



ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4

THE EFFECTS OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING MODEL ON GRADE 10 STUDENTS' SCIENTIFIC LITERACY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN THE TOPIC OF

คณารักษ์ กิจประเสริฐ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้  
ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2566  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE EFFECTS OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING MODEL ON GRADE 10  
STUDENTS' SCIENTIFIC LITERACY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN THE TOPIC OF  
DNA TECHNOLOGY



KHANARAK KITPRASOET

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of MASTER OF EDUCATION  
(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทาง  
วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

คุณารักษ์ กิจประเสริฐ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก  
(อาจารย์ ดร.ณวรา สีที)

..... ประธาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)



ชื่อเรื่อง	ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	คณารักษ์ กิจประเสริฐ
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ณวรา สีที

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง รวมถึงกระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ด้วยการวิจัยผลานวิจัยกลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง จังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกตามความสะดวก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบสังเกตการสอน แบบบันทึกหลังสอน และใบกิจกรรมของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และสถิติทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างเดียว วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ที่ระดับ 5 จำนวนนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ระดับ 3 ขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมี 10 ประการ ได้แก่ การกระตุ้นด้วยสถานการณ์ในชีวิตจริง การกระตุ้นด้วยคำถามนำและภาระงานที่ชัดเจน การออกแบบกระบวนการสืบเสาะ การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน การทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม การสะท้อนคิดเกี่ยวกับแนวคิดและการสำรวจตรวจสอบ การเขียนรายงานเป็นรายบุคคล การประเมินรายงานของเพื่อน การทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และการแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

คำสำคัญ : ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, เทคโนโลยีดีเอ็นเอ, นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

Title	THE EFFECTS OF ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY LEARNING MODEL ON GRADE 10 STUDENTS' SCIENTIFIC LITERACY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN THE TOPIC OF DNA TECHNOLOGY
Author	KHANARAK KITPRASOET
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Dr. Navara Seetee

The objectives of this research were to study the scientific literacy and academic achievement of students after learning with argument-driven inquiry (ADI) learning model, as well as the key processes to promote scientific literacy of DNA technology. This study was carried out using mixed-method research. The samples consisted of 40 10th grade students in the science-mathematics class from a school in Nakhon Prathom province. They were obtained by convenience sampling. The research instruments were four ADI lesson plans, academic achievement test, scientific literacy tests, teaching observation form, a teacher's note, and a student worksheet. The data were analyzed quantitatively using percentage, mean, standard deviation, and a one-sample t-test. The qualitative data were analyzed using inductive analysis. The results found that the scientific literacy of the students' was at a level of 5. The number of students who had scientific literacy at a level of 3 and above was 100%, statistically significantly higher than the criteria of 70% at a level of .05. The average scores of student academic achievement was 83%, statistically significantly higher than the criteria of 70% at a level of .05. The key processes that promote scientific literacy were comprised 10 elements, including stimulating real-life situations, motivating with guiding questions and clear tasks, designing the inquiry process, creating temporary arguments collaboratively, engaging in debates between groups, reflecting on their concepts and investigations, writing individual reports, evaluating peers' report, reviewing on their own scientific explanations, and editing and improving their own scientific explanations.

Keyword : Scientific literacy, DNA technology, grade 10 student, Academic achievement, Argument-Driven Inquiry model (ADI)

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความเมตตาจากอาจารย์ ดร.ณวรา สีที ซึ่งเป็นที่ปรึกษาหลักปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำให้ข้อเสนอแนะและกำลังใจในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้รวมทั้งสนับสนุนผู้วิจัยให้ได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้หลายด้านจนกระทั่งงานสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาและเมตตาเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์และอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ ที่เป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์และทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคุณอาจารย์ศุภนิเวศน์ วิชาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้คำแนะนำ กำลังใจและช่วยเหลือนิสิตทุกด้านด้วยดีเสมอมา

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาประเมินเครื่องมือวิจัยพร้อมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการสร้างเครื่องมือวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูและนักเรียนที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนการวิจัย โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาสำหรับพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2566 ในการนำเสนองานวิจัยทางวิชาการระดับนานาชาติ “The Asian Conference on Education & International Development (ACEID)”

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญยิ่งและให้การสนับสนุนในทุกด้านด้วยดีเสมอมา รวมถึงกัลยาณมิตรทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้จนกระทั่งผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

คนार्กษ กิจประเสริฐ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ .....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
คำถามการวิจัย.....	10
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	10
ความสำคัญของการวิจัย .....	11
ขอบเขตการวิจัย .....	11
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
กรอบแนวคิดการวิจัย .....	15
สมมติฐานการวิจัย.....	17
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
1. เทคโนโลยีดีเอ็นเอ .....	19
2. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์.....	21
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	40
4. แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	49

5. รูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	69
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	85
กลุ่มที่ศึกษา .....	85
แบบแผนการวิจัย.....	86
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	86
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	99
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	102
จริยธรรมในการวิจัย.....	104
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	106
1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ .....	106
1.1 ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์.....	106
1.2 ร้อยละของนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 ขึ้นไป .....	108
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ .....	109
3. กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	111
3.1 สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ .....	111
3.2 สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์.....	130
3.3 สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ .....	138
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	157
ภาพรวมของการวิจัย.....	157
สรุปผลการวิจัย.....	158
อภิปรายผลการศึกษา.....	160

ข้อเสนอแนะ .....	169
บรรณานุกรม .....	172
ภาคผนวก.....	186
ภาคผนวก ก รายงานผู้เชี่ยวชาญ.....	187
ภาคผนวก ข การหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย.....	189
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	208
ภาคผนวก ง ใบรับรองโครงการวิจัย.....	269
ประวัติผู้เขียน.....	272



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ระดับบริบทสำหรับการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	26
ตาราง 2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์.....	28
ตาราง 3 เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์.....	29
ตาราง 4 โครงสร้างความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	31
ตาราง 5 โครงสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	32
ตาราง 6 ความสอดคล้องระหว่างลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สำคัญ 5 ประการ กับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ADI .....	68
ตาราง 7 กรอบการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง .....	78
ตาราง 8 แบบแผนการทดลอง.....	86
ตาราง 9 โครงสร้างและจำนวนชั่วโมงของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ....	88
ตาราง 10 แผนการจัดการเรียนรู้ และคำถามนำที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	89
ตาราง 11 การวิเคราะห์ข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ .....	93
ตาราง 12 โครงสร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ตามกรอบโครงสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018.....	96
ตาราง 13 กำหนดการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ.....	99
ตาราง 14 เกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยอ้างอิงจากกรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018 .....	101

ตาราง 15 ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์รายสมรรถนะ .....	108
ตาราง 16 การเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 ขึ้นไป กับเกณฑ์ร้อยละ 70 .....	108
ตาราง 17 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 .....	110
ตาราง 18 กระบวนการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	151
ตาราง 19 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 .....	190
ตาราง 20 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 .....	192
ตาราง 21 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 .....	194
ตาราง 22 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 .....	196
ตาราง 23 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	198
ตาราง 24 วิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกข้อสอบรายข้อ .....	200
ตาราง 25 วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ.....	201
ตาราง 26 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์.....	202
ตาราง 27 วิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกข้อสอบรายข้อ .....	205
ตาราง 28 วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ.....	206
ตาราง 29 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบสังเกตการสอน .	207





## สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย .....	16
ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์.....	25
ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนแยกตามระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์.....	107
ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนแยกตามคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	109
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S12P3) ที่บันทึกข้อมูลการวางแผน และออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามว่า “เนือบดนี้เป็นเนื้อของวัวหรือไม่” .....	115
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของนักเรียน (S32P2) เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	116
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของนักเรียน (S14P1) เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ .....	117
ภาพประกอบ 8 นักเรียนทำกิจกรรมโต้แย้งระหว่างกลุ่มและปรับปรุงข้อโต้แย้งใหม่ (S4P2) ใน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	119
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนที่มีการปรับปรุงข้อโต้แย้งชั่วคราวหลังจากการ สะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดเพิ่มเติม เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ .....	121
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S21P1) ที่มีการเขียนรายงานการโต้แย้ง เป็น รายบุคคล เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ .....	123
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S39P3) ที่มีการเขียนรายงานการโต้แย้ง เป็น รายบุคคล เรื่อง เนือบดนี้เป็นเนื้อของวัวหรือไม่.....	123
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี.....	125
ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S3P2) ที่ปรับปรุงรายงานตามข้อเสนอแนะ ใน แบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	126

ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S11P2) ที่มีการให้เหตุผลของเจ้าของรายงาน เพื่อไม่แก้ไขรายงานในแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	127
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (S3P2) ที่ปรับปรุงรายงาน ตามข้อเสนอแนะของเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี.....	128
ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (S3P2) ที่ปรับปรุงรายงาน ตามข้อเสนอแนะของเพื่อน เรื่อง เน้นบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไข่หรือไม่ .....	128
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (S38P4) ที่ปรับปรุงรายงาน ตามข้อเสนอแนะของเพื่อน เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่ .....	129
ภาพประกอบ 18 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ .....	130
ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S31P2) ที่บันทึกข้อมูลการวางแผนและ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบว่า การเสียชีวิตเกิดจากอุบัติเหตุหรือการฆาตกรรม .....	132
ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S25P2) ที่มีการปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการสะท้อนคิด เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี.....	135
ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน (S27P3) ที่ปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการประเมินและตรวจสอบโดยเพื่อน .....	137
ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน (S11P3) ที่ปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการประเมินและตรวจสอบโดยเพื่อน .....	138
ภาพประกอบ 23 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ .....	138
ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S24P2) ที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	141
ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S19P1) ที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ .	142

ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S20P2) ที่มีการแปลความหมายข้อมูล ที่ได้จากการทดลองในการตรวจหาหมู่เลือดของผู้ต้องสงสัย เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี.....	142
ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S27P1) ที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว เรื่อง ปลากัดเรื่องแสงเป็นสิ่งที่ชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่.....	144
ภาพประกอบ 28 กิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่มและการปรับปรุงข้อโต้แย้ง (S35P4) ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่ .....	146
ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S22P2) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	147
ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S16P4) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่ .....	147
ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน (S12P2) เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี .....	149
ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S12P2) ที่ปรับปรุงการใช้ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังจากการตรวจสอบโดยเพื่อน.....	149
ภาพประกอบ 33 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ .....	150
ภาพประกอบ 34 ตัวอย่างแบบประเมินการโต้แย้งของนักเรียน (S40P1) เรื่อง ปลากัดเรื่องแสงเป็นสิ่งที่ชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ .....	155
ภาพประกอบ 35 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4 .....	156

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ในปัจจุบันนี้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาพันธุศาสตร์ได้เป็นที่รู้จักและมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและในอนาคต โดยมีความเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากทั้งทางด้านอาหาร ด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคมและด้านการศึกษา (Smith, 2018, p. 4) เนื่องจากความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอได้ถูกนำไปพัฒนาและใช้เป็นเครื่องมือของเทคโนโลยีในการรักษาโรคทางด้านการแพทย์และสาธารณสุข เทคโนโลยีทางการแพทย์ และการพัฒนาด้านอื่นที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ในชีวิตประจำวัน (Steinhauer, 2018, p. 3) เช่น การพัฒนายาและปรับปรุงยารักษาโรค การผลิตวัคซีน การตรวจวินิจฉัยโรคและวางแผนในการรักษาที่ปลอดภัยและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (Hovet, 2018, p. 114) การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ให้มีคุณประโยชน์ทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น การโคลนนิ่งเอ็มบริโอของสิ่งมีชีวิตและมนุษย์ (Ohly, 2018, p. 16) การเพิ่มยีนต้านทานโรคเข้าไปในพืชทางการแพทย์ที่ใช้ในต่างประเทศเพื่อลดการใช้ยาฆ่าแมลง การดัดแปรพันธุกรรมของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายพลาสติกและโฟมได้ (Winstead, 2018, p. 216) และการตรวจหาความสัมพันธ์ทางสายเลือดหรือการพิสูจน์หลักฐานจากคดีอาชญากรรมในด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Smith, 2018, p. 1125) นอกจากนี้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีทางพันธุศาสตร์อย่างต่อเนื่อง และถูกนำมาใช้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการและความเป็นอยู่ของมนุษย์และช่วยยกมาตรฐานชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้น (ธนากรณ ชูศรี, 2555, น. 161) แต่อย่างไรก็ตามความรู้ทางด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอยังคงสร้างความวิตกกังวลให้กับประชาชนส่วนใหญ่ในหลายประเทศเกี่ยวกับความปลอดภัยต่อสุขภาพ การเกิดโรคกลายพันธุ์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Gupta, 2018, p. 184) อีกทั้งยังเป็นประเด็นปัญหาทางสังคมที่มีการถกเถียงกันในเรื่องของความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม หรือข้อควรระมัดระวังของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอในสิ่งมีชีวิต (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 2) ดังนั้นความรู้ความเข้าใจในด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอที่ถูกต้องจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากทั้งในระดับโลก และตัวของนักเรียนในโลกปัจจุบัน เมื่อนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเทคโนโลยีดีเอ็นเอแล้วจะสามารถใช้ความรู้เหล่านั้นไปเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจ วิเคราะห์และประเมินค่าโดยใช้หลักเหตุและผลเกี่ยวกับประเด็นทางเทคโนโลยีดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในสังคมได้ (Smith, 2018, p. 1131)

ด้วยความสำคัญจำเป็นดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ปรากฏอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน โดยประเทศไทยปรากฏเนื้อหาเรื่องนี้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยอยู่ในสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 2 ผลการเรียนรู้ที่ 10-11 อันประกอบไปด้วย พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และเทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560, น. 142) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาได้ปรากฏความรู้ด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS) เช่น นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและอธิบายกระบวนการขั้นตอนในการสร้างสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้ นักเรียนสามารถยกตัวอย่างของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดีเอ็นเอในชีวิตประจำวันได้ นักเรียนสามารถออกแบบการควบคุมการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยไตร่ตรองตามหลักจริยธรรมได้ เป็นต้น (Next Generation Science Standard, 2013, pp. 204-208)

อย่างไรก็ตามเนื้อหาของเทคโนโลยีดีเอ็นเอนี้เป็นสิ่งที่มองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่าและมีคำศัพท์เฉพาะมากมาย อีกทั้งยังจำเป็นต้องอาศัยความรู้พื้นฐานหรือแนวคิดพื้นฐานในการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เช่น พันธุศาสตร์โมเลกุล โครงสร้างดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน เป็นต้น ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเกิดความสับสนในเนื้อหาสาระของเทคโนโลยีดีเอ็นเอได้ (นันทยา อัครอารีย์, 2560, น. 12) ดังจะเห็นได้จากรายงานคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการทดสอบวิชาสามัญ 9 วิชาของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) เพื่อรองรับการรับตรงร่วมกันของนักเรียนไทยในวิชาชีววิทยา พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – 2564 นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนในระดับประเทศซึ่งมีจำนวนร้อยละของนักเรียนเท่ากับ 60.34, 68.92, 70.39, 70.70 และ 70.93 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) โดยทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้รายงาน ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ไม่ผ่านคะแนนค่าเฉลี่ยของระดับประเทศที่พบบ่อยที่สุดคือเรื่อง พันธุศาสตร์ โดยเฉพาะในประเด็นของเรื่อง ยีน มิวเทชัน ลักษณะทางพันธุกรรม และเทคโนโลยีดีเอ็นเอ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 8) สอดคล้องกับรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในรายวิชาชีววิทยา 2 ของ



นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐมที่ผู้วิจัยเป็นผู้สอน โดยที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) คิดเป็นร้อยละ 72.03 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนานักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559)

แต่ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดีขึ้นเพียงอย่างเดียวคงไม่พอ (มนตรา พิงไพศาล, 2561, น. 2) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้อุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 21 นั้น จำเป็นต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะเกี่ยวกับเรื่องนี้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหา และใช้ในชีวิตรจริงได้ (ประสพท เนิองเฉลิม, 2558, น. 7-9) ที่เรียกว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของความรู้และทักษะที่จำเป็นที่สุดในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบัน (Lin และ Mintzes, 2010, p. 998) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) ได้ให้นิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ. 2018 ไว้ว่าเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบคอบและมีวิจารณญาณ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญหรือเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนรู้อุตสาหกรรมในโลกปัจจุบันเพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคต (จตุรภัทร มาศโสภา และ มนตรี วงษ์สะพาน, 2563, น. 169) นอกจากนี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังสามารถสะท้อนได้ถึงตัวของนักเรียนที่จะกลายเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงสามารถบ่งชี้ในระดับหนึ่งได้ว่า แต่ละประเทศมีทรัพยากรบุคคลที่มีศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจของตนมากน้อยเพียงไร (ลี้อชา ลดาชาติ และ โชคชัย ยืนยง, 2559, น. 136) ซึ่งประเทศไทยได้ให้ความสำคัญต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยได้กำหนดไว้ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่ตั้งเป้าหมายให้เด็กไทยมีคะแนน PISA (Programme for International Student Assessment) อยู่ในระดับมาตรฐานสากลหรือระดับค่าเฉลี่ยของประเทศ OECD (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 10) ซึ่งโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA ของ OECD ใช้ในการประเมินคุณภาพการศึกษาของแต่ละประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษา ประเมิน และให้ข้อมูลที่สะท้อนระบบการศึกษาของ

ประเทศที่เข้าร่วมว่า ระบบการศึกษาในมิติต่าง ๆ ได้เตรียมนักเรียนให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตและการมีส่วนร่วมกับสังคมในอนาคตเพียงพอหรือไม่ เน้นประเมินความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และการใช้ความรู้ในการระบุประเด็นปัญหาเพื่อหาความรู้ใหม่ อธิบายปรากฏการณ์ โดยผ่านกระบวนการประเมินและออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ โดยตระหนักว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยทำให้เกิดสิ่งใหม่ตลอดจนทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมอย่างไร รวมถึงเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในงานวิทยาศาสตร์และเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบ (Organization for Economic and Development, 2019; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2016) โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการ PISA มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 (PISA 2000) และเข้าร่วมมาอย่างต่อเนื่องทุกกรอบการประเมิน

จากผลการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของโครงการ PISA ครั้งล่าสุดที่มีรายงานสรุปผลสำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2561 (PISA 2018) ซึ่งมีประเทศเข้าร่วมประเมินทั้งสิ้น 72 ประเทศ โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งแบ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวนร้อยละ 2.78 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวนร้อยละ 18.32 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนร้อยละ 75.36 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน ร้อยละ 3.54 ซึ่งพบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์เท่ากับ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย คือ 489 คะแนน และมีแนวโน้มคะแนนโดยรวมลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 89) และพบว่าเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งมีข้อสอบทั้งหมด 4 ข้อ เป็นเนื้อหาหนึ่งที่มีจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 15.45 - 33.1 ของจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมทดสอบทั้งประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มที่ศึกษาส่วนใหญ่ซึ่งเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ยังคงมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าปกติ และจากการศึกษางานวิจัยหลาย ๆ งานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 117-119; พลอยนัลดดา ผาปไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆและอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 171-172) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่อ้างอิงมาจากการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 อยู่ในระดับ 1b ซึ่งถือว่าเป็นระดับต่ำสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยของบุศมาพร กันทะวัง (2562, น. 114-119) ที่พัฒนาและส่งเสริมการรู้พันธุศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม



สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการรู้พันธุศาสตร์ก่อนเรียน อยู่ที่ร้อยละ 13.73 โดยอยู่ในระดับ 1b เช่นกัน แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทย ยังขาดกระบวนการคิด แบบวิทยาศาสตร์ไม่สามารถพัฒนาวิธีการคิดเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 2) และอาจจะไม่เป็นไปตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 10) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนา ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอให้เกิดขึ้นกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์แม้จะมีความสำคัญและมีความ จำเป็นต่อการพัฒนาคุณภาพของนักเรียนเป็นอย่างมากในศตวรรษที่ 21 แต่การที่นักเรียนจะมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น นักเรียนจำเป็นต้องมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเสียก่อน กล่าวคือนักเรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน ก่อนที่จะนำความรู้ความเข้าใจเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ร่วมกับทักษะกระบวนการที่สำคัญเพื่อการ แก้ไขปัญหา และเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบคอบและมีวิจารณญาณ (Ho, 2010, p. 412) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wen, et al. (2020, p. 103) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การสืบเสาะที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญและสถานการณ์จำลอง สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์อย่าง มีนัยสำคัญกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ ชวนพิศ คณะพัฒนา (2559, น. 118-126) ได้ทำการศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยพบข้อสังเกตว่า นักเรียนที่มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีคะแนนของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจึงจำเป็นต้องส่งเสริมนักเรียนทั้งความฉลาดรู้ทาง วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, 2561, น. 2)

ทั้งนี้ได้มีผู้วิจัยหลายท่านที่พยายามพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน ด้วยรูปแบบ แนวทางและวิธีการสอน รวมทั้งเทคนิคหรือกลวิธีการสอนต่าง ๆ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลอง (Wen, et al., 2020, p. 103) การจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ (Mobile Augmented Reality (MAR) Assisted Stem-Based Learning) (Yuliana, et al., 2020, p. 351) เป็นต้น นอกจากนี้ยัง พบงานวิจัยที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายและชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เช่น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด

ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34; Zeidler & Nichois, 2009, p. 49) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70; สุริยวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกุล, 2559, น. 1329) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, และวิมล สํารามวณิช, 2554, น. 26; Yager, 1992, p. 14) การจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน (พลอยนัลดดา ผาปไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนุพันธ์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18) เป็นต้น

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และงานวิจัยที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและชีวิตวิทยา เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้นั้นมีลักษณะที่สำคัญสรุปได้ 5 ประการ ได้แก่ 1) ต้องมีการกำหนดสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือใกล้เคียงกับบริบทในชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเผชิญหน้ากับปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเกิดการแสวงหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดการคิดแก้ไขปัญหา (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 43; Zeidler & Nichois, 2009, p. 56; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70) 2) ต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับการดำรงชีวิตได้ (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, p. 353; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 44; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70; สุริยวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกุล, 2559, น. 1332) 3) ต้องมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ไขปัญหาหรือการได้มาซึ่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ โดยการลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูลและทำการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะในการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, p. 353; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 44; Zeidler & Nichois, 2009, p. 57; จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 75; พลอยนัลดดา ผาปไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 173; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 122) 4) ต้องมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

มาใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 44; Zeidler & Nichois, 2009, p. 57; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 71) และ 5) ต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายและโต้แย้ง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นต่าง ๆ ทั้งของตนเองและผู้อื่น รับฟังและสะท้อนความคิดเห็นหรือข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดจากการตีความและแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้หรือการสื่อสารองค์ความรู้เหล่านั้น และนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะในการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 45; Zeidler & Nichois, 2009, p. 58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 72; สุริยวดี นิกวัักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1332)

จากลักษณะดังกล่าวข้างต้น รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Model, ADI) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับลักษณะที่สำคัญ 5 ประการข้างต้นและมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาใช้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในบทบาทของการถกเถียงกันในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการแก้ไขปัญหาที่ได้มาจากสถานการณ์จริงหรือมีความใกล้เคียงกับการดำรงชีวิตของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ในบริบทหรือสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่าง โดยอาศัยการแปลความหมายของข้อมูลและการตีความหลักฐานประจักษ์พยานที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การค้นคว้าทดลอง ร่วมกับการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและพยานหลักฐานเข้าด้วยกัน พิจารณาหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อลงข้อสรุป โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายและโต้แย้งในหลักการและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอยู่เสมอและเป็นกลไกที่ทำให้เกิดข้อสรุปที่น่าเชื่อถือร่วมกัน ความสามารถในการสร้าง สนับสนุน หรือคัดค้านข้อกล่าวอ้าง เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ (Sampson, 2014, p. 17;

Cavagnetto, 2010, p. 343; Lin, & Mintzes, 2010, p. 997) รูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนี้ ถูกคิดค้นโดย Victor Sampson ในปี ค.ศ. 2009 และปรับปรุงในปี ค.ศ. 2014 มี 8 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นการระบุภาระงานและถามคำถามนำ เป็นขั้นตอนในการกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงในรูปแบบของภาระงานหรือคำถามที่ต้องการให้นักเรียนปัญหา 2) ขั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงาน ออกแบบวิธีการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 3) ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ตนได้รวบรวมมา จากการตีความหมายของพยานหลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้ เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ 4) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการตีความและแปลความหมายของข้อกล่าวอ้างและประจักษ์พยานหลักฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการโต้แย้งในแนวคิดของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด 5) ขั้นการอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบและอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงการประเมินผลของข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน 6) ขั้นการเขียนรายงานผลการตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนเป็นข้อสรุปจากหลักฐานและพยานที่มีความน่าเชื่อถือ 7) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน เป็นขั้นตอนของการทบทวนตรวจสอบข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นอีกครั้งหนึ่งว่ามีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยให้เพื่อนในชั้นเรียนเป็นผู้ร่วมประเมินตรวจสอบ และ 8) ขั้นการปรับปรุงรายงาน เป็นขั้นตอนของการพัฒนาข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้มีความน่าเชื่อถือและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนและครู (Sampson, 2014, pp. 18-19; Walker, Sampson, & Zimmerman, 2011, pp. 2125-2127; Walker & Sampson, 2013, pp. 564-566) ซึ่งจากขั้นตอนทั้ง 8 ของรูปแบบนี้ จะเป็นสะพานที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล จากการสนับสนุนด้วยหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือที่ใช้ในการกล่าวอ้างเพื่อการอธิบาย (NCR, 2012, p. 44) และส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มาก

ยิ่งขึ้น (Sampson, Groom, & Walker, 2011, p. 213) รวมถึงพัฒนาให้นักเรียนมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ดี (สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น. 178)

นอกจากนี้ การนำรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำเป็นต้องมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ไม่เน้นการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มากเกินไป (Chinn & Malhotra, 2002, p. 546) มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ (วิภา อาสิงสมานันท์, สุริย์พร สว่างเมฆ, และมลิวรรณ นาคขุนทด, 2560, น. 87-100) เน้นการนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงที่มีหลายแนวทางหรือยังไม่มีข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ชัดเจน (พินิจ ขำวงษ์, 2551, น. 3; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58) และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดและมุมมองของตนเองและของผู้อื่นเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นบทสรุปหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ บนพื้นฐานของหลักเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45) สาระการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่องเทคโนโลยีดีเอ็นเอ จึงเป็นหน่วยการเรียนรู้หนึ่งที่มีเนื้อหาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เนื่องจากเป็นสาระการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่มากเกินไป เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายและโต้แย้งในประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และสังคมที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายหรือยังไม่มีข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ชัดเจน โดยนักเรียนต้องตัดสินใจเลือกวิธีการหรือแนวทางที่ดีที่สุดจากหลักฐานประจักษ์พยานที่มีความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม อีกทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ยังเป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งด้านการพูดและการเขียน (กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล่ำเทศ, 2563, น. 18-23) สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ และมีทักษะในการอภิปรายและโต้แย้งที่ดี (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ความเข้าใจโมโนทัศน์ (Halimah, Rahmat, & Redjeki, 2019, pp.



