร้างทางเคมีสามมิติ ที่ปรากฏบนสมาร์ตโฟนได้ สำหรับ AR Maker เพื่อสแกนภาพ AR 3 มิติ ได้จัดทำ AR Maker แยกออกจากใบกิจกรรม เพื่อให้สามารถสแกนภาพได้สะดวกมากขึ้น สามารถช่วยลดปัญหาการสแกนภาพ AR สามมิติ เมื่อใช้งานพร้อมกันหลาย ๆ เครื่องได้ และมีการจัดทำคู่มือการใช้งานสื่อให้มีความสวยงาม น่าสนใจมากขึ้น และเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมปลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 11 ตัวอย่าง AR Maker สำหรับใช้สแกนภาพสามมิติ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยและพัฒนา (Research and development, R&D) ซึ่งกำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรวจปัญหา ศึกษาความต้องการ และข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ (วิจัยระยะที่ 1; Research 1) กลุ่มเป้าหมายได้แก่ ครูเคมี จำนวน 3 ท่าน และครูชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกการสัมภาษณ์ออนไลน์ แบบมีโครงสร้าง เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ใช้การสัมภาษณ์ออนไลน์แบบรายบุคคล

ขั้นที่ 2 ออกแบบ สร้าง และประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ (พัฒนาระยะที่ 1; Development 1) กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 คน ที่มีประสบการณ์การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด มาแล้ว ณ โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา แต่นักเรียนเข้าร่วมการประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้จริง จำนวน 12 คน นักเรียนจำนวน 3 คน ไม่สะดวกเข้าร่วมเครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมต้นแบบ เรื่อง ลิพิด และ 2) แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ขั้นที่ 3 นำสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ และประเมินความพึงพอใจ (วิจัยระยะที่ 2; Research 2) กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ยังไม่มีประสบการณ์การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด มาก่อน จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 24 คน ณ โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด 2) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด แบบปรนัย 2 ระดับ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามปรนัยชนิดเลือกตอบ และตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยหรือเขียนตอบ เพื่อเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 มีจำนวน 9 ข้อ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ (พัฒนาระยะที่ 2; Development 2) กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเป้าหมายเดียวกับขั้นที่ 3 ได้แก่ ครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1 ท่าน และนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ยังไม่มีประสบการณ์การเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด มาก่อน จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 24 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ ข้อเสนอแนะหรือข้อควรปรับปรุงจากแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ซึ่งแสดงรายละเอียดการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมมนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีลักษณะที่ช่วยส่งเสริมมนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความเป็นจริงเสริมช่วยแสดงให้เห็นภาพโครงสร้างทางเคมีสามมิติของลิพิดแต่ละชนิดและแสดงภาพการทดสอบสมบัติของลิพิดที่เกิดจากโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน สามารถหมุนภาพโมเลกุลได้ 360 องศา โดยใช้ Maker แพนวัตถุหรือสัญลักษณ์สำหรับใช้สแกนภาพสามมิติผ่านกล้องของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่งนักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์เชิงโต้ตอบกับสื่อแบบเรียลไทม์ได้ สื่อสามารถใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อช่วยลดเวลาในการจัดการเรียนรู้และลดภาระทางปัญญาในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน นอกจากนี้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ มีแบบทดสอบและใบกิจกรรมเพื่อเป็นการทบทวนความรู้ ตรวจสอบความเข้าใจ และเพื่อเป็นภาระงานให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

2. การประเมินสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช้แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้ ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 (SD = 0.61) และประเมินโดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก มีคะแนนเฉลี่ย 4.51 (SD = 0.61)

3. ประสิทธิภาพสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด พิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้

3.1) คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) และมีค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index, E.I.) 0.5112 หรือช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ได้ร้อยละ 51.12

3.2) เมื่อพิจารณาระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นรายข้อคำถามของนักเรียนรายบุคคล หลังเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม นักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นจำนวน 17-21 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 – 87.50 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด

3.3) ความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.35 (SD = 0.69) และครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ ในภาพรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.53 (SD = 0.52)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. ลักษณะสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ที่ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม มีลักษณะดังนี้

1.1) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นนามธรรม และแนวคิดที่พบปัญหาความคลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดให้มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงนำสื่อความเป็นจริงเสริมมาใช้นี้เนื้อหาดังกล่าวเพื่อแสดงผลภาพในรูปแบบสามมิติให้เห็นรายละเอียดลักษณะโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดแต่ละ

ชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน สื่อความเป็นจริงเสริมนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถโต้ตอบได้ทันทีกับภาพเสมือนที่สร้างขึ้นในโลกจริง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงภาพที่มองเห็น และเกิดกระบวนการเรียนรู้ภายในสมอง ก่อให้เกิดการบูรณาการความรู้และเกิดความเข้าใจในสภาพแวดล้อมมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น (Azuma et al., 2001) ดังนั้นสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนี้จะช่วยอธิบายแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้อย่างมีศักยภาพ และสามารถส่งเสริมโน้ตค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียนได้ โดยช่วยนักเรียนเข้าใจถึงสมบัติในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติและยังช่วยให้กระบวนการเรียนรู้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น (Sonjaya & Fadlurahman, 2019)

1.2) สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมมีเนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และช่วยแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ที่พบภายในห้องเรียน โดยต้องช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ (นันทิศา ชันทอง, เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และสัญญา เครือหงส์ (2563) อีกทั้งต้องช่วยลดความพยายามในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดให้กับนักเรียน โดยช่วยให้เห็นลักษณะโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของลิพิด ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในอันไม่สามารถมองเห็นได้ ให้กลายเป็นเนื้อหาที่สามารถเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น หากนักเรียนไม่จำเป็นต้องใช้ความพยายามอย่างมากเพื่อทำความเข้าใจ นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีว่าสิ่งต่าง ๆ สัมพันธ์กันอย่างไรและส่งผลให้มีการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (Swensen, 2016)

1.3) ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ Maker-Based โดยนักเรียนจะใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมร่วมกับการทำใบกิจกรรม เรื่อง ลิพิด ซึ่งมีภาพของ Maker สำหรับใช้สแกนเพื่อแสดงผลภาพสามมิติของแต่ละกิจกรรม ซึ่ง Maker-Based เป็นประเภทความจริงเสริมที่ใช้งานง่าย การพัฒนาระบบไม่ซับซ้อนและมีราคาถูก โดย Maker อยู่ในรูปแบบกระดาษ ซึ่งสามารถใช้กับนักเรียนจำนวนมากได้ อีกทั้ง Maker-Based มีความแม่นยำในการวิเคราะห์เนื้อหา AR ค่อนข้างสูง และสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบคอมพิวเตอร์ 데스크ท็อปและอุปกรณ์บนมือถือ ซึ่งสามารถเข้าถึงนักเรียนได้มากขึ้นและเหมาะสมกับสภาพห้องเรียนในปัจจุบัน (Siltanen, 2012; Cheng, 2017)

2. ประสิทธิภาพของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด สามารถพิจารณาได้เป็น 2 ประเด็น ดังต่อไปนี้

2.1 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด

2.1.1 คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 และมีค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index, E.I.) 0.5112 แสดงให้เห็นว่าสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด มีประสิทธิผลช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ได้ร้อยละ 51.12 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hayat et al. (2021) ที่พบว่า สื่อความเป็นจริงเสริม สำหรับบทเรียน เรื่อง คาร์โบไฮเดรต มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.78 หรือช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าหลังการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 78 เช่นเดียวกับงานวิจัยของสุภาวดี บินดิโตวา และ สัญชัย พัฒนสิทธิ์ (2564) ที่พบว่า บทเรียนดิจิทัลที่ประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริม มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.76 หรือช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 76 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาข้อคำถามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เป็นรายข้อ พบว่า จำนวนนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น จำนวน 17-21 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83-87.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

ระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น หมายถึง มโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน งานวิจัยนี้พิจารณาจาก

ไม่มีมโนทัศน์ (NU) เปลี่ยนแปลงเป็น มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU)

ไม่มีมโนทัศน์ (NU) เปลี่ยนแปลงเป็น มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)

ไม่มีมโนทัศน์ (NU) เปลี่ยนแปลงเป็น มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) เปลี่ยนแปลงเป็น มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (SU)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) เปลี่ยนแปลงเป็น มโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU)

การมีมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นนั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม นำเสนอภาพในรูปแบบสามมิติ ภาพเสมือนจริง หรือมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น สามารถโต้ตอบทางกายภาพกับเนื้อหาดิจิทัลได้ ช่วยเปลี่ยนสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น จึงสามารถส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น (Hayat et al., 2021) โดยความเป็นจริงเสริมช่วยอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์เชิงนามธรรมหรือปรากฏการณ์ที่ยากต่อการมองเห็นและสังเกตได้ด้วยตาเปล่า โดยช่วยส่งเสริมทักษะการคิดด้วยการสนับสนุนความเข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมผ่านการนำเสนอภาพสามมิติเสมือนจริงที่ผสมเข้ากับสภาพแวดล้อมจริง (Phon et al., 2019) อาจกล่าวได้ว่าความเป็นจริงเสริมนี้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นความเป็นจริงเสริมจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการปรับปรุงแนวคิดในลักษณะรูปทรงสามมิติ ซึ่ง

สามารถลดความเข้าใจผิดที่เกิดขึ้น โดยช่วยแสดงให้เห็นภาพที่มีรายละเอียดและภาพเคลื่อนไหวของ วัตถุนั้น ๆ ได้อย่างชัดเจน (Saidin et al., 2015) อีกทั้งนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น นักเรียน เหล่านั้นอาจมีความรู้พื้นฐานเดิม โดยสามารถนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาสังเคราะห์จนเกิดเป็นองค์ความรู้ ใหม่ ส่งผลให้เกิดกระบวนการแก้ปัญหา ร่วมกับการต่อยอดความรู้ จึงยิ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการ บูรณาการความรู้ร่วมกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Hana, 2013)

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด ด้านจุดหลอมเหลว นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง โดยสามารถเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของน้ำมันแต่ละชนิดซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนเท่ากัน แต่จำนวนพันธะคู่ต่างกัน โดยนักเรียนสามารถเขียน อธิบายคำตอบได้ครบองค์ประกอบที่สำคัญเกี่ยวกับมโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติด้านจุด หลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนได้ว่า จุดหลอมเหลวของลิพิด ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่และจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เป็นองค์ประกอบ หากมีจำนวนคาร์บอน อะตอมมากจุดหลอมเหลวจะยิ่งมาก ในทางตรงกันข้ามหากมีจำนวนพันธะคู่่น้อยจุดหลอมเหลวจะยิ่ง มาก

1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย (3 คะแนน)