60014-60018; Bakhtaver S. Mahajan, 2004, pp. 19-22) ผลสัมฤทธิ์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (จุฑามาศ กันทะวัง, สมศิริ สิงห์หลพ และ ธนาวุฒิ ลาตวงษ์, 2563, น. 17-32) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ทศพล สุวรรณพุดม และธิตติยา บงกชเพชร, 2562, น. 395-409) การรู้พันธุศาสตร์ (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (นิริรัตน์ อาโยวงษ์, วิมล สำราญวานิช, 2554, น. 21-28) การคิดวิเคราะห์และทักษะการแก้ไขปัญหา (Yuenyong, & Wongsila, 2019, pp. 215-235) ผลสัมฤทธิ์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ธัญชนก ทาระเนตร, 2564, น. 1-9) เป็นต้น และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ ได้แก่ มโนทัศน์ (วิภา อาสิงสมานันท์, สุรีย์พร สว่างเมฆ และมลิวรรณ นาคนุนทด, 2560, น. 87-100) ผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ไขปัญหา (นันทกร อรุณพฤกษากุล, 2559, น. 1-4) เป็นต้น ทั้งนี้เท่าที่สามารถเข้าถึงงานวิจัยได้ ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ทั้งในและต่างประเทศ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มาใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยมุ่งหวังให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น และสามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้และเป็นแนวทางในการวางรากฐานทางความคิดและสมรรถนะที่สำคัญของนักเรียนต่อไปในอนาคต

### คำถามการวิจัย

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้หรือไม่ อย่างไร

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

3. เพื่อศึกษากระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ ครูผู้สอนที่สอนเนื้อหาสามารถนำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ในเนื้อหาเช่นเดียวกันนี้ได้โดยตรงหรือปรับประยุกต์ใช้กับเนื้อหาอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องนี้และเรื่องอื่น ๆ นำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของแผนการพัฒนาศึกษาของชาติต่อไป

### ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐมที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling)

#### 2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

2.2 ตัวแปรตาม คือ 1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

3. เนื้อหาในการวิจัย คือ เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ประกอบไปด้วย พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และเทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Learning Model: ADI) หมายถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการสังเกต ทดลองและรวบรวมข้อมูล กระตุ้นให้นักเรียนสร้างและวิจารณ์ข้อโต้แย้งที่สนับสนุนด้วยเหตุผล

และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อ่าน เขียน และอภิปรายงานจากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ โดยประกอบด้วย 8 ขั้นตอน (Sampson et al., 2014, pp. 3-14)

ขั้น 1 การระบุภาระงานและข้อคำถามนำ (Identification of the Task and the Guiding Question) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยครูเป็นผู้สร้างความสนใจด้วยการกำหนดสภาพปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับบริบทในชีวิตจริงของนักเรียน

ขั้น 2 การออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล (Designing Method and Collecting Data) คือ การทำงานที่เน้นการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการกลุ่มที่มีสมาชิกภายในกลุ่มประมาณ 4-6 คน ให้นักเรียนวางแผนการทำงาน รวบรวมจัดกระทำวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ โดยเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงาน ออกแบบวิธีการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้าง คำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์หรือข้อโต้แย้งชั่วคราว

ขั้น 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Data Analysis and Development of a Tentative Argument) คือ การให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ตนได้รวบรวมมา ประกอบด้วยการอ้างหลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ โดยข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้คือ คำอธิบายที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์หรือข้อโต้แย้งเบื้องต้นจากการตีความและแปลความหมายของประจักษ์พยาน หลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้ เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้น 4 กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation Session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบกับกลุ่มอื่น ๆ และมีการโต้แย้งวิจารณ์ผลงานของผู้อื่นเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่อเสนอข้อกล่าวอ้างใหม่ที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด มี 4 ขั้นตอนย่อยในกระบวนการ ได้แก่ (1) ครูกำหนดประเด็นการโต้แย้ง (2) ครูนิยามคำสำคัญของการโต้แย้ง (3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้ง และ (4) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการตีความและแปล



ความหมายของข้อกล่าวอ้างและประจักษ์พยานหลักฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการกระบวนกรโต้แย้งเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด

ขั้น 5 การอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ (Explicit and Reflective Discussion) คือ การให้นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบวิธีการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ของชั้นเรียน รวมไปถึงการประเมินผลของข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบและอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงการประเมินผลของข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน

ขั้น 6 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Writing the Investigation Report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้กลั่นกรองความคิด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนเป็นข้อสรุปจากหลักฐานและพยานที่มีความน่าเชื่อถือ

ขั้น 7 การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Group Peer Review) คือ การทบทวนทบทวนรายงานเหล่านี้เพื่อให้แน่ใจว่ารายงานมีคุณภาพ โดยจะใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) และครูเป็นผู้รวบรวมรายงานแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่มพร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน (Peer review sheet) ซึ่งเป็นขั้นตอนของการทบทวนตรวจสอบข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นอีกครั้งหนึ่งว่ามีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยให้เพื่อนในชั้นเรียนเป็นผู้ร่วมประเมินตรวจสอบ

ขั้น 8 การปรับปรุงและส่งรายงาน (Revision and Submission of the Investigation report) คือ การให้นักเรียนได้แก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้มีความน่าเชื่อถือและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนและครู

**2. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ** หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ได้อย่างรอบคอบและมีวิจารณญาณ ประกอบด้วยสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ดังนี้

1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) หมายถึง ความสามารถในการนำเสนอและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเลือกองค์ความรู้และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม สามารถพยากรณ์และเสนอสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้

2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายและประเมินการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และเสนอแนวทางในการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยการระบุประเด็นคำถาม วิธีการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ

3) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุน และโต้แย้งด้วยวิธีการที่หลากหลาย และสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลโดยการแปลงความหมายข้อมูล วิเคราะห์ ลงข้อสรุปและข้อสันนิษฐานอย่างเหมาะสมโดยอ้างอิงประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่าง ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือ

ทั้งนี้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้จากแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนาจากแบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เลือกตอบเชิงซ้อนและแบบเขียนตอบ จำนวน 6 สถานการณ์ 18 ข้อและแปลความหมายเป็นระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งแบ่งได้เป็น 7 ระดับ ตามเกณฑ์ที่อ้างอิงมาจากการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 (OECD, 2019, pp. 98-102)

**3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ** หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนในการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมการวัดพฤติกรรมกรการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ Bloom's Revised Taxonomy (Anderson, 2001) 5 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระลึกความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากครูผู้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

2) ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการบรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

ที่ได้จากการสรุปจับใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม

3) การนำไปใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น

4) การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้สมองแยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยสามารถค้นหาความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผลของเรื่องราวนั้น

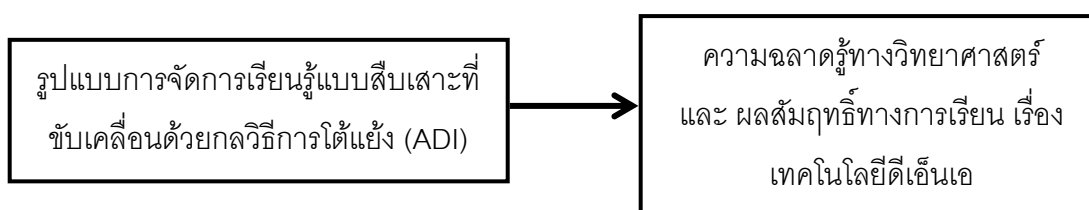
5) การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประเมินค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ทั้งกระบวนการแนวคิดข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ

### กรอบแนวคิดการวิจัย

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้ และทักษะวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง เพื่อทำความเข้าใจและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งในระดับบุคคล สังคม และระดับโลก (สถาบันการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 4) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า การส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ส่วนใหญ่จะมีลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่เป็นไปตามแนวคิดและทฤษฎีสรคินิยม (Constructivism) ที่เน้นการใช้ข้อมูลหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันผลหรือข้อสรุปของสถานการณ์จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตีความและแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, p. 351-353; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; พลอยนัลดดา ผาไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกุล, 2564, น. 117-123) โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาช่วยในการส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ถึงแม้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ

สืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ผ่านมา จะยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็ตาม แต่เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีลักษณะการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่ผ่านการแปลความหมายของข้อมูลและการตีความจากประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์และเน้นให้นักเรียนมีการโต้แย้งชี้แจงว่าทำไมหลักฐานจึงนำไปสู่การลงข้อสรุปแบบนั้นและทำไมจึงปรับปรุงเช่นนั้น เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่จะใช้ในการวิจัยนี้ยึดตามกรอบของ Sampson et al. (2014) ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนภาระงานและใช้คำถามนำ 2) ขั้นตอนออกแบบวิธีการและการรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นตอนกิจกรรมการโต้แย้ง 5) ขั้นตอนทนาอย่างเปิดเผยและสะท้อนกลับ 6) ขั้นตอนเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 7) ขั้นตอนตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน และ 8) ขั้นตอนปรับปรุงแก้ไขและส่งรายงาน ซึ่งทั้ง 8 ขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความเป็นไปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจะสามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีดีเอ็นเอ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

## สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลอง (Wen, et al., 2020, p. 103;) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ (Yuliana, et al., 2020, p. 353) สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้สูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับที่ดี รูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 64.67 ของคะแนนเต็ม (วรัญญา จำปามูล, 2555, น. 134) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 68.82 (ทศพล สุวรรณพุด และ ธิติยา บงกชเพชร, 2562, น. 406) นอกจากนี้รูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นหลังเรียนจากระดับ 1a เป็นระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา (พลอยนัลดดา ผาบไชย สุรีย์พร สว่างเมฆ และ อนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172) ดังนั้นสมมติฐานของการวิจัย เป็นดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีดีเอ็นเอ
  - 1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
  - 1.2 สาระการเรียนรู้
2. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์
  - 2.1 ความหมายของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์
  - 2.2 การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์
  - 2.3 ระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 5.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 5.2 หลักการ แนวคิดของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 5.3 จุดมุ่งหมายและลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 5.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง
  - 5.5 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง



## 1. เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

### 1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้เนื้อหา เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ อยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สาระชีววิทยา ข้อที่ 2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบน โครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐาน ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และ อนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 10 - 11 มีรายละเอียดดังนี้