1. A B C D 2. D C B A 3. C B A D

เหตุผลประกอบ

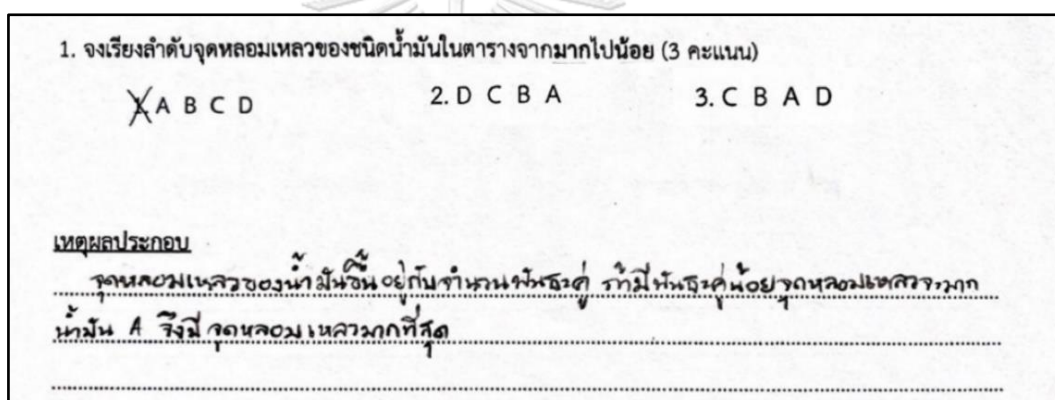
จำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่มีผลต่อจุดหลอมเหลว หากมีจำนวน C มาก

จุดหลอมเหลวจะยิ่งมาก แต่โจทย์กำหนดจำนวน C เท่ากัน จึงดูที่พันธะคู่ พันธะคู่มีน้อย

จุดหลอมเหลวจะยิ่งมาก

ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดด้านจุดหลอมเหลว นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง โดยสามารถเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของน้ำมันแต่ละชนิดซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนเท่ากัน แต่จำนวนพันธะคู่ต่างกัน แต่การเขียนอธิบายคำตอบยังไม่ครบองค์ประกอบที่สำคัญเกี่ยวกับมโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนว่า จุดหลอมเหลวของลิพิดขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ที่เป็นองค์ประกอบ หากมีจำนวนพันธะคู่ น้อย จุดหลอมเหลวจะยิ่งมาก โดยไม่ได้กล่าวถึงจำนวนคาร์บอนอะตอมซึ่งมีผลต่อจุดหลอมเหลวของลิพิดเช่นกัน ดังนั้นคำตอบของนักเรียนจึงมีความถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น



1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย (3 คะแนน)

X A B C D 2. D C B A 3. C B A D

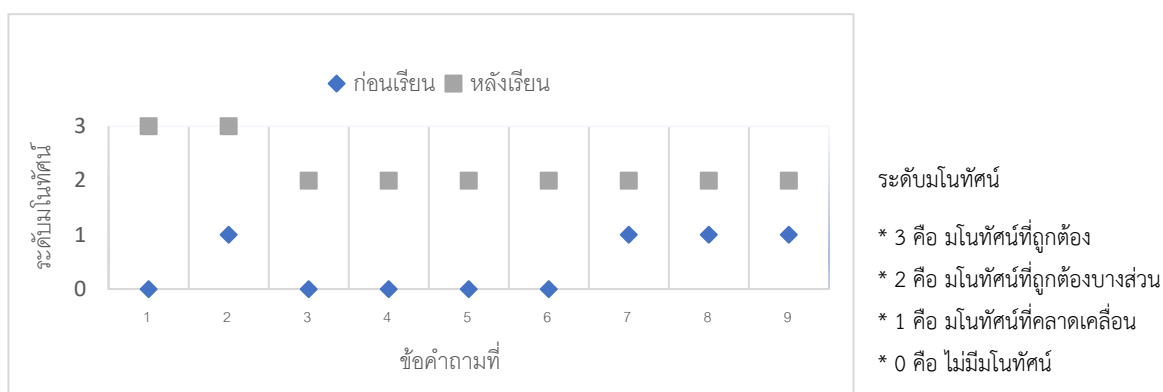
เหตุผลประกอบ

จุดหลอมเหลวของน้ำมันขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ หากมีพันธะคู่ น้อยจุดหลอมเหลวจะยิ่งมาก

น้ำมัน A จึงมีจุดหลอมเหลวมากที่สุด

ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน

กราฟที่ 10 ระดับโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนคนที่ 1



จากกราฟนักเรียนคนที่ 1 สามารถอภิปรายผลได้ว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อนวัตกรรม การเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นักเรียนมีระดับโน้ตศน์ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมสามารถส่งเสริมโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ให้กับนักเรียนได้ โดยสื่อความเป็นจริงเสริมเป็นเครื่องมือในการเชื่อมโยงความรู้ด้วยการ แสดงรายละเอียดภาพสามมิติซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ทางปัญญา สามารถ ประมวลผลเนื้อหาใหม่ผ่านการเรียนรู้ด้วยสื่อความเป็นจริงเสริม (Azuma, 1997) และเมื่อสังเกต พฤติกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมที่สนใจในการเรียน มีความกระตือรือร้น ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและตอบคำถามระหว่างเรียน ซึ่งความสนใจในการเรียนรู้มีอิทธิพล ต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ (Lin et al., 2016) จึงส่งผลให้มีระดับโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

2.1.2 จากการวิเคราะห์ข้อคำถามโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เป็นรายข้อ พบว่า มีจำนวนนักเรียน 1-3 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17-12.50 มีโน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ลดลง คือ มีโน้ตศน์ที่คลาดเคลื่อน (SA) เปลี่ยนแปลงเป็นไม่มีโน้ตศน์ (NU) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต บางรุ่นที่ไม่รองรับแอปพลิเคชันความเป็นจริง เสริมนี้ ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์จึงอาจเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้โน้ตศน์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนได้ (Lin et al., 2016) หรืออาจเกิดจากความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของนักเรียน ต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการพัฒนาแนวคิดที่ไม่เหมาะสม หรือ โครงสร้างความรู้เกี่ยวกับเคมีของนักเรียนในระดับต่าง ๆ มีความไม่สมบูรณ์ (Chiu, 2007) จึงส่งผลให้

ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ผ่านสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนลดลง อีกทั้งสื่อวัตกรรมการความเป็นจริงเสริมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ช่วยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อได้ โดยงานวิจัยนี้ไม่ได้มุ่งเน้นการพัฒนาสื่อวัตกรรมการที่เปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่หากพัฒนาสื่อวัตกรรมการบนพื้นฐานของปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติของลิพิด

นอกจากนี้ข้อคำถามข้อที่ 5 พบว่ามีร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ลดลงร้อยละ 12.50 ซึ่งเป็นมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้มโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดเชื่อมโยงสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ลดลงมากที่สุด ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจต่อโลกในชีวิตประจำวัน (Chiu, 2007) แต่ในการออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเน้นการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันไม่มากนัก ด้วยเหตุผลนี้จึงปรากฏนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลงเป็นไม่มีมโนทัศน์ ดังนั้นในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปจึงควรเน้นการเชื่อมโยงมโนทัศน์สู่ชีวิตประจำวันให้มากขึ้น

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดด้านจุดหลอมเหลว นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง โดยสามารถเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของน้ำมันแต่ละชนิดซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนเท่ากัน แต่จำนวนพันธะคู่ต่างกัน แต่การเขียนอธิบายคำตอบมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนทัศน์โครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนว่า จุดหลอมเหลวของลิพิดขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่เท่านั้น คำอธิบายนี้ถือว่าไม่ถูกต้อง เนื่องจากถึงจุดหลอมเหลวของลิพิดไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่เพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติของลิพิดเกิดขึ้นอยู่

1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย (3 คะแนน)

(1) A B C D 2. D C B A 3. C B A D

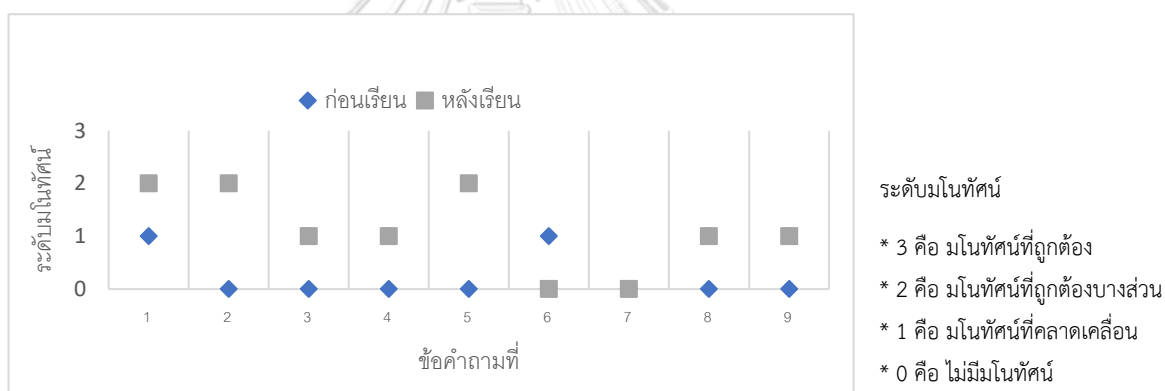
เหตุผลประกอบ

จุดหลอมเหลวของน้ำมันขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ที่มากน้อย ทำให้น้ำมันมีสถานะต่างกัน

จุดหลอมเหลวแตกต่างกัน

ภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

กราฟที่ 11 ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนคนที่ 2



CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากกราฟนักเรียนคนที่ 2 สามารถอภิปรายผลได้ว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ในบางข้อคำถามนักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุประสงค์ในการออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ แต่เป็นการออกแบบและวิเคราะห์จากปัญหาการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน ซึ่งนักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของลิพิด จึงส่งผลต่อความเข้าใจในเรื่องสมบัติของลิพิดซึ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นการพัฒนา มโนทัศน์เรื่อง ลิพิด จึงจำเป็นต้องเข้าใจเนื้อหาพื้นฐาน เรื่อง ลิพิด มาก่อน ในการสอนเนื้อหาเรื่องนี้ ควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด (กมลนุช ไชยมิช ชิม และเสนอ ชัยรัมย์, 2557) อีกทั้งความรู้เดิมหรือการขาดแรงจูงใจการเรียนรู้ ก็อาจส่งผลต่อการมีส่วนร่วมต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Lin et al., 2016) ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผล

กระทบต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมี และสมบัติของลิพิด

2.1.3. จากการวิเคราะห์ข้อคำถามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด เป็นรายชื่อพบว่า มีจำนวนนักเรียน 2-5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33-20.83 ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและไม่มิมโนทัศน์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ยังคงเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดเป็นมโนทัศน์ที่มีความยากต่อการเข้าใจ (Treagust et al., 2018) เพราะมีความเป็นนามธรรม อีกทั้งภาษาทางเคมีที่ใช้ในการเรียนรู้ก็เป็นเรื่องยาก เนื่องจากความหมายของคำมีความแตกต่างจากภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (Herron, 1996) หรืออาจเกิดจากความรู้เดิมที่ไม่สมบูรณ์สามารถส่งผลกระทบต่อความเข้าใจแนวคิดใหม่ ๆ ได้ (Lin et al., 2016) ปัจจัยเหล่านี้จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประมวลผลหรือต่อเติมมโนทัศน์ที่มีอยู่ให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้อาจมีวิธีการสอน รูปแบบการสอน หรือเทคนิคการสอนอื่น ๆ ถูกนำมาใช้ร่วมกับสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ อาจช่วยให้เกิดการส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะไม่สามารถระบุแหล่งที่มาของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้ทั้งหมดของนักเรียน แต่สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ก็ช่วยให้รู้ว่่านักเรียนมีภูมิหลังความรู้ที่หลากหลาย ซึ่งอาจเป็นส่วนช่วยหรือขัดขวางความเข้าใจที่ถูกต้องของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Chiu, 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มิมโนทัศน์ เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิดด้านจุดหลอมเหลว นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง และการเขียนอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนทัศน์ โครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด โดยนักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนว่า น้ำมันชนิด D มีจำนวนคาร์บอนอะตอมพันธะคู่มากที่สุด แต่โจทย์กำหนดให้มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน แต่จำนวนพันธะคู่ต่างกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องหรือไม่มิมโนทัศน์เกี่ยวกับ โครงสร้างทางเคมีต่อสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด

1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย (3 คะแนน)

1. A B C D ~~2. D C B A~~ 3. C B A D

เหตุผลประกอบ

P มีจำนวนคาร์บอนอะตอมพันธะคู่มากที่สุดจึงมีแรงระหว่างโมเลกุลมากที่สุดจึงมีจุดหลอมเหลวมากที่สุด และตัวอื่นก็เรียงลงมา

ภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มีมีโนทัศน์

2.2 ความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.69 โดยสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด นี้ ได้ออกแบบโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากการวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนการสอน เรื่อง ลิพิด ในมัธยมศึกษาตอนปลายที่พบปัญหาการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของลิพิด ซึ่งส่งผลต่อสมบัติลิพิด และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบความพึงพอใจแต่ละด้าน พบว่า ด้านเนื้อหาการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีคะแนนเฉลี่ย (Mean) น้อยที่สุด เท่ากับ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.65 ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่อาจจะเน้นการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้น้อย

3. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ควรคำนึงถึง Prior knowledge โดยมีการวัดความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อน เนื่องจากจะทำให้ทราบว่านักเรียนมีความรู้ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหานั้นอย่างไร เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดมีโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และใช้ในการออกแบบพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

1.2 ในการสร้างสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม หากนำไปใช้กับมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ผู้สอนควรให้นักเรียนได้เรียนรู้จากมโนทัศน์ย่อยก่อน แล้วเชื่อมโยงไปสู่มโนทัศน์ในภาพรวมที่ใหญ่ขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่ชีวิตประจำวันมากขึ้น เช่น การอ่านฉลากอาหารซึ่งมีส่วนประกอบของไขมัน หรือโทษของไขมันที่มีผลต่อร่างกาย โดยนำความเป็นเสริมมาแสดงให้เห็นถึงกลไกการทำงานของไขมันที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย ซึ่งจะทำให้ นักเรียนตระหนักถึงการเลือกรับประทานอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบมากขึ้น

2.2 ควรออกแบบสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ของนักเรียนได้

2.3 อาจศึกษาการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ร่วมกับวิธีสอน รูปแบบการสอน หรือ เทคนิคการสอนอื่น ๆ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.
- กนกกาญจน์ ทองศฤงคสี, ขวัญหญิง ศรีประเสริฐภาพ และสุวิมล กฤษศยาสน์. (2556). การพัฒนาชุดเครื่องมือการประเมินสื่อการเรียนการสอนสำหรับการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา. *Research Journal Phranakhon Rajabhat: Social Sciences and Humanity*, 8(2), 1-10.
- กมลนุช ไชยมีขมิ้ม และเสนอ ชัยรัมย์. (2557). การส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 5(2), 165-175.
- กัญกร เอี่ยมพญา, นิวัตต์ น้อยมณี, อภิชาติ อนุกุลเวช และ ดาวประกาย ระโส. (2564). การจัดการศึกษาในยุคโลกาภิวัตน์. *Journal of Educational Review Faculty of Education in MCU*, 8(1), 352-360.
- เกียรติภูมิ อุเหล้า, ปวีรชชา ศิริโนนรัง และสุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์. (2559). การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมวิชาเคมี เรื่อง แบบจำลองอะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 2(2), 73-80.
- กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2563). การสร้างสื่อ AR : Augmented Reality ด้วย Unity + Vuforia. (online). <https://touchpoint.in.th/ar-augmented-reality-unity-vuforia/>
- คณะกรรมการการจัดการความรู้. (2563). การใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในแนวทางที่หลากหลาย. คู่มือการจัดการความรู้ มหาวิทยาลัยรามคำแหง http://www.edu.ru.ac.th/images/edu_KM/km-poster-2562-03.pdf
- เฉลิมลาภ ทองอาจ. “การจัดการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาโดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์”. *วารสารศึกษาศาสตร์*. ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2551 – มกราคม 2552, หน้า 1-14.
- ณัฐวิ อดุทธกัญญ์ และนพพล วงศ์วิวัฒน์ไชย. (2555) *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อช่วยในการสอนเรื่องตัวอักษรภาษาอังกฤษ A-Z*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

- ณัฐญา นาคะสันต์ และศุภรารักษ์ เรืองวานิช. (2559). Augmented Reality: เติมชีวิตให้สื่อสิ่งพิมพ์ทาง
การศึกษาศาสตร์; Augmented Reality: Bringing Life to Educational Publications.
ROMPHRUEK JOURNAL, 34(2), 33-50.
- ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). นวัตกรรมและสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่
21. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and
arts)*, 9(1), 560-581.
- ธิดารัตน์ คำแพง, กัญญารัตน์ โคจร และสุจินต์ อังกราวีรุทธ์. (2560). การพัฒนาความเข้าใจโน้ตบุ๊ก
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Kolb โดยยึดรูปแบบวงจรการ
เรียนรู้ TSOI. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences
and arts)*, 10(3), 567-584.
- นิธิยา รัตนูปนธ์. (2548). *วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอ
เดียนส์ไตร์.
- นิติคุณ ยุกตะนันท์. (2562). เทคโนโลยีเออาร์โค้ด (AR Code : Augmented Reality Code) เพื่อ
การศึกษา. สืบค้นจาก <https://illusion.in.th/ar-สสวท-คณิต-มัธยม-2/>.
- นันทิศา ชันทอง, เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และสัญญา เครือหงส์ (2563). การพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยี
ความจริงเสมือนสำหรับการเรียนรู้เรื่องอะตอมและการรวมอะตอมของธาตุเคมีและ
สารประกอบ. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 2(2).
- ปราณูชลี นนทะวัน, ประพนอม แซ่จิ่ง และกานต์ตระกูล วุฒิสเลลา. (2558). การศึกษามโนมติวิทยาศาสตร์
เรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (น. 371-
379). ในรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย. ครั้งที่ 9. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี.
- เพชฌิ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา
(E1/E2). *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 7, 44-
52.
- เพชฌิ กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี. (2545). ดัชนี ประสิทธิภาพ (Effectiveness Index: EI). *Journal
of Educational Measurement Mahasarakham University*, 8, 30-36.
- พัฒนา พรหมณี, ยุพิน พิทยาวัฒนชัย และจิระศักดิ์ ทัพพา. (2563). แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจและ
การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในงาน. *APHEIT JOURNAL*, 26(1), 59-66.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 3*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

- รัชณีวัลย์ อัครวิกรัย, ฉันทยากร ช่วยทุกข์เพื่อน และวีระเดช เชื้อนาม. (2564). การพัฒนารูปแบบการจัดการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยีโลกเสมือนผสมผสานโลกจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 32(3), 43-58.
- ละเอียด คีลัน้อย และกันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ. (2562). การใช้มาตรฐานค่าในการศึกษาวิจัยทางสังคมศาสตร์มนุษยศาสตร์การโรงแรมและการท่องเที่ยว. *Journal of Management Science, Ubon Ratchathani University*, 8(15), 112-126.
- ศิริรัตน์ พริกสี. (2556). นวัตกรรมเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอนเคมี. *นิตยสาร สสวท*. ปีที่ 41 ฉบับที่ 181 มีนาคม-เมษายน. 2556.
- สุรินทร์ อุ่นแสน. (2559). เทคโนโลยีเสมือนจริงที่ไม่ใช่สิ่งหลอกลวง. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). *นิตยสาร สสวท*. ปีที่ 47 ฉบับที่ 215 พฤศจิกายน-ธันวาคม 2561.
- สุนทรี มนตรีศรี และทองศักดิ์ โสวจิตสตากุล. (2562). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงเรื่อง สร้างงานแอนิเมชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of Industrial Education*, 18(2), 40-47.
- สุรรัตน์ จัยกระยาง, วิมลรัตน์ จตุรานนท์ และปริญญา ทองสอน. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม มหาวิทยาลัยบูรพา*, 14(1), 286-298.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2563). *AR กับ สสวท*. สืบค้นจาก <https://www.myrecall.app/ar/กับ-สสวท/>
- สุภาวดี บินดิโตวา,และสัญญาชัย พัฒนสิทธิ์. (2565). การพัฒนาบทเรียนดิจิทัล เรื่อง การแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC)*, 5(14), 59-71.
- อารยา ควัฒน์กุล, จันทรพร พรหมมาศ และภัทรกร ชัยประเสริฐ. (2559). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุลด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 26(2), 42-55.

อารยา องค์เอี่ยม. (2561). การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย. *Thai Journal of Anesthesiology*, 44(1), 36-42.

อริษฐ์ เชิญขวัญชัย และ ธนดล ภูสีฤทธิ. (2563). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD ประกอบหนังสือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) เรื่อง การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของมนุษย์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC)*, 3(9), 74-85.

เอกพล จิตตะโส และหนูกร ปฐมพรพรช. (2564). การเรียนรู้แบบซิปปาเสริมด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจโมเลกุลและสมรรถนะในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 9(2), 97-97.

ต่างประเทศ

Anderson, W. L., Mitchell, S. M., & Osgood, M. P. (2005). Comparison of student performance in cooperative learning and traditional lecture-based biochemistry classes. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 33(6), 387-393.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). Educational psychology: A cognitive view.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*, 21(6), 34-47.

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments/MIT press*.

Calik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of research in science teaching*, 42(6), 638-667.

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia tools and applications*, 51, 341-377.

Cheng, J., Chen, K., & Chen, W. (2017). Comparison of marker-based AR and markerless AR: A case study on indoor decoration system. *Lean and Computing in*

- Construction Congress (LC3): Proceedings of the Joint Conference on Computing in Construction (JC3),
- Chiu, M. H. (2007). A national survey of students' conceptions of chemistry in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29(4), 421-452.
- Dash, N. K., Kamat, Vasudha & Veena, Seema. (2018). Unit-12 Media Selection and Integration. <https://doi.org/https://egyankosh.ac.in/handle/123456789/47047>
- Edwards-Stewart, A., Hoyt, T., & Reger, G. (2016). Classifying different types of augmented reality technology. *Annual review of cybertherapy and telemedicine*, 14, 199-202.
- El Filali, Y., & Krit, S.-d. (2019). Augmented reality types and popular use cases. *International Journal of Engineering, Science and Mathematics*, 8(4), 91-97.
- Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, H. A., Glass, C. K., Merrill, A. H., Murphy, R. C., Raetz, C. R., Russell, D. W., Seyama, Y., & Shaw, W. (2005). A comprehensive classification system for lipids. *Journal of lipid research*, 46(5), 839-861.
- Goodman, R. I., Fletcher, K. A., & Schneider, E. W. (1980). The effectiveness index as a comparative measure in media product evaluations. *Educational Technology*, 20(9), 30-34.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science.
- Hana, U. (2013). Competitive advantage achievement through innovation and knowledge. *Journal of competitiveness*, 5(1), 82-96.
- Hayat, I. F., Windayani, N., & Irwansyah, F. S. (2021). Making Augmented Reality Learning Media In Stereochemistry of Carbohydrate Concepts Oriented Multiple Representations. 2021 7th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT).
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Lin, C. Y., Zhuo, P. W., & Lin, K. Y. (2019). Using 3D printing technology with experiential learning strategies to improve preengineering students' comprehension of abstract scientific concepts and hands-on ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 178-187.
- Ismail, M. E., Utami, P., Ismail, I. M., Khairudin, M., Amiruddin, M. H., Lastariwati, B., &

- Maneetien, N. (2018). The effect of an augmented reality teaching kit on visualization, cognitive load and teaching styles. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 24(2), 178-184.
- Kampourakis, K. (2018). On the meaning of concepts in science education. In (Vol. 27, pp. 591-592): Springer.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational technology research and development*, 56, 203-228.
- Lin, J.-W., Yen, M.-H., Liang, J., Chiu, M.-H., & Guo, C.-J. (2016). Examining the factors that influence students' science learning processes and their learning outcomes: 30 years of conceptual change research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(9), 2617-2646.
- Lin, L., & Atkinson, R. K. (2011). Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes. *Computers & Education*, 56(3), 650-658.
- Lisa, U., Michael, C., Steven, W., Peter, M., & Jane, R. . (2016). *Campbell Biology (Campbell Biology Series) 11th Edition*. New York, NY (Vol. .). Pearson Education, Inc.
- Marek, E. A., Eubanks, C., & Gallaher, T. H. (1990). Teachers' understanding and the use of the learning cycle. *Journal of research in science teaching*, 27(9), 821-834.
- 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.
- Phon, D. N. E., Abidin, A. F. Z., Ab Razak, M. F., Kasim, S., Basori, A. H., & Sutikno, T. (2019). Augmented reality: effect on conceptual change of scientific. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 8(4), 1537-1544.
- Qian, Y., & Lehman, J. (2017). Students' misconceptions and other difficulties in introductory programming: A literature review. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 18(1), 1-24.
- Raja, R., & Nagasubramani, P. (2018). Impact of modern technology in education.