ผลการเรียนรู้ที่ 10 อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอ รีคอมบิแนนท์

ผลการเรียนรู้ที่ 11 สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดี เอ็นเอไปประยุกต์ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม

### 1.2 สาระการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ในเอกสารตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ไว้ดังนี้

1) การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์สามารถ นำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนที่ต้องการมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิต ทำให้ สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติตามต้องการ

2) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์การแพทย์การเกษตร และอุตสาหกรรม โดยการใช้เทคโนโลยีทางดี เอ็นเอต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพ ชีวจริยธรรม และผลกระทบต่อสังคม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561, น. 136-140) ได้กำหนด สาระการเรียนรู้ที่สำคัญของเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับประเทศไทย ไว้ดังนี้

1) ในปัจจุบันนี้มีการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรมตัดต่อและถ่ายยีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งได้เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมสามารถทำได้ทั้งในจุลินทรีย์พืชและสัตว์

2) การเพิ่มจำนวนของ DNA ที่เหมือน ๆ กันเรียกว่า การโคลน DNA และถ้า DNA บริเวณดังกล่าวเป็นยีนเรียกว่า การโคลนยีน การเพิ่มจำนวน DNA ทำได้โดยการใช้พลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชันหรือ PCR

3) การโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรียเพื่อสร้าง ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ ทำได้โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะสาย DNA ที่มียีนที่ต้องการและตัดพลาสมิดที่จุดตัดจำเพาะ เมื่อตัดสาย DNA ต่างโมเลกุลกันด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกัน ปลายสาย DNA จะมีลำดับเบสที่เข้าคู่กันได้และเชื่อมต่อกันได้ด้วยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกสทำให้ได้เป็นดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ จากนั้นถ่ายดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านเพื่อเพิ่มจำนวน การเพิ่มจำนวน DNA ด้วยเทคนิค PCR สามารถเพิ่มปริมาณของ DNA บริเวณที่ต้องการจาก DNA แม่แบบที่มีปริมาณน้อยผ่านกระบวนการจำลอง DNA ซ้ำกันหลาย ๆ รอบในหลอดทดลอง

4) ผลิตภัณฑ์ DNA ที่ได้จาก PCR สามารถตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณ DNA และหาขนาดของโมเลกุล DNA ด้วยวิธีเจลิอิเล็กโทรโฟรีซิส ซึ่งเป็นเทคนิคการแยกโมเลกุล DNA ที่มีขนาดแตกต่างกันในสนามไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นวุ้นและเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุล DNA มาตรฐานที่ทราบขนาดและสามารถวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบอัตโนมัติ

5) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษา การแพทย์ ในการวินิจฉัยโรคและใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรม การประยุกต์ใช้ด้านการเกษตรในการสร้างพืชหรือสัตว์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ รวมทั้งประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม ในด้านนิติวิทยาศาสตร์สามารถใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในการพิสูจน์ตัวบุคคลและหาความสัมพันธ์ทางสายเลือด อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ (2561, น. 140) กำหนดจำนวนชั่วโมงเรียน โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้



เนื้อหาสาระ	เวลาที่ใช้
1. พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง	5 ชั่วโมง
2. การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	1 ชั่วโมง
3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	4 ชั่วโมง
4. เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม	2 ชั่วโมง
รวม	12 ชั่วโมง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกทำวิจัยที่เน้นเนื้อหา เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยครอบคลุมเนื้อหา 4 ประเด็น ได้แก่ พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง ซึ่งใช้เวลาในการสอนจำนวน 5 ชั่วโมง การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ ซึ่งใช้เวลาในการสอนจำนวน 2 ชั่วโมง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งใช้เวลาในการสอนจำนวน 4 ชั่วโมง และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอกับความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม ซึ่งใช้เวลาในการสอนจำนวน 3 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เป็นเวลา 14 ชั่วโมง เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งนั้นเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีทั้งหมด 8 ขั้นตอน ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน จึงเป็นเหตุผลให้ผู้วิจัยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้นี้มากกว่าที่หลักสูตร ฯ กำหนด 2 ชั่วโมง

## 2. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เป็นคำที่ถูกนำมาใช้ในวงการการศึกษาช่วงทศวรรษ ค.ศ. 1950 ซึ่งความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เน้นในมาตรฐานของหลักสูตรในหลาย ๆ ประเทศและเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาเปรียบเทียบในระดับนานาชาติเกี่ยวกับความสำเร็จของนักเรียน (Dillon, 2009, p. 201)

### 2.1 ความหมายของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ได้มีนักการศึกษาให้ความสนใจที่จะศึกษาและให้คำนิยามกับคำนี้อย่างมากมายและมีการกล่าวถึงคำนี้ไปในหลากหลายทิศทาง อาทิเช่น ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำขวัญ (slogan) ของวิทยาศาสตร์ศึกษา ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 91; Bybee, 1997, p. 68) เช่นเดียวกับองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาระหว่างประเทศ หรือ OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) ที่ให้ความสำคัญกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นส่วนหนึ่งของความรู้และทักษะที่จำเป็นที่สุดในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในโลกยุคปัจจุบัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563, น.

4) โดยได้กำหนดและให้นิยามความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ. 2000 และ ค.ศ. 2003 ไว้ว่า เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุคำถามและหาข้อสรุปตามหลักฐาน เพื่อทำความเข้าใจและช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติและ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ผ่านกิจกรรมของมนุษย์ (OECD, 1999, p. 60; OECD, 2003, p. 133) ต่อมาในปี ค.ศ. 2006, 2009 และ 2012 ได้มีการปรับปรุงนิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ว่าเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคล ในการระบุคำถาม การเรียนรู้องค์ความรู้ใหม่ การอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากประจักษ์พยานหลักฐาน เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คือองค์ความรู้ของมนุษย์และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่กระทำถึงผลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคมและมีความสนใจในการมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมืองของประเทศ (OECD, 2006, pp. 30-31; OECD, 2009, pp. 126-129; OECD, 2013, pp. 98-100) ส่วนในปี ค.ศ. 2015 และ ค.ศ. 2018 OECD ได้มีการกำหนดนิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่อีกครั้งหนึ่งว่าเป็นความสามารถของบุคคลที่จะเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ให้เข้ากับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งบุคคลที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ หรือเรียกว่ามีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) และ 3) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) (OECD, 2017, pp. 20-22; OECD, 2019, pp. 98-102) นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจและถือว่าความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับบุคคลทุกคนนั้นทำให้มีผู้พยายามให้คำนิยามต่าง ๆ มากมาย อาทิ สภาวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC, 1996, p. 22) ได้ให้นิยามความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นความรู้ความเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลถึงระดับความสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตในสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมได้ ซึ่งหมายถึงการที่บุคคลมีความสามารถในการตั้งคำถาม ค้นหาหาคำตอบจากคำถามที่มาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน สามารถบรรยาย อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อ่านและเข้าใจบทความที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์จากสื่อที่มีชื่อเสียงในสังคมและพินิจพิเคราะห์อย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อสรุปนั้น ๆ ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลจะทำให้

สามารถเข้าใจปัญหาของครอบครัว สังคมตลอดจนปัญหาในระดับชาติและมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อการตัดสินใจของรัฐบาลทั้งระดับท้องถิ่นและรัฐบาลกลางบนพื้นฐานของแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 4)

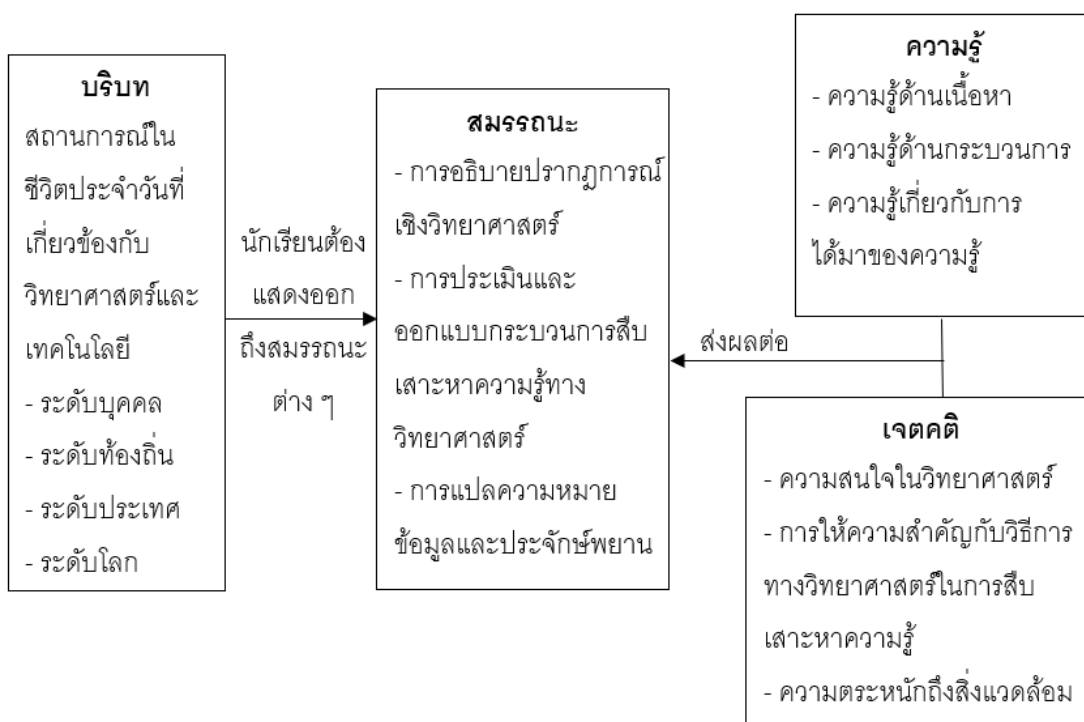
ส่วนองค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: UNESCO, 1993, p. 22) ได้นิยามความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ผู้ซึ่งสามารถตั้งคำถาม ค้นหา หรือระบุคำตอบของคำถามที่มาจากความรู้ อธิบาย เห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันสามารถบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ อ่านบทความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในหนังสือพิมพ์ด้วยความเข้าใจ ร่วมสนทนาเกี่ยวกับความเที่ยงตรงของข้อสรุปในสังคม ประเมินคุณภาพของความรู้ทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของแหล่งข้อมูลและวิธีการที่ใช้สร้างความรู้ นั้น สำหรับหน่วยงานทางการศึกษาในประเทศไทยอย่างสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ได้กำหนดนิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องและคล้ายคลึงกันกับนิยามของ OECD ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงปี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 4) เช่นเดียวกับนักการศึกษาและนักวิจัยส่วนใหญ่ของประเทศไทยที่จะกำหนดนิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปในทิศทางเดียวกันกับนิยามของ OECD (จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 18; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 19; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174)

จากการทบทวนวรรณกรรมและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากทั้งในและต่างประเทศที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น งานวิจัยนี้ใช้นิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามนิยามของ OECD (2018) ที่กล่าวว่า ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบคอบและมีวิจารณญาณ โดยนักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหา และสืบเสาะหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์ประเมินและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์ และสังคมอย่างมีเหตุผลตามประจักษ์พยานหลักฐานที่มี ตระหนักถึงความสำคัญและผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต่อตนเองและสังคม

## 2.2 การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลักการพื้นฐานว่า ประชาชนพลเมืองที่ต้องใช้ชีวิตในสังคมที่ต้องเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำเป็นต้องมีความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับตัวของประชาชนเอง และต้องเป็นความรู้ที่ใช้ได้ในบริบทที่คนปกติทั่วไปมักต้องประสบในชีวิตจริง นอกจากนี้ยังต้องรู้ กระบวนการวิทยาศาสตร์และมีความรู้เรื่องความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถลงความเห็นหรือสรุปจากสาระหรือข้อมูลที่ได้รับ ต้องประเมินค่าบอกเล่าหรือคำกล่าวอ้างบนพื้นฐานของประจักษ์พยาน รู้จักแยกแยะความคิดเห็นกับข้อความที่มีข้อมูลหรือประจักษ์พยานสนับสนุน ซึ่งสิ่งเหล่านี้เรียกว่า สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) และแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) นอกจากนี้ ต้องให้ความสำคัญ กับสิ่งที่มีบทบาทและมีส่วนร่วมสร้างสังคมวิทยาศาสตร์ ทั้งในบริบทของการดำเนินชีวิตส่วนตัว บริบทของสังคม และบริบทของโลกโดยรวม นั่นคือ มีความสนใจในวิทยาศาสตร์ สนับสนุนส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแสดงความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (OECD, 2019, pp. 98-102)

จะเห็นได้ว่า การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เน้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเรียนตามหลักสูตรปกติในโรงเรียน เนื่องจากต้องการให้ความสำคัญกับศักยภาพของนักเรียนในการใช้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงในการรับรู้ และตอบสนองต่อประเด็นปัญหา รับสาระ ข้อมูล ข่าวสาร และเป็นผู้บริโภคที่ฉลาด เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553, น. 7-8) ตามนิยามของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2003, 2006, 2009, 2012, 2016 และ 2018 จึงคำนึงถึงองค์ประกอบ 4 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่ สถานการณ์และบริบท ความรู้ สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียด (ดังภาพประกอบ 2) ดังนี้



### ภาพประกอบ 2 องค์ประกอบของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 21.

1. สถานการณ์และบริบท คือ การรับรู้ถึงสถานการณ์ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นั่นคือการใช้วิทยาศาสตร์ในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลมักจะแตกต่างกัน โดยขึ้นกับสถานการณ์ของแต่ละประเด็นและความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับบริบทนั้น เช่น บริบทส่วนตัว บริบทสังคม และบริบทของโลก รายละเอียดดัง ตาราง 1

ตาราง 1 ระดับบริบทสำหรับการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

บริบท	ระดับส่วนตัว (ตัวเอง ครอบครัว เพื่อน)	ระดับชุมชน (สังคม)	ระดับโลก
สุขภาพ	สุขภาพ อุบัติเหตุ โภชนาการ	ควบคุมโรค สุขภาพชุมชน การเลือกอาหาร	โรคระบาด การระบาด ข้ามประเทศ
ทรัพยากร ธรรมชาติ	การใช้วัสดุ พลังงาน	การรักษาจำนวนประชากรให้ คงที่ คุณภาพชีวิต ความมั่นคง การผลิตและการกระจายอาหาร การหาพลังงาน	ทรัพยากรที่เกิดขึ้นใหม่ได้และ ไม่ได้ ระบบของธรรมชาติ การเพิ่มประชากร
คุณภาพ สิ่งแวดล้อม	พฤติกรรมเป็นมิตรกับ สิ่งแวดล้อม	การกระจายประชากร การทิ้งขยะ ผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม อากาศในท้องถิ่น	ความหลากหลายทาง ชีววิทยา ความยั่งยืนของ ระบบนิเวศ การเกิดและ การสูญเสียชีวิต
อันตราย พิชภัย	อันตรายจากธรรมชาติ และคนทำขึ้น	การเปลี่ยนแปลงกะทันหัน (แผ่นดินไหว คลื่นยักษ์ พายุ การเปลี่ยนแปลงช้าๆ การกัด เซาะ การตกตะกอน) การ ประเมินความเสี่ยง	การเปลี่ยนแปลง บรรยากาศ ผลกระทบ ของสงคราม
ขอบเขตของ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี	ความสนใจในการอธิบาย ปรากฏการณ์ งานอดิเรก ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การกีฬา และการพักผ่อน ดนตรีและเทคโนโลยี	วัสดุใหม่ ๆ เครื่องมือ และ กระบวนการใหม่การดัดแปลง พันธุกรรม เทคโนโลยีอาวุธ การคมนาคมขนส่ง	การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต การสำรวจอวกาศ การ เกิดจักรวาล

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 142.

2. สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หมายถึง การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ประเมินและ ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) และแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)



การอธิบายปรากฏการณ์ ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) หมายถึง การแสดงให้เห็น การนำเสนอ และประเมินคำอธิบายปรากฏการณ์ทั้งทางธรรมชาติและเทคโนโลยี โดยแสดงความสามารถดังนี้

1. เลือกองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างเหมาะสม
2. เลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นตัวแทนของสิ่งของประกอบคำอธิบายปรากฏการณ์
3. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้จริงจากการตีความปรากฏการณ์
4. เสนอสมมติฐานที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์
5. อธิบายถึงความเป็นไปได้ในการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์กับสังคม

การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายและประเมินการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และเสนอแนวทางในการระบุนปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงความสามารถดังต่อไปนี้

1. ระบุนปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์
2. บอกได้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. เสนอวิธีการและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์
4. อธิบายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลรวมถึงคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว

การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุน และโต้แย้งด้วยวิธีการที่หลากหลาย และสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล ด้วยการแสดงความสามารถต่อไปนี้

1. แปลงข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น
2. วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

3. ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์ พยาน (หลักฐาน) และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4. บอกความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์ พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่ใช้ฐานแนวคิดอื่น

5. ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่นหนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต วารสาร

ตาราง 2 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

สมรรถนะ	ความสามารถที่แสดงออก
การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างเหมาะสม</li> <li>- เลือกแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประกอบการอธิบายปรากฏการณ์</li> <li>- พยากรณ์ การเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ จริ่งจากการตีความปรากฏการณ์</li> <li>- เสนอสมมติฐานที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์</li> <li>- อธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม</li> </ul>
การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์</li> <li>- บอกได้ว่าประเด็นปัญหาใดตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์</li> <li>- เสนอวิธีการและประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์</li> <li>- อธิบายและประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูลรวมถึงคำอธิบายปรากฏการณ์ที่ปราศจากความคิดเห็นส่วนตัว</li> </ul>
การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แปลงข้อมูลจากรูปแบบการนำเสนอเดิมไปสู่รูปแบบอื่น</li> <li>- วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล</li> <li>- ระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์ พยาน (หลักฐาน) และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> <li>- บอกความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์ พยานทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งที่ใช้ฐานแนวคิดอื่น</li> <li>- ประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่นหนังสือพิมพ์ อินเทอร์เน็ต วารสาร</li> </ul>

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 143.



3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ประกอบด้วย ความรู้วิทยาศาสตร์ (Knowledge of Science) และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Knowledge about Science)

ความรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง องค์ความรู้ ซึ่งเป็นความรู้ ของโลกธรรมชาติ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ฯลฯ โดยความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเน้นเฉพาะแนวคิดและสาระเนื้อหาที่ใช้ได้ (Relevant) สำหรับการใช้ในชีวิตรจริง ใช้ได้กับวันนี้และในอนาคต จะไม่เน้นความรู้ ความจำในเนื้อหาและแนวคิด การให้คำจำกัดความ ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาครอบคลุม ดังนี้

วิทยาศาสตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม (Science in earth and environment) หรือที่เรียกว่า ความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Knowledge of natural world) วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ (Science in life and health) และวิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี (Science in Technology)

ตาราง 3 เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
ระบบทางกายภาพ (Physical system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โครงสร้างของสาร (เช่น อนุภาค พันธะ)</li> <li>- สมบัติของสาร (เช่น การเปลี่ยนสถานะ การนำความร้อน และการนำไฟฟ้า)</li> <li>- การเปลี่ยนแปลงทางเคมี (เช่น ปฏิกิริยา การถ่ายโอนพลังงาน กรด/เบส)</li> <li>- การเคลื่อนที่และแรง (เช่น ความเร็ว ความเสียดทาน)</li> <li>- พลังงานและการถ่ายโอน (เช่น การอนุรักษ์ ปฏิกิริยาเคมี)</li> </ul>
ระบบสิ่งมีชีวิต (Living system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เซลล์ (เช่น โครงสร้างและหน้าที่ของ DNA พืชและสัตว์)</li> <li>- มนุษย์ (เช่น สุขภาพ โภชนาการ ระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การย่อย การหายใจ การไหลเวียนเลือด การขับถ่าย และความสัมพันธ์ของระบบ โรคภัย การสืบพันธุ์)</li> </ul>

ตาราง 3 (ต่อ)

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
ระบบสิ่งมีชีวิต (Living system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประชากร (เช่น เผ่าพันธุ์ วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ ความแปรผันทางพันธุกรรม)</li> <li>- ระบบนิเวศ (เช่น โซ่อาหาร การถ่ายทอดสารและพลังงาน)</li> <li>- ไบโอสเฟียร์ (เช่น การอนุรักษ์ ความยั่งยืนของระบบนิเวศ)</li> </ul>
ระบบของโลกและอวกาศ (Earth and space system)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โครงสร้างของโลกทั้งระบบ (เช่น ผิวโลก บรรยากาศ พื้นน้ำ)</li> <li>- พลังงานในระบบโลก (เช่น แหล่งพลังงาน ดินฟ้าอากาศของโลก)</li> <li>- การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก (เช่น การเกิดชั้นดิน ระบบทางเคมีในพื้นโลก แรงที่สร้าง และทำลายโลก)</li> <li>- ประวัติศาสตร์ของโลก (เช่น ฟอสซิล การเริ่มต้น และวิวัฒนาการ)</li> <li>- โลกในอวกาศ (เช่น การโน้มถ่วง ระบบสุริยะ)</li> </ul>

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 146.

ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ในวิธีการหรือกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่นำไปสู่การอธิบายและลงข้อสรุป โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 โครงสร้างความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
กระบวนการเสาะหา ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific enquiry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การเริ่มต้น (ความอยากรู้อยากศึกษา การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์)</li> <li>- จุดมุ่งหมาย ต้องการทำอะไร (เช่น ต้องการหาหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ความคิดในปัจจุบัน/ ตัวแบบ/ ทฤษฎี/ การสืบหา)</li> <li>- การทดลอง (คำถามที่ต่างกันนำไปสู่การตรวจสอบ การออกแบบที่ต่างกัน)</li> <li>- ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ เช่น เชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ การสังเกต)</li> <li>- การวัด (เช่น ความไม่แน่นอน การวัดซ้ำ ความแปรผัน การประมาณ ความถูกต้องของอุปกรณ์และกระบวนการ)</li> <li>- ลักษณะของผล (เช่น ผลจากการวัดตรง ๆ ผลที่ได้ขณะนั้นซึ่งอาจจะเปลี่ยนแปลงได้ ผลที่ตรวจสอบได้ การแก้ไขด้วยตนเอง)</li> </ul>
การอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ (Scientific explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบรูปของคำอธิบาย (เช่น สมมติฐาน ทฤษฎี กฎ)</li> <li>- การสร้างคำอธิบาย (เช่น การเสนอข้อมูล บทบาทของความรู้ ปัจจุบันกับประจักษ์พยานใหม่ การสร้างสรรค์และจินตนาการ)</li> <li>- กฎ (เช่น กฎคงที่ สมเหตุสมผล มีประจักษ์พยานรองรับ)</li> <li>- ผลที่เกิดขึ้น (เช่น สร้างความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ เทคโนโลยีใหม่ นำไปสู่คำถามใหม่และการสำรวจตรวจสอบใหม่)</li> </ul>

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 147.

4. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude Toward Science) หมายถึง การแสดงการตอบสนองต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วยความสนใจ ให้ความสำคัญกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และรับรู้และตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม

ตาราง 5 โครงสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

หัวข้อหลัก	รายละเอียด
ความสนใจในวิทยาศาสตร์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความอยากรู้หรืออยากเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์</li> <li>- ความตั้งใจที่จะหาความรู้วิทยาศาสตร์และทักษะเพิ่มเติม โดยใช้แหล่งข้อมูลและวิธีการที่หลากหลาย</li> <li>- ความสนใจในวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งความตระหนักถึงอาชีพการงานทางวิทยาศาสตร์</li> </ul>
การเห็นคุณค่าของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การยึดถือว่าหลักฐานเป็นข้อมูลที่สำคัญที่นำมาสู่การสร้างคำอธิบายในเรื่องต่าง ๆ</li> <li>- การยึดมั่นในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่เหมาะสม เพื่อสืบเสาะหาความรู้</li> <li>- การเห็นความสำคัญของการวิพากษ์วิจารณ์ว่าเป็นเครื่องมือในการสร้างความน่าเชื่อถือของแนวคิดต่าง ๆ</li> </ul>
ความตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมและการรักษาสีเขียวให้ยั่งยืน</li> <li>- การมีแนวคิดในการใช้และส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการรักษาสีเขียวให้ยั่งยืน</li> </ul>

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2015 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. หน้า 28-29.

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, p. 351; วิภา อาสิงสมานันท์, สุริย์พร สว่างเมฆ, และมลิวรรณ นาคขุนทด, 2560, น.92; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 37) พบว่า การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นิยมใช้แบบทดสอบที่แต่ละหน่วยประกอบด้วยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบ ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของข้อเขียนสั้น ๆ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ และตัวข้อสอบหรือคำถาม แต่ละหน่วยข้อสอบหรือคำถามอาจมีถึง 4 ข้อ ที่ประเมินความรู้วิทยาศาสตร์หรือความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเกือบทุกหน่วยจะประเมินมากกว่าหนึ่งสมรรถนะ และความรู้มากกว่าหนึ่งอย่าง และใช้ใน

สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเป็นฐาน (Context-based question) ซึ่งสามารถสรุปประเภทคำถามในการประเมินของ PISA ได้ดังนี้

1. คำถามแบบเลือกตอบ มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้
  - การเลือกหนึ่งคำตอบจากสี่ตัวเลือก
  - การเลือกคำตอบที่เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในภาพหรือข้อความ
2. คำถามเขียนตอบ มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้
  - การเลือก “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ในชุดคำถาม ซึ่งจะได้คะแนนเมื่อตอบถูกต้องทั้งหมดในชุดคำถามนั้น
  - การเลือกมากกว่าหนึ่งคำตอบจากรายการที่กำหนดให้
  - การเติมคำในประโยคให้สมบูรณ์โดยการเลือกคำตอบจากรายการที่กำหนดให้
  - การลากคำตอบลงมาวางในตำแหน่งที่กำหนดให้ โดยให้ลากและวางคำตอบเพื่อการจับคู่ การเรียงลำดับ หรือการจำแนกประเภท
3. คำถามแบบเลือกตอบเชิงซ้อน มีลักษณะการตอบคำถาม ดังนี้
  - การเขียนคำตอบแบบสั้นเป็นกลุ่มคำ หรือการเขียนคำตอบแบบยาวเป็นย่อหน้าสั้น ๆ (อาจเป็นคำอธิบายที่ประกอบด้วยประโยค 2-4 ประโยค)
  - ข้อคำถามบางข้อจะให้รูปภาพ เช่น กราฟ หรือแผนภาพ สำหรับการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อคำถามลักษณะนี้ จะมีการปรับแก้ให้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการตอบคำถามที่ต้องการได้

ตัวอย่างข้อสอบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA (สถาบันส่งเสริม  
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554, น. 29-30)

### โคลนนิ่ง

จงอ่านบทความจากหนังสือพิมพ์ แล้วตอบคำถาม

เครื่องสำเนาชีวิต	
<p>ถ้ามีการเลือกยอดสัตว์แห่งปี พ.ศ.2540 ดอลลี่ แกะสัญชาติสก๊อตที่เห็นในรูปข้างล่างนี้ ดอลลี่ จะต้องได้รับตำแหน่งนี้อย่างแน่นอน แต่ดอลลี่เป็น ไม่ใช่แกะธรรมดา ดอลลี่เป็นสำเนา (clone) ของ 5 แกะอีกตัวหนึ่ง การโคลนนิ่ง (cloning) หมายถึง การ ทำสำเนาจากต้นฉบับ นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จ ในการสร้างแกะ (ดอลลี่) ให้เหมือนกับแกะที่ เป็นต้นฉบับทุกอย่าง</p> <p>นักวิทยาศาสตร์ชาวสก็อตชื่อ เอียน วิลมุต 10 เป็นคนออกแบบเครื่องทำสำเนาแกะ เขานำ ชิ้นส่วนเล็ก ๆ จากต่อมน้ำนมของแกะตัวเมียที่ โตเต็มที่แล้ว (แกะตัวที่ 1) จากชิ้นส่วนเล็ก ๆ นี้</p>	<p>เขาแยกเอานิวเคลียสออก แล้วก็ปลูกถ่ายนิวเคลียสนี้ ลงไปเซลล์ไข่ของแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 2) ที่แยกเอาสิ่งที่อาจเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะของแกะ 15 ตัวที่ 2 ออกแล้ว จากนั้นจึงนำไข่จากแกะตัวที่ 2 นี้ ไปปลูกถ่ายลงในแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 3) แกะตัวที่ 3 ตั้งท้องและคลอดออกมาเป็นดอลลี่ 20 นักวิทยาศาสตร์บางคนคิดว่า ภายใน 2-3 ปี นี้ เป็นไปได้ที่จะมีการโคลนนิ่งมนุษย์ แต่รัฐบาลหลาย ประเทศได้ตัดสินใจออกกฎหมายห้ามการทำโคลนนิ่ง มนุษย์แล้ว</p>