Journal of Applied and Advanced Research, 3(1), 33-35.

Saidin, N. F., Halim, N. D. A., & Yahaya, N. (2015). A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications. *International education studies*, 8(13), 1-8.

Siltanen, S. (2012). Theory and applications of marker-based augmented reality.

Silva, R., Oliveira, J. C., & Giraldi, G. A. (2003). Introduction to augmented reality. *National laboratory for scientific computation*, 11(1-11).

Sonjaya, I., & Fadlurahman, R. (2019). Learning media for human digestive system based on augmented reality. *Journal of Physics: Conference Series*,

Swensen, H. (2016). Potential of augmented reality in sciences education. A literature review.

Treagust, D. F., Duit, R., & Nieswandt, M. (2018). Sources of students' difficulties in learning Chemistry.

Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Reece, J. (2014). *Cambridge International AS and A Level 4th Edition*.

Vennesland, B. a. S., . Elmer H. . (2024). biochemistry. Encyclopedia Britannica. <https://doi.org/https://www.britannica.com/science/biochemistry>

Wong, C. L., Chu, H.-E., & Yap, K. C. (2020). A framework for defining scientific concepts in science education. *Asia-Pacific Science Education*, 6(2), 615-644.

Yilmaz, O. (2021). Augmented Reality in Science Education: An Application in Higher Education. *Shanlax International Journal of Education*, 9(3), 136-148.

Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*, 4(1), 11.

ภาคผนวก

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง เรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
2. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ฉบับผู้เชี่ยวชาญและนักเรียน
3. แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด
4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ฉบับครูผู้สอนและนักเรียน
5. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญประเมินข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง เรื่อง
ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. อาจารย์ ดร.ชุตินันท์ สวัสดิ์พิงค์ | อาจารย์ประจำสำนักเทคโนโลยีทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา | ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ กรณีกิจ | อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยี
และสื่อสารการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อ
วัตกรรมการเรียนรู้และประเมินแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

- | | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรรยา ดาสา | อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพิณิจธรรม | อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์ | อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้เพื่อประเมินความเหมาะสมและ
 สอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

1. อาจารย์ ดร.ชุตินันท์ สวัสดิ์พิงค์ อาจารย์ประจำสำนักเทคโนโลยีทางการศึกษา
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. อาจารย์ ดร.รัตตมา รัตนวงศา อาจารย์ประจำภาควิชาวัตกรรมการสื่อสาร
 และพัฒนาการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ประกอบ กรณีกิจ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา
 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง
เรื่อง ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถามสำหรับครูสอนเคมีและครูสอนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ท่านเคยพบปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนในการเรียน เรื่อง ลิพิด หรือไม่ หากท่านพบปัญหาที่พบมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. ท่านแก้ปัญหาการเรียนรู้ที่พบนี้อย่างไร
3. ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างในการเรียนการสอน เรื่อง ลิพิด
4. สื่อการเรียนรู้ดังกล่าวในประเด็นข้อที่ 3 ช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาอย่างไร และพบปัญหาหรือข้อจำกัดใดบ้าง
5. ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR ในการเรียนการสอนหรือไม่ หากท่านเคยท่านใช้สอนเนื้อหาใด และพบปัญหาหรือข้อจำกัดใดบ้าง
6. ท่านคิดว่าการสอน เรื่อง ลิพิด ควรใช้สื่อการสอนประเภทใด เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น เพราะเหตุใด
7. ท่านเคยเห็นหรือใช้สื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR ในการเรียนการสอน เรื่อง ลิพิด หรือไม่
8. ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR เรื่อง ลิพิด ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
9. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรหากสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อได้ เช่น การมี Action ภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ เพิ่มเติมมากกว่าการดูภาพและข้อความ
10. ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอย่างไร ถ้ามีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR เรื่อง ลิพิด

**แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
(ฉบับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสำหรับการออกแบบและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
2. แบบประเมินฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
 - ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด แบ่งเป็น
 - ด้านที่ 1 เนื้อหา
 - ด้านที่ 2 การออกแบบสื่อ
 - ด้านที่ 3 การส่งเสริมการเรียนรู้
3. โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยแต่ละระดับความคิดเห็น มีความหมาย ดังนี้
 - 5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
 - 3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
 - 2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
 - 1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด
4. ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมิน ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. สถานะ

- ☐ ครูระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- ☐ อาจารย์ระดับอุดมศึกษา

2. ความเชี่ยวชาญ

- ☐ ด้านเนื้อหาชีววิทยา
- ☐ ด้านเนื้อหาเคมี
- ☐ ด้านการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

3. ประสบการณ์ในการสอนชีววิทยา เคมี หรือการทำงานพัฒนาสื่อการเรียนรู้

- ☐ 5 - 10 ปี
- ☐ 10 - 15 ปี
- ☐ มากกว่า 15 ปี

4. ท่านเคยใช้สื่อลักษณะนี้สำหรับการจัดการเรียนการสอนหรือไม่

- ☐ เคย
- ☐ ไม่เคย

หากเคย ท่านใช้สอนเนื้อหาใด

.....

ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ความเหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
1.2 ความถูกต้องและความสมบูรณ์ของเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
1.3 ความเหมาะสมในการลำดับการนำเสนอเนื้อหาและการแบ่งส่วนเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
1.4 ความง่ายของเนื้อหา					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
1.5 ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
1.6 ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย					
ข้อเสนอแนะ					
.....					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1.7 เนื้อหา มีประโยชน์ ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.1 ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอ มีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.2 ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.3 ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.4 ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบ ขนาดของภาพ และตัวอักษร					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.5 ความยากง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.6 ความเหมาะสมและสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้					
ข้อเสนอแนะ					
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
3.2 ส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด					
ข้อเสนอแนะ					
3.3 ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจ					
ข้อเสนอแนะ					
3.4 การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน					
ข้อเสนอแนะ					
3.5 การใช้ซ้ำของสื่อและประโยชน์ในการใช้ทบทวนความรู้					
ข้อเสนอแนะ					

**แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
(นักเรียน)**

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนสำหรับการออกแบบและพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
2. แบบประเมินฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
 - ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

เรื่อง ลิพิด แบ่งเป็น

 - ด้านที่ 1 เนื้อหา
 - ด้านที่ 2 การออกแบบสื่อ
 - ด้านที่ 3 การส่งเสริมการเรียนรู้
3. โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ โดยแต่ละระดับความคิดเห็น มีความหมาย ดังนี้
 - 5 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก
 - 3 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
 - 2 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย
 - 1 หมายถึง เห็นด้วยต่อการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด
4. ข้อมูลที่ได้จากแบบประเมิน ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. สถานะ

☐ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. นักเรียนเป็นผู้ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช่หรือไม่

☐ ใช่

☐ ไม่ใช่

3. นักเรียนเคยใช้สื่อลักษณะนี้ ในห้องเรียนหรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย

หากเคย นักเรียนเคยใช้ในการเรียนรู้เนื้อหา

ใด.....

ตอนที่ 2 ระดับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนา
เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความคิดเห็นที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและให้
ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้พัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้					
ข้อเสนอแนะ					
1.2 ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย					
ข้อเสนอแนะ					
1.3 เนื้อหามีประโยชน์ ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้					
ข้อเสนอแนะ					
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.1 ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอมีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย					
ข้อเสนอแนะ					
2.2 ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ					
ข้อเสนอแนะ					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.3 ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.4 ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบ ขนาดของภาพ และตัวอักษร					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.5 ความยากง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
2.6 ความเหมาะสมของระยะเวลาการใช้งานสื่อ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
3.2 ส่งเสริมโน้ตทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด					
ข้อเสนอแนะ					
.....					

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.3 ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจ					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
3.4 การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน					
ข้อเสนอแนะ					
.....					
3.5 การใช้ซ้ำของสื่อและประโยชน์ในการใช้ทบทวนความรู้					
ข้อเสนอแนะ					
.....					

โครงสร้างแผนผังข้อสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด

ข้อที่	มโนทัศน์หลัก	ข้อความมโนทัศน์	พฤติกรรมการเรียนรู้ด้าน พุทธิพิสัย ตาม Bloom's taxonomy
1	โครงสร้างทางเคมีและ สมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยจำนวน คาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่ แตกต่างกัน กับสมบัติด้านจุดหลอมเหลว ของลิพิด	ความเข้าใจ
2	โครงสร้างทางเคมีและ สมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิดประกอบด้วย จำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ ที่แตกต่างกัน กับสมบัติด้านจุดแข็งตัวของ ลิพิด	ความเข้าใจ
3	โครงสร้างทางเคมีของ ลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของไขมันทรานส์จากการ ผลิตเนยเทียมหรือมาการีน	ความเข้าใจ
4	โครงสร้างทางเคมีและ สมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิดซึ่งประกอบกรด ไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว กับ สมบัติการเหม็นหืนของลิพิด	ความเข้าใจ
5	การประยุกต์ใช้ลิพิด ในชีวิตประจำวัน	การเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการ ประกอบอาหารโดยใช้ผลการทดสอบการ เหม็นหืนและการทดสอบกรดไขมันไม่อิ่มตัว	การนำความรู้ไปใช้
6	โครงสร้างของลิพิด	โครงสร้างของไขมันทรานส์โดยใช้ผลการ ทดสอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวและจำนวน พันธะคู่	การวิเคราะห์
7	สมบัติของลิพิด	การเหม็นหืนของลิพิดโดยใช้ผลการทดสอบ กรดไขมันไม่อิ่มตัวและจำนวนพันธะคู่	การวิเคราะห์
8	โครงสร้างทางเคมีและ สมบัติของลิพิด	การทนความร้อนของน้ำมันโดยใช้ผลการ ทดสอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวและจำนวน พันธะคู่	การวิเคราะห์
9	การประยุกต์ใช้ลิพิด ในชีวิตประจำวัน	การเลือกใช้ลิพิดได้เหมาะสมกับประเภท ของการประกอบอาหารและปลอดภัยต่อ การบริโภค	การนำความรู้ไปใช้

แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง ลิพิด

คำชี้แจง

1. แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นแบบวัดประเภทปรนัย 2 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

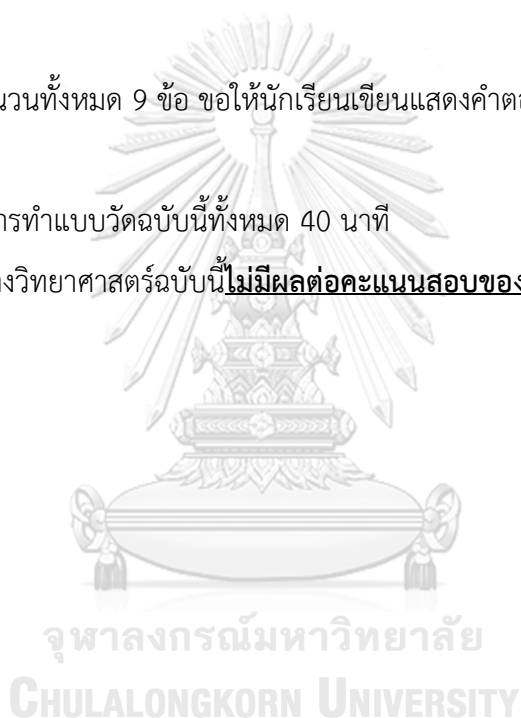
ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ

ตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยหรือเขียนตอบ เพื่อเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

2. แบบวัดฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 9 ข้อ ขอให้นักเรียนเขียนแสดงคำตอบด้วยปากกาน้ำเงิน หรือปากกาดำ

3. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบวัดฉบับนี้ทั้งหมด 40 นาที

4. แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ ไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียน



คำสั่ง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ลงในคำตอบที่ถูกต้อง และเขียนอธิบายเหตุผลประกอบให้ถูกต้องชัดเจน

จงใช้ข้อมูลในตารางตอบคำถามข้อ 1-2

ชนิดของน้ำมัน	จำนวนคาร์บอน อะตอม	จำนวนพันธะคู่
A	16	0
B	16	4
C	16	5
D	16	6

1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย (3 คะแนน)

(โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด)

1. A B C D

2. D C B A

3. C B A D

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. จากตาราง น้ำมันชนิดใดเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีลักษณะแข็งเป็นไข (3 คะแนน)

(โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด)

1. น้ำมันชนิดที่ A

2. น้ำมันชนิดที่ B และ C

3. น้ำมันชนิดที่ D

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

3. ข้อใดระบุชนิดน้ำมันและกล่าวถึงวิธีการผลิตเนยเทียมหรือมาการีนได้ถูกต้อง (3 คะแนน)

(โครงสร้างทางเคมีของลิพิด)

1. น้ำมันถั่วเหลือง โดยการเติมออกซิเจนให้กับน้ำมัน
2. น้ำมันหมู โดยวิธีการเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำมัน
3. น้ำมันปาล์ม โดยทำการเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำมัน

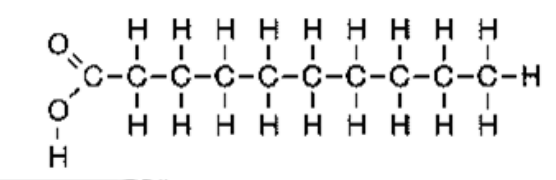
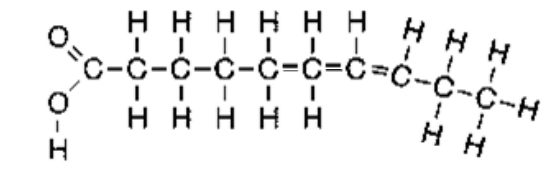
เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

4.

ชนิดของน้ำมัน	โครงสร้างของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมัน
A	
B	

เมื่อตั้งน้ำมันชนิด A และ B ทั้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง ณ อุณหภูมิห้อง พบว่าน้ำมันชนิด B มีกลิ่นเหม็นหืน ในขณะที่น้ำมันชนิด A ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ข้อใดถูกต้อง (3 คะแนน) (โครงสร้างและการทดสอบสมบัติของลิพิด)

1. น้ำมันชนิด A มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่า
2. น้ำมันชนิด A มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่า
3. น้ำมันชนิด B มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่า

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

5. จากการทดสอบน้ำมัน 4 ชนิด ในปริมาณเท่ากัน โดยน้ำมันแต่ละชนิดไม่เติมสารป้องกันกลิ่นเหม็นหืน เมื่อตั้งน้ำมันทั้ง 4 ชนิดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และนำมาทดสอบการฟอกจางสีด้วยสารละลายไอโอดีน ได้ผลการทดลอง ดังนี้ (3 คะแนน) (การประยุกต์ใช้ลัทธิในชีวิตประจำวัน)

ชนิดของน้ำมัน	ผลการทดสอบกลิ่นเหม็นหืน	การทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน (จำนวนหยด)
A	++++	40
B	++	21
C	+++	34
D	+	13

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + แสดงระดับกลิ่นเหม็นหืนของน้ำมัน

จากข้อมูลข้างต้น จงพิจารณาข้อความดังต่อไปนี้

- 1) การบริโภคน้ำมันชนิดใดเสี่ยงต่อการเป็นไขมันอุดตันในเส้นเลือดมากที่สุด
- 2) ควรเลือกใช้น้ำมันชนิดใดในการประกอบอาหาร และปลอดภัยต่อสุขภาพ

ข้อใดสรุปถูกต้อง

1. เสี่ยงต่อการเป็นไขมันอุดตันในเส้นเลือด คือ D ปลอดภัยต่อสุขภาพ คือ D
2. เสี่ยงต่อการเป็นไขมันอุดตันในเส้นเลือด คือ D ปลอดภัยต่อสุขภาพ คือ A
3. เสี่ยงต่อการเป็นไขมันอุดตันในเส้นเลือด คือ A ปลอดภัยต่อสุขภาพ คือ D

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

จงพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการฟอกจางสีด้วยสารละลายไอโอดีนกับจำนวนพันธะคู่ของน้ำมันทั้งหมด 4 ชนิด และตอบคำถามข้อ 6-8

ชนิดของน้ำมัน	การทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน (จำนวนหยด)	จำนวนพันธะคู่
A	28	6
B	5	0
C	23	4
D	16	2

6. หากนำน้ำมันทั้ง 4 ชนิด มาผลิตเป็นเนยเทียมหรือมากรีน น้ำมันชนิดใดต้องเติมแก๊สไฮโดรเจนมากกว่าน้ำมันชนิดอื่น (3 คะแนน) (โครงสร้างทางเคมีของลิพิด)

1. น้ำมันชนิด A

2. น้ำมันชนิด B

3. น้ำมันชนิด C

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. จงเรียงลำดับกลิ่นเหม็นหืนของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดจากมากไปน้อย (สมบัติของลิพิด)

1. B D C A

2. A B C D

3. A C D B

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

8. หากต้องการน้ำมันมาใช้ทอดไก่ที่อุณหภูมิสูง น้ำมันชนิดใดเหมาะกับการนำมาใช้ทอดไก่มากที่สุด (3 คะแนน) (โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด)

1. น้ำมันชนิด A

2. น้ำมันชนิด B

3. น้ำมันชนิด C

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

9. อี๊อายไปซูเปอร์มาร์เก็ตเพื่อซื้อของมาทำอาหาร 2 อย่าง ได้แก่ น้ำสลัดกับข้าวผัดกึ่ง โดยอาหารทั้ง 2 อย่างนี้ ใช้ความร้อนในการปรุงอาหารและใช้ชนิดของน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบแตกต่างกัน ข้อใดจับคู่ประเภทอาหารและชนิดน้ำมันได้ถูกต้องและปลอดภัยต่อสุขภาพ (การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวัน)

1. น้ำสลัด - น้ำมันหมู

ข้าวผัดกึ่ง - น้ำมันมะกอก

2. น้ำสลัด - น้ำมันหมู

ข้าวผัดกึ่ง - น้ำมันปาล์ม

3. น้ำสลัด - น้ำมันมะกอก

ข้าวผัดกึ่ง - น้ำมันรำข้าว

เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียน หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด
2. แบบสอบถามฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
 - ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด
3. โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความพึงพอใจที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ โดยแต่ละระดับความพึงพอใจ มีความหมายดังนี้
 - 5 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
 - 4 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
 - 3 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
 - 2 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
 - 1 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด
4. ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสื่อ นวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. สถานะ

☐ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. นักเรียนเป็นผู้ใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด ใช่หรือไม่

☐ ใช่

☐ ไม่ใช่

3. นักเรียนเคยใช้สื่อลักษณะนี้ ในห้องเรียนหรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย

หากเคย นักเรียนใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใด

.....

ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☒ ลงในระดับความพึงพอใจที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและ
ให้ ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ต่อไป

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน					
2. เนื้อหาประโยชน์					
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้					
4. เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
5. การจัดลำดับเนื้อหาเหมาะสม					
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
6. ภาพประกอบและข้อความสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน					
7. เวลาในการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
8. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน					
9. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ					
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
10. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมโน้มน้าของนักเรียน					
11. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น					
12. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียน					
13. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มประสบการณ์ที่ดีในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน					
14. ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้					
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....					
.....					
.....					

กิจกรรมที่ 2.2 การทดสอบปริมาณ
กรดไขมันไม่อิ่มตัว



กิจกรรมที่ 2.3 การทดสอบ
กลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน



แบบทดสอบหลังเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ AR

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ว30241

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีเป็นสิ่งที่พื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง ลิพิด

จำนวน 2 คาบเรียน 120 ชั่วโมง

1. มาตรฐาน ว 1.2

เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

3. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

ลิพิดประกอบด้วย ไขมันคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ ลิพิดกลุ่มสำคัญที่พบในสิ่งมีชีวิต เช่น กรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด สเตอรอยด์

4. จุดประสงค์การเรียนรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ด้านความรู้ : นักเรียนสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างและความสำคัญของลิพิดแต่ละกลุ่มได้
2. อธิบายคุณสมบัติของลิพิดโดยใช้ผลการทดสอบคุณสมบัติของลิพิด

ด้านทักษะและกระบวนการ : นักเรียนสามารถ

1. ทดสอบคุณสมบัติของลิพิดได้
2. เลือกใช้ชนิดน้ำมันได้ถูกต้องเหมาะสมกับประเภทอาหารและเหมาะกับการบริโภค
3. ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : นักเรียนสามารถ

1. มีความกระตือรือร้น ใฝ่เรียนรู้ ซื่อสัตย์
2. มีส่วนร่วมในชั้นเรียน

5. สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. กิจกรรมการเรียนรู้ (120 นาที)

ขั้นที่ 1 ขั้นกระตุ้นความสนใจ (5 นาที)

- 1.1 ครูให้นักเรียนดูภาพของน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ แล้วถามคำถามต่อไปนี้



- 1) นักเรียนคิดว่าน้ำมันหมูกับน้ำมันพืชมีความแตกต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ
ต่างกันที่ แหล่งที่มาจากสัตว์และพืช ต่างกันที่การนำไปใช้ในการประกอบอาหาร ต่างกันที่โครงสร้างและ
คุณสมบัติ)
- 2) นักเรียนคิดว่าระหว่างน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์น้ำมันชนิดใดเหมาะกับการ
นำมาใช้ทอดที่อุณหภูมิสูง (แนวคำตอบ น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์)
- 3) นักเรียนคิดว่าการทานน้ำมันจากพืชดีกว่าการทานน้ำมันจากสัตว์จริงหรือไม่
(แนวคำตอบ
จริง เพราะน้ำมันจากพืชมีประโยชน์มากกว่า)

1.2 จากนั้นครูกล่าวเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนว่า วันนี้เราจะมาเรียนรู้กันว่าน้ำมันพืชกับน้ำมันสัตว์มีความแตกต่างกันอย่างไร และน้ำมันชนิดใดมีประโยชน์ต่อร่างกายเหมาะกับการบริโภคมากกว่ากัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (120 นาที)

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง ลิพิด โดยใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง ลิพิด

2.2 ครูอธิบายวิธีการใช้สื่อวัตกรรมการเรียนรู้ พร้อมกับแจกใบกิจกรรม เรื่อง ลิพิด จากนั้นให้นักเรียนโหลดแอปพลิเคชันบทเรียน เรื่อง ลิพิด ลงในสมาร์ตโฟน ซึ่งวิธีการใช้สื่อ มีขั้นตอนดังนี้

1) 1. สื่อวัตกรรมการเรียนรู้มีทั้งหมด 5 กิจกรรม ได้แก่

- กิจกรรมที่ 1 โครงสร้างของลิพิด (25 นาที)

- กิจกรรมที่ 2 การทดสอบสมบัติของลิพิด

กิจกรรมที่ 2.1 การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน (30 นาที)

กิจกรรมที่ 2.2 การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (30 นาที)

กิจกรรมที่ 2.3 การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน (30 นาที)

โดยนักเรียนจะต้องเรียนรู้กิจกรรมที่ 1 โครงสร้างของลิพิดก่อน และเรียนรู้กิจกรรมที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของลิพิด เป็นลำดับถัดไป

2) ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทำกิจกรรมด้วย AR เมื่อศึกษาเสร็จแล้วให้กดที่ปุ่ม **เริ่มทำกิจกรรม**

3) ให้นักเรียนทำการกดที่ปุ่ม Scan จะปรากฏหน้าของกล้องถ่ายรูป จากนั้นนำไป Scan ที่รูปภาพในใบกิจกรรม เรื่อง ลิพิด ของแต่ละกิจกรรม

4) ทำการศึกษาลักษณะโครงสร้างและการทดสอบสมบัติของลิพิดในแต่ละกิจกรรม ซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบ AR สามมิติ บันทึกผลและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม ให้ครบทุกกิจกรรม

• กิจกรรมที่ 1 โครงสร้างของลิพิด (25 นาที)

1. นักเรียนศึกษาโครงสร้างของลิพิด โดยใช้สื่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง ลิพิด โดยมีผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันถั่วเหลือง เนย มาการีน สบู่ และ

ผนังเซลล์พืช ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์จะแสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และไขมันทรานส์

2. เมื่อ Scan รูปภาพที่ใบกิจกรรมที่ 1 จะปรากฏโครงสร้างทางเคมีของแต่ละผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ AR สามมิติ ให้นักเรียนสังเกตลักษณะโครงสร้างทางเคมี บันทึกผลและตอบคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (รวม 35 นาที)

• กิจกรรมที่ 1 โครงสร้างของลิพิด (5 นาที)

1. ครุณำนักเรียนอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของลิพิด โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) น้ำมันจากพืชและน้ำมันจากสัตว์มีโครงสร้างทางเคมีหลัก ๆ อย่างไร (แนวคำตอบ น้ำมันพืชเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว มีโครงสร้างพันธะคู่อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง ส่วนน้ำมันสัตว์เป็นกรดไขมันอิ่มตัว โครงสร้างพันธะเดี่ยวทั้งหมด)

2) การที่น้ำมันทั้ง 2 ชนิดมีโครงสร้างต่างกันจะนำไปสู่คุณสมบัติที่ต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ มีจุดหลอมเหลวมาก-น้อยต่างกัน เกิดกลิ่นเหม็นหืนยาก-ง่ายต่างกัน)

3) ควรรับประทานน้ำมันชนิดใด ต้องพิจารณาอะไรบ้าง (แนวคำตอบ ความอิ่มตัวไม่อิ่มตัวของน้ำมัน)

4) ดังนั้นน้ำมันจากพืชและน้ำมันจากสัตว์ ควรรับประทานน้ำมันชนิดใด เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ น้ำมันจากพืช เพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (รวม 30 นาที)

• กิจกรรมที่ 1 โครงสร้างของลิพิด (10 นาที)

1. ครูเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นคำถามจากขั้นกระตุ้นความสนใจว่า “การทานน้ำมันจากพืชดีกว่าการทานน้ำมันจากสัตว์จริงหรือไม่” จากนั้นจึงให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการรับประทานอาหารที่มีไขมันว่า ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่หากรับประทานไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวมากเกินไปความต้องการของร่างกาย ไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลส่วนเกิน จะมี LDL ซึ่งเป็นไขมันร้าย จะเกิดการสะสม LDL ที่ผนังหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดแข็งตัวหรือหลอดเลือดตีบ

ในขณะที่หากรับประทานอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว จะมี HDL ซึ่งเป็นไขมันดีมีประโยชน์ จะทำหน้าที่นำคอเลสเตอรอลส่วนเกินไปทำลายที่ตับ ซึ่งช่วยลดการสะสมของคอเลสเตอรอลบริเวณผนังหลอดเลือด และยังช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมของ LDL ที่ผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ดังนั้นการทานน้ำมันจากพืชดีกว่าการทานน้ำมันจากสัตว์นั้นเป็นความจริง

2. เนยเทียมหรือมาการีน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปจากน้ำมันพืช โดยนำน้ำมันพืชมาเติมไฮโดรเจน เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างไม่อิ่มตัวให้มีความอิ่มตัวมากขึ้น จากรูปแบบ Cis-form มาเป็นรูปแบบ Trans-form ทำให้เก็บได้นาน เกิดกลิ่นเหม็นหืนหยาบ ซึ่งก่อให้เกิดไขมันทรานส์ แตกต่างจากเนยซึ่งได้จากน้ำมันจากสัตว์ โครงสร้างมีความอิ่มตัวอยู่แล้ว ทั้งมาการีนและเนยหากรับประทานในปริมาณมากจะส่งผลทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันทรานส์นอกจากมาการีน ได้แก่ เนยขาว ครีมเทียม ขนมหบเกอรี่ อาหารทอด ขนมหบเคี้ยว นอกจากไขมันทรานส์ที่ผลิตขึ้นมาเองแล้ว ไขมันทรานส์ยังสามารถพบได้ธรรมชาติในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น เนื่อสัตว์และนม แต่มีในปริมาณที่เล็กน้อย การรับประทานไขมันทรานส์ควรรับประทานไม่เกินร้อยละ 1 ของพลังงานทั้งหมด หรือไม่เกินวันละ 1 ช้อนโต๊ะ

4.3 จากนั้นครูนำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การทดสอบคุณสมบัติของลิปิด

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

• กิจกรรมที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของลิปิด (35 นาที)

กิจกรรมที่ 2.1 การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน

1. นักเรียนทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน โดยใช้สื่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยมีน้ำมันทั้งหมด 8 ชนิด ตั้งไว้ในห้องปฏิบัติการ 2 ห้อง ห้องละ 4 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง 25°C เมื่อทำการ Scan รูปภาพที่ใบกิจกรรมที่ 2.1 จะปรากฏโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันแต่ละชนิดในรูปแบบ AR สามมิติ บันทึกลักษณะโครงสร้างที่สังเกตได้ลงในใบกิจกรรม

2. สังเกตลักษณะของน้ำมันที่อุณหภูมิห้อง (25°C) จากนั้นกดที่ปุ่มปรับลดอุณหภูมิ (T ต่ำกว่า 25°C) และกดที่ปุ่มปรับเพิ่มอุณหภูมิ (T สูงกว่า 25°C) สังเกตลักษณะของน้ำมันแต่ละชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ บันทึกผลและตอบคำถามลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

• กิจกรรมที่ 2.1 การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน (5 นาที)

1. ครุณำนักเรียนอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับการทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) น้ำมันชนิดในบ้างที่มีการแข็งตัวเป็นไขที่อุณหภูมิ 25°C (แนวคำตอบ น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู น้ำมันมะพร้าว น้ำมันไก่)

2) จากคำถามข้อที่ 1 เพราะเหตุใดน้ำมันชนิดนั้นจึงเกิดการแข็งตัวเป็นไขที่อุณหภูมิ 25°C (แนวคำตอบ เพราะน้ำมันทั้ง 4 ชนิดโครงสร้างมีความอิ่มตัวสูง จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูง เมื่อนำไปตั้งในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวจึงแข็งตัวเป็นไข)

3) นักเรียนคิดว่าจุดหลอมเหลวของกรดไขมันขึ้นอยู่กับสิ่งใดบ้าง (แนวคำตอบ จำนวนคาร์บอนอะตอมและระดับความไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมัน)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

• กิจกรรมที่ 2.1 การทดสอบจุดหลอมเหลวของกรดไขมัน (5 นาที)

1. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับจุดหลอมเหลวของน้ำมันแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมคาร์บอนและระดับความไม่อิ่มตัวหรือจำนวนพันธะคู่ของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ถ้ากรดไขมันมีจำนวนอะตอมคาร์บอนมากขึ้น จุดหลอมเหลวจะยิ่งสูงขึ้น ในขณะที่ถ้ามีจำนวนพันธะคู่มากขึ้น จุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลง และหากน้ำมันมีกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่มาก จุดหลอมเหลวจะยิ่งต่ำลง เมื่อเทียบกับน้ำมันที่จำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน

2. จากนั้นครูเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นคำถามจากขั้นกระตุ้นความสนใจว่า “นักเรียนคิดว่าระหว่างน้ำมันจากพืชและน้ำมันจากสัตว์น้ำมันชนิดใดเหมาะกับการนำมาใช้ทอดที่อุณหภูมิสูง” จากนั้นจึงให้ความรู้ว่าน้ำมันจากสัตว์เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจึงเหมาะกับการใช้ทอดเนื่องจากเกิดกลิ่นเหม็นหืนยาก ทนความร้อนได้สูง ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันหมู น้ำมันไก่ ในขณะที่น้ำมันจากพืชมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เป็นน้ำมันที่ไม่ทนต่อความร้อน เกิดกลิ่นเหม็นหืนง่าย จึงเหมาะกับการใช้ทอดที่ความร้อนน้อย เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันงา น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งถ้านำน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมาใช้กับความร้อนสูง น้ำมันจะเสื่อมประสิทธิภาพเร็ว มีกลิ่นเหม็นหืน เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นในการนำน้ำมันมาใช้ในการปรุงอาหารควรดูว่าอาหารประเภทนั้นเป็นอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงหรือความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามน้ำมันที่มีกรดไขมัน

ไม่อิ่มตัวสูงถึงแม้จะมีประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง แต่หากรับประทานในปริมาณมากเกินไปก็เสี่ยงต่อการเกิดโรคได้เช่นกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

• กิจกรรมที่ 2.2 การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (25 นาที)

1. นักเรียนทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยใช้สื่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยมีน้ำมันทั้งหมด 5 ชนิด เมื่อ Scan รูปภาพที่ใบกิจกรรมที่ 2.2 จะปรากฏอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ให้นักเรียนทำการทดลองโดยกดลากที่หลอดดูดสารดูดน้ำมันแต่ละชนิดลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 ชนิด จำนวน 5 หลอด จากนั้นนำหลอดทดลองใส่ลงในปิกรเกอร์ที่บรรจุน้ำ แล้วนำไปผ่านการต้มให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 80°C

2. จากนั้นทำการหยดสารละลายไอโอดีน เขย่าเล็กน้อย แล้วนับจำนวนหยดสารละลายไอโอดีนจนกว่าสีของน้ำมันจะเปลี่ยนเป็นสีเดียวกับสารละลายไอโอดีน บันทึกผลและตอบคำถามลงในใบงานกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

• กิจกรรมที่ 2.2 การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (5 นาที)

1. ครุณำนักเรียนอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับการทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากผลการทดลองน้ำมันชนิดใดมีความไม่อิ่มตัวมากที่สุด (แนวคำตอบ น้ำมันมะกอก)

2) จากคำถามข้อที่ 1 นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าน้ำมันชนิดนั้นมีความไม่อิ่มตัวมากที่สุด (แนวคำตอบ น้ำมันมะกอกฟอกจากสีสารละลายไอโอดีน หรือใช้จำนวนหยดสารละลายไอโอดีนมาก)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้

• กิจกรรมที่ 2.2 การทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (5 นาที)

1. ครุให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวด้วยสารละลายไอโอดีน หากน้ำมันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะฟอกจากสีสารละลายไอโอดีน (ใช้จำนวนหยด

สารละลายไอโอดีนมาก) และหากน้ำมันมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อย จะไม่พอกสีสารละลายไอโอดีน (ใช้จำนวนหยดสารละลายไอโอดีนน้อย) ดังนั้นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก เป็นน้ำมันที่เหมาะสมต่อการบริโภคและมีผลต่อสุขภาพ ช่วยลดระดับไขมันในเลือด

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (25 นาที)

• กิจกรรมที่ 2.3 การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน

1. นักเรียนทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน โดยใช้สื่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด โดยมีน้ำมันทั้งหมด 5 ชนิดวางอยู่บนโต๊ะ เมื่อ Scan รูปภาพที่ใบกิจกรรมที่ 2.3 ให้นักเรียนกดลากขูดน้ำมัน แล้วเทน้ำมันแต่ละชนิดลงในปิកเกอร์ ตั้งทิ้งไว้สังเกตปริมาณของออกซิเจนและละอองน้ำที่ตกลงสู่น้ำมัน บันทึกผลลงในใบกิจกรรม จากนั้นปรับเพิ่มอุณหภูมิภายในห้องให้สูงขึ้นจนถึง 60°C ตั้งน้ำมันทิ้งไว้จนระยะเวลาผ่านไป 3 วัน

2. จากนั้นนำน้ำมันมาทดสอบกลิ่นเหม็นหืนโดยใช้เครื่องวัดระดับกลิ่นเหม็นหืน บันทึกผลและตอบคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (5 นาที)

• กิจกรรมที่ 2.3 การทดสอบกลิ่นเหม็นหืนของกรดไขมัน

1. ครุณำนักเรียนอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับการทดสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากการทดลอง น้ำมันชนิดใดเหม็นหืนมากที่สุด (แนวคำตอบ น้ำมันถั่วเหลือง)

2) เพราะเหตุใดจึงเป็นน้ำมันชนิดนั้น (แนวคำตอบ น้ำมันถั่วเหลืองเหม็นหืนมากที่สุด เพราะ

โครงสร้างมีพันธะคู่มาก ออกซิเจนจะทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้ง่ายกว่า)

3) นักเรียนคิดว่ากลิ่นเหม็นหืนของน้ำมันเกิดจากสิ่งใดได้บ้าง (แนวคำตอบ ออกซิเจน น้ำ ความร้อนหรืออุณหภูมิ)

4) การที่น้ำมันบางชนิดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อการเหม็นหืนด้วยหรือไม่ และจริง ๆ แล้วในธรรมชาติมีสารป้องกันการเหม็นหืนอยู่แล้วด้วยหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ มีผลต่อการเหม็นหืน หากน้ำมันชนิด

7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

- ใบกิจกรรม เรื่อง ลิพิด
- สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง ลิพิด

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้			
1. อธิบายโครงสร้างของลิพิดแต่ละชนิดได้	- การตอบคำถามในห้องเรียน	- ใบงานกิจกรรม	- ตอบคำถาม จดบันทึกผล และทำ
2. อธิบายถึงสมบัติของลิพิดซึ่งเกิดจากโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันของลิพิดแต่ละชนิดได้	- การจดบันทึกผลและตอบคำถามในใบงานกิจกรรม	- สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด	แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้
2. เลือกใช้ชนิดน้ำมันได้ถูกต้องเหมาะสมกับประเภทอาหารและเหมาะกับการบริโภค	- การทำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	- แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	ถูกต้อง
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์			
1. มีความกระตือรือร้น ใฝ่เรียนรู้	- การตอบคำถามและทำกิจกรรมในห้องเรียน	- ใบงานกิจกรรม	- ตอบคำถามและมี
2. มีส่วนร่วมในชั้นเรียน	- การจดบันทึกผลและตอบคำถามในใบงานกิจกรรม	- สื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด	ส่วนร่วมในชั้นเรียน

ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้าง โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตาราง แสดงการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. ท่านเคยพบปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนในการเรียนการสอนเคมีหรือชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิดหรือไม่ หากท่านพบ ปัญหาที่พบเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	1	ท่านที่ 2 : ดัดข้อความ “การสอนเคมีหรือชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้” ออก ท่านที่ 3 : ปรับข้อความ เป็น “มีลักษณะอย่างไร”
2. ท่านแก้ปัญหาการเรียนรู้ เรื่อง ลิพิด ที่พบนี้อย่างไร	+1	+1	+1	1	
3. ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดบ้างในการเรียนการสอน เรื่อง ลิพิด	+1	+1	+1	1	
4. สื่อการเรียนรู้ดังกล่าวในประเด็นข้อที่ 3 ช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาใดบ้าง และพบปัญหาหรือข้อจำกัดใดบ้าง	+1	+1	+1	1	
5. ท่านเคยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR ในการเรียนการสอนหรือไม่ หากท่านเคย ท่านใช้สอนเนื้อหาใด และพบปัญหาหรือข้อจำกัดใดบ้าง	+1	+1	+1	1	
6. ท่านเคยเห็นการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR ในการเรียนการสอน เรื่อง ลิพิด หรือไม่	+1	+1	+1	1	ท่านที่ 2 : อาจเพิ่มคำถาม “ท่านคิดว่าการสอนเรื่องลิพิด ควรใช้สื่อการสอนประเภทใด เพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น เพราะเหตุใด”

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
7. ท่านคิดว่าสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR เรื่อง ลิพิด ควรมีลักษณะอย่างไร เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	+1	+1	+1	1	
8. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรหากสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างหรือคุณสมบัติทางเคมีของลิพิดที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น	+1	0	+1	0.67	ท่านที่ 2 : ข้อคำถามชี้้นำเกินไป ไม่ค่อยเห็นประโยชน์ของคำถาม
9. จากประเด็นคำถามทั้งหมด ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร	+1	0	+1	0.67	ท่านที่ 2 : ปรับข้อคำถามเป็น “ท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอย่างไร ถ้ามีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยี AR เรื่องลิพิด” ท่านที่ 3 : เพิ่มเติมคำถาม ให้สื่อ AR สามารถมีปฏิสัมพันธ์ เช่น กดแล้วมีคำถาม คำตอบ หรือ มี Action ต่าง ๆ เพิ่มเติมมากกว่าการดูภาพและข้อความ

จากการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามการสัมภาษณ์ออนไลน์แบบมีโครงสร้างเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานลักษณะของสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3 ท่านพบว่าค่าเฉลี่ย IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC สูงกว่า 0.5 ขึ้นไป สามารถแปลผลได้ว่าข้อคำถามทั้งหมดสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาของข้อคำถามในการสัมภาษณ์ออนไลน์

แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตาราง แสดงการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ความเหมาะสมและความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	1	
1.2 ความถูกต้องและความสมบูรณ์ของเนื้อหา	+1	+1	+1	1	
1.3 ความเหมาะสมในการลำดับการนำเสนอเนื้อหาและการแบ่งส่วนเนื้อหา	+1	+1	+1	1	
1.4 ความง่ายของเนื้อหา	+1	+1	+1	1	
1.5 ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้	+1	+1	+1	1	
1.6 ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบหรือกราฟิกกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย	+1	+1	+1	1	
1.7 เนื้อหามีประโยชน์ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้	+1	+1	+1	1	
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.1 ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอมีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1	

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.2 ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ	+1	0	+1	0.67	
2.3 ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก	+1	+1	+1	1	
2.4 ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบขนาดของภาพและตัวอักษร	+1	0	+1	0.67	
2.5 ความง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	+1	+1	+1	1	
2.6 ความเหมาะสมและสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	+1	0	+1	0.67	
3.2 ส่งเสริมทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	+1	+1	+1	1	
3.3 ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจ	+1	+1	+1	1	
3.4 การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	+1	0	+1	0.67	ท่านที่ 2 : ตัวสื่อไม่ค่อยมีสถานการณ์ที่น่าสนใจ ยังคงเป็นเนื้อหาในบทเรียน
3.5 การใช้ซ้ำของสื่อและประโยชน์ในการใช้ทบทวนความรู้	+1	+1	+1	1	

จากการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมและ
สอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้าน
การออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3
ท่านพบว่ามีค่าเฉลี่ย IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC สูงกว่า 0.5 ขึ้นไป
สามารถแปลผลได้ว่าข้อคำถามทั้งหมดสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและสอดคล้องกับแบบประเมิน
ความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้



แบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
(สำหรับนักเรียน) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตาราง แสดงการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับนักเรียน

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. ด้านเนื้อหา					
1.1 ปริมาณของเนื้อหาและภาษาที่ใช้	1.5	+1	0	+1	ท่านที่ 2 : ตรวจสอบเนื้อหา ตัวชี้วัดให้ชัดเจน ให้ครอบคลุม
1.2 ความสอดคล้องระหว่างภาพประกอบหรือกราฟิกกับเนื้อหาหรือคำบรรยาย	1.6	+1	+1	+1	
1.3 เนื้อหา มีประโยชน์ ช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้	1.7	+1	+1	+1	
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.1 ความเหมาะสมขององค์ประกอบบนหน้าจอ มีการนำเสนอที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	1	ท่านที่ 2 : สื่อยังไม่ค่อยน่าสนใจ
2.2 ความสวยงามของการออกแบบกราฟิกบนหน้าจอ	+1	1	+1	1	
2.3 ความคมชัดของภาพประกอบหรือกราฟิก	+1	0	+1	0.67	
2.4 ความเหมาะสมขององค์ประกอบ สี รูปแบบ ขนาดของภาพ และตัวอักษร	+1	1	+1	1	
2.5 ความยากง่ายและซับซ้อนในการใช้งานสื่อ	+1	+1	+1	1	

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
2.6 ความเหมาะสม ของ ระยะเวลาการใช้งานสื่อ	+1	+1	+1	1	
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
3.1 ความน่าสนใจและดึงดูดต่อ การเรียนรู้ของนักเรียน	+1	0	+1	0.67	
3.2 ส่งเสริมทัศนคติทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง ลิพิด	+1	+1	+1	1	
3.3 ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้และ ส่งเสริมความเข้าใจ	+1	+1	+1	1	
3.4 การ นำ ความ รู้ ไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	+1	0	+1	0.67	ท่านที่ 2 : ตัวสื่อไม่ ค่อยมีสถานการณ์ที่ น่าสนใจ ยังคงเป็น เนื้อหาในบทเรียน
3.5 การใช้ซ้ำของสื่อและ ประโยชน์ในการใช้ทบทวน ความรู้	+1	+1	+1	1	

จากการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับนักเรียน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบสื่อ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3 ท่าน พบว่ามีค่าเฉลี่ย IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC สูงกว่า 0.5 ขึ้นไป สามารถแปลผลได้ว่าข้อคำถามทั้งหมดสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและสอดคล้องกับแบบประเมินความเหมาะสมและสอดคล้องของสื่อวัตกรรมการเรียนรู้

แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตาราง แสดงการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์หลัก	ข้อความ มโนทัศน์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
			ท่าน ที่ 1	ท่าน ที่ 2	ท่าน ที่ 3		
โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่แตกต่างกัน กับสมบัติด้านจุดหลอมเหลวของลิพิด	1. จงเรียงลำดับจุดหลอมเหลวของชนิดน้ำมันในตารางจากมากไปน้อย	0	+1	+1	0.67	ท่านที่ 2 : คำถามดี แต่ควรตรวจสอบสูตรโครงสร้างว่าเป็นไขมันหรือกรดไขมัน
โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิด ซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่แตกต่างกัน กับชนิดน้ำมัน	2. จากตาราง น้ำมันชนิดใดเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีลักษณะแข็งเป็นไข	0	0	+1	0.33	ท่านที่ 1 : ข้อคำถามเน้นการใช้ความจำ จึงไม่ใช่ข้อคำถามที่ดีที่ใช้ Concept ท่านที่ 2 : ข้อคำถามสามารถเดาได้ เพราะมีตัวที่เป็นของเหลว ควรปรับตัวเลือก
โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิด ซึ่งประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนอะตอมและจำนวนพันธะคู่ที่แตกต่างกัน กับชนิดน้ำมัน	3. ข้อใดระบุชนิดน้ำมันและกล่าวถึงวิธีการผลิตเนยเทียมหรือมารีนได้ถูกต้อง	0	0	0	0	ท่านที่ 1 : ข้อคำถามไม่ได้วัด Concept เป็นการวัดความจำ ท่านที่ 3 : trans fat ไม่ใช่ไขมันอิ่มตัว แต่เป็น by product ของการทำไขมันอิ่มตัว

มโนทัศน์หลัก	ข้อความ มโนทัศน์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
			ท่าน ที่ 1	ท่าน ที่ 2	ท่าน ที่ 3		
โครงสร้างทางเคมีและสมบัติของลิพิด	โครงสร้างทางเคมีของลิพิด ซึ่งประกอบกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว กับสมบัติการเหม็นหืนของลิพิด	4. เมื่อตั้งน้ำมันชนิด A และ B ทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง ณ อุณหภูมิห้อง พบว่าน้ำมันชนิด B มีกลิ่นเหม็นหืน ในขณะที่น้ำมันชนิด A ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ข้อใดถูกต้อง	-1	0	+1	0	ท่านที่ 2 : คำถามเน้นความจำ ปรับการเขียนเหตุผล
การประยุกต์ใช้ลิพิดในชีวิตประจำวัน	การเลือกบริโภคและเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหารโดยใช้ผลการทดสอบการเหม็นหืนและการทดสอบกรดไขมันไม่อิ่มตัว	5. จากการทดสอบน้ำมัน 4 ชนิด ในปริมาณเท่ากัน โดยน้ำมันแต่ละชนิดไม่เติมสารป้องกันกลิ่นเหม็นหืน เมื่อตั้งน้ำมันทั้ง 4 ชนิดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง และนำมาทดสอบการพอกจางสีด้วยสารละลายไอโอดีน ได้ผลการทดลองดังนี้ จากข้อมูลข้างต้น จงพิจารณาข้อความดังต่อไปนี้ 1) การบริโภคน้ำมันชนิดใดเสี่ยงต่อการเป็นไขมันอุดตันในเส้นเลือดมากที่สุด 2) ควรเลือกใช้น้ำมันชนิดใดในการประกอบอาหาร และปลอดภัยต่อสุขภาพ	+1	+1	+1	1	ท่านที่ 1 : ข้อนี้ถ้าจะให้ดี ควรใช้เป็นโครงสร้างของกรดไขมันที่ต่างกัน และแสดงพันธะคู่ในโมเลกุลโดยไม่ได้ระบุชนิดของกรดไขมันหรือน้ำมัน ท่านที่ 2 : คำตอบกับเหตุผลไม่ค่อยต่างกัน ปกติน้ำมันพืชแต่ละชนิดมีทั้งอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว แต่มีสัดส่วนบางตัวมากกว่า ท่านที่ 3 : คำตอบข้อถัดไปก็เป็นน้ำมันเกี่ยวกับพืชทั้งนั้น

มโนทัศน์หลัก	ข้อความ มโนทัศน์	ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
			ท่าน ที่ 1	ท่าน ที่ 2	ท่าน ที่ 3		
โครงสร้างของ ลิปิต	โครงสร้างของ ไขมันทรานส์โดยใช้ ผลการทดสอบกรด ไขมันไม่อิ่มตัวและ จำนวนพันธะคู่	6. หากนำน้ำมันทั้ง 4 ชนิด มาผลิตเป็นเนยเทียมหรือมา การัน น้ำมันชนิดใดต้องเติม แก๊สไฮโดรเจนมากกว่า น้ำมันชนิดอื่น	+1	+1	-1	0.67	โครงสร้างของ ลิปิต
สมบัติของลิปิต	การเหม็นหืนของ ลิปิตโดยใช้ผลการ ทดสอบกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวและ จำนวนพันธะคู่มา ใช้อธิบาย	7. จงเรียงลำดับกลิ่นเหม็นหืน ของน้ำมันทั้ง 4 ชนิดจากมาก ไปน้อย	0	+1	0	0.33	ท่านที่ 2 : ในการ อธิบาย น่าจะ อธิบายทุกตัว เพราะจะต้องมี นักเรียนเลือก ตัวเลือกอื่น ท่านที่ 3 : เพิ่ม เหตุผล
โครงสร้างทาง เคมีและสมบัติ ของลิปิต	การทนความร้อน ของน้ำมันโดยใช้ผล การทดสอบกรด ไขมันไม่อิ่มตัวและ จำนวนพันธะคู่	8. หากต้องการน้ำมันมาใช้ ทอดไก่ที่อุณหภูมิสูง น้ำมัน ชนิดใดเหมาะกับการนำมาใช้ ทอดไก่มากที่สุด	+1	+1	-1	0.33	ท่านที่ 1 : ข้อ คำถามดี วัดมโน ทัศน์ได้ แต่ จุดประสงค์ไม่ สอดคล้องกับข้อ คำถาม
การประยุกต์ใช้ ลิปิต ใน ชีวิตประจำวัน	การเลือกใช้น้ำมัน ที่เหมาะสมกับ ประเภทของการ ประกอบอาหาร และปลอดภัยต่อ การบริโภค	9. อ้ายไปซูเปอร์มาเก็ตเพื่อ ซื้อของมาทำอาหาร 2 อย่าง ได้แก่ น้ำสลัดกับข้าวผัดกุ้ง โดย อาหารทั้ง 2 อย่างนี้ ใช้ความร้อน ในการปรุงอาหารและใช้ชนิดของ น้ำมันที่เป็นส่วนประกอบ แตกต่างกัน ข้อใดจับคู่ประเภท อาหารและชนิดน้ำมันได้ถูกต้อง และปลอดภัยต่อสุขภาพ	0	+1	+1	0.67	ท่านที่ 1 : จุดประสงค์ไม่ สอดคล้องกับข้อ คำถาม

จากการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3 ท่านพบว่ามีความเฉลี่ย IOC อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 ซึ่งข้อคำถามบางข้อมีค่า IOC น้อยกว่า 0.5 สามารถแปลผลได้ว่าข้อคำถามนั้นยังไม่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและต้องปรับปรุงแก้ไข และข้อคำถามที่มีค่า IOC 0.5 ขึ้นไป แปลผลได้ว่าสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหา สามารถใช้ข้อคำถามนั้นได้

นำแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาหาความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) พบว่า ผลการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

ข้อสอบ	ความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)	แปลความหมาย
1	0.56	0.56	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
2	0.42	0.33	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
3	0.40	0.50	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
4	0.45	0.23	ยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
5	0.23	0.27	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
6	0.21	0.23	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
7	0.24	0.28	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
8	0.21	0.27	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
9	0.21	0.27	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
10	0.33	0.27	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้

จากการตรวจสอบค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.21-0.56 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.27-0.56 ซึ่งแปลผลได้ว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถใช้ได้และอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ยากปานกลางถึงค่อนข้างยาก และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์จำแนกได้พอใช้ถึงจำแนกได้ดีมาก

แบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อวัตกรรมการเรียนรู้
(สำหรับนักเรียน) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ตาราง แสดงการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อ
วัตกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
1. ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	+1	+1	+1	1	
2. เนื้อหาประโยชน์	0	+1	+1	0.67	ท่านที่ 1 : คนละประเด็นกัน ทำให้ผู้ตอบคำถามตีความ statement นี้แตกต่างกัน ทำให้ขาดความเป็นปรนัย (Objectivity)
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	+1	+1	+1	1	
4. เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	0	+1	+1	0.67	
5. การจัดลำดับเนื้อหามีความเหมาะสม	+1	+1	+1	1	ท่านที่ 1 : การที่นักเรียนทำปฏิบัติการผ่าน AR ทั้งที่เป็นสารที่หาได้ง่าย และไม่ดำปฏิบัติการจริง อาจไม่เหมาะสมกับธรรมชาติของการเรียนเคมี

ข้อคำถาม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3		
2. ด้านการออกแบบสื่อ					
6. ภาพประกอบและข้อความสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	0	+1	+1	0.67	
7. เวลาในการใช้สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้มีความเหมาะสม					
8. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ใช้งานง่าย สะดวก ไม่ซับซ้อน	0	+1	+1	0.67	ท่านที่ 1 : ปรับให้มีประเด็นประเด็นเพียงประเด็นเดียว
9. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้มีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	+1	
3. ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
10. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมทัศนคติของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	
11. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	+1	+1	+1	+1	
12. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ กระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียน	+1	+1	+1	+1	ท่านที่ 1 : Statement ขาดความเป็นObjectivity กระตุ้นความสนใจ หรือ กระตุ้นการเรียนรู้
13. สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้ เพิ่มประสบการณ์ที่ดีในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน	+1	+1	+1	1	
14. ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้สื่อ นวัตกรรม การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	

จากการตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อสื่อนวัตกรรมการเรียนรู้ ฉบับนักเรียน โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด 3 ท่านพบว่ามีค่าเฉลี่ย IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สามารถแปลผลได้ว่าข้อคำถามนั้นสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาสามารถใช้ข้อคำถามนั้นได้



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

เสาวนิตย์ กิจเจริญปัญญา

วัน เดือน ปี เกิด

11 พฤศจิกายน 2538

สถานที่เกิด

นครราชสีมา

วุฒิการศึกษา

สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและ
โภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2561 และเข้าศึกษาต่อใน
หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชา
หลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี
การศึกษา 2564