#### คำถามข้อ 1: โคลนนิ่ง

ดอลลี่เหมือนแกะตัวใด

1. แกะตัวที่ 1
2. แกะตัวที่ 2
3. แกะตัวที่ 3
4. พ่อของดอลลี่

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : บอก บรรยาย และพยากรณ์ ปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์

ความรู้ : การควบคุมพันธุกรรม

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบ



### คำถามที่ 2 : โคลนนิ่ง

ในบทความบรรทัดที่ 11 ที่กล่าวถึงชิ้นส่วนของต่อมน้ำนมที่ใช้ว่าเป็น “ชิ้นส่วนเล็ก ๆ” จาก การอ่านเรื่องทั้งหมด นักเรียนคิดว่า “ชิ้นส่วนเล็ก ๆ” นั้น หมายถึงอะไร

1. เซลล์
2. ยีน
3. นิวเคลียสของเซลล์
4. โครโมโซม

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : บอก บรรยาย และพยากรณ์ ปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์

ความรู้ : รูปแบบและหน้าที่

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบ

### คำถามที่ 3 : โคลนนิ่ง

ในประโยคสุดท้ายของบทความกล่าวว่า รัฐบาลหลายประเทศได้ตัดสินใจออกกฎหมาย ห้ามการโคลนนิ่งมนุษย์แล้ว ในตารางข้างล่างคือเหตุผลสองประการที่อาจเป็นไปได้ของการ ตัดสินใจนี้ เหตุผลเหล่านั้น เป็นเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “เป็น” หรือ “ไม่เป็น” ในแต่ละข้อ

เหตุผล	เป็นวิทยาศาสตร์ หรือไม่
มนุษย์จากการโคลนนิ่งอาจเป็นโรคต่าง ๆ ได้ง่ายกว่ามนุษย์ธรรมดา	เป็น/ ไม่เป็น
มนุษย์ไม่ควรแย่งบทบาทของพระเจ้าผู้สร้างชีวิต	เป็น/ ไม่เป็น

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : เข้าใจการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ : การควบคุมพันธุกรรม

การใช้ความรู้ : วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกตอบเชิงซ้อน

ตัวอย่างข้อสอบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA (สถาบันส่งเสริมการ  
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 35-36)

### การอพยพของนก

จงอ่านบทความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

#### การอพยพของนก

การอพยพของนก คือ การที่นกเคลื่อนย้ายตามฤดูกาลในปริมาณมากเพื่อไปและกลับจาก  
สถานการณที่ผสมพันธุ์ ทุกปีจะมีอาสาสมัครนับจำนวนนกที่อพยพตามสถานที่ที่กำหนด  
นักวิทยาศาสตร์จับนกบางตัวมาติดเครื่องหมายที่มีทั้งวงแหวนและธงสีที่ขา นักวิทยาศาสตร์  
ใช้การมองเห็นนกที่ถูกติดเครื่องหมายกับการนับจำนวนนกของอาสาสมัครเพื่อกำหนดเส้นทาง  
การอพยพของนก

#### คำถามข้อ 1: การอพยพของนก

นกอพยพส่วนใหญ่รวมกลุ่มกันอยู่ในบริเวณหนึ่ง แล้วจึงอพยพเป็นกลุ่มใหญ่มากกว่าที่จะ  
ไปเพียงตัวเดียว พฤติกรรมนี้เป็นผลจากวิวัฒนาการ คำอธิบายใดต่อไปนี้อธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุดในเชิงวิวัฒนาการของพฤติกรรมลักษณะนี้ของนกที่อพยพส่วนใหญ่

1. นกที่อพยพเพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มเล็ก มีโอกาสน้อยที่จะมีชีวิตรอดจนมีลูก
2. นกที่อพยพเพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มเล็ก มีโอกาสมากที่จะหาอาหารได้อย่าง  
เพียงพอ

3. การบินเป็นกลุ่มใหญ่ทำให้นกสปีชีส์อื่นเข้าร่วมในการอพยพได้
4. การบินเป็นกลุ่มใหญ่ทำให้นกแต่ละตัวมีโอกาสพบสถานที่ทำรังที่ดีกว่า

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

ความรู้ : ระบบสิ่งมีชีวิต

การใช้ความรู้ : คุณภาพสิ่งแวดล้อม

ลักษณะของข้อสอบ : เลือกลง

## คำถามที่ 2 : การอพยพของนก

จงระบุปัจจัยที่ทำให้การนับจำนวนนกอพยพของอาสาสมัครไม่แม่นยำ และอธิบายว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อการนับอย่างไร

.....

.....

### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

สมรรถนะ : การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ : ระบบสิ่งมีชีวิต

การใช้ความรู้ : คุณภาพสิ่งแวดล้อม

ลักษณะของข้อสอบ : เขียนตอบ

จากการศึกษาการวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การวัดและประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ที่หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ วัดและประเมินการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ การแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านนี้ นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้ประเมินต้องคำนึงถึงบริบทและใช้รูปแบบข้อสอบที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความสามารถดังกล่าวอย่างแท้จริง

### 2.3 ระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในประชาชนโดยทั่วไป และฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียน และเสนอมุมมองเกี่ยวกับระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

2.2.1 ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 6 ระดับ โดย มาวบี (Mawby, 2012, p. 85) ได้เสนอแนะการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ครูต้องวางแผนอย่างระมัดระวังในการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน แนวคิดทั่วไปที่อาจช่วยพัฒนาระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สามารถวางแผนเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ระดับที่ 1 นักเรียนใช้ประสบการณ์ของตนเองในการบอกข้อเท็จจริงและบอกชื่อได้

ระดับที่ 2 นักเรียนพิจารณาความแตกต่างของวัตถุและบรรยายด้วยคำศัพท์ง่าย ๆ ได้

ระดับที่ 3 นักเรียนพิจารณาลักษณะที่เหมือนกัน จัดกลุ่มและจัดประเภทสิ่งของด้วยวิธีที่หลากหลาย บรรยายรายละเอียดของสิ่งของเหล่านั้น เชื่อมโยงเหตุและผล โดยใช้คำว่า ด้วยเหตุที่ เพื่ออธิบายอย่างง่าย ๆ โดยยังไม่จำเป็นต้องใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับที่ 4 นักเรียนใช้ขอบเขตเกี่ยวกับความถูกต้องของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อบรรยาย และอธิบายแนวคิดให้สมบูรณ์มากขึ้น

ระดับที่ 5 นักเรียนไม่เพียงแต่ใช้คำศัพท์เพื่ออธิบายว่าทำไม แต่เพื่อที่จะทำความเข้าใจในบริบทอื่นและสร้างความเชื่อมโยงได้

ระดับที่ 6 นักเรียนใช้แนวคิดเพื่อสร้างความรู้ใหม่และใช้รูปแบบเพื่อที่จะอธิบายแนวคิดนี้

2.2.2 ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถแบ่งได้เป็น 7 ระดับ ตามเกณฑ์ที่อ้างอิงมาจากการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับ 6 นักเรียนสามารถทำภารกิจวิทยาศาสตร์ที่ยาก ๆ ได้สำเร็จสมบูรณ์เกือบทุกข้อ นักเรียนสามารถดึงเอาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กายภาพ ชีวภาพ และโลกและอวกาศ มาสัมพันธ์กัน สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ในการให้คำอธิบายทางทฤษฎีหรือคาดคะเนปรากฏการณ์เหตุการณ์ หรือกระบวนการที่ไม่คุ้นเคยหรือทำนายผลของเหตุการณ์ ในการตีความ แปลความข้อมูลและประจักษ์พยาน ก็สามารถแยกแยะสาระที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับข้อมูลออกจากกันได้ และสามารถดึงเอาความรู้ภายนอกเข้ามาใช้กับเรื่องที่เรียนรู้ได้ สามารถบอกความแตกต่างของข้อโต้แย้งได้ว่าข้อโต้แย้งใดมีพื้นฐานบนประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับข้อใดที่อยู่บนพื้นฐานของความคิดเห็นหรือข้อพิจารณาของผู้อื่น สามารถประเมินความเหมาะสมของการออกแบบเพื่อการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การเก็บข้อมูลภาคสนาม หรือการจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ และสามารถให้เหตุผลที่เหมาะสมเพื่อประกอบการตัดสินใจ โดยนักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 708 คะแนนขึ้นไป หรือมีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 90.54 ขึ้นไป

2) ระดับ 5 นักเรียนสามารถใช้กรอบความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมเพื่ออธิบายปรากฏการณ์กระบวนการ หรือเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและมีความซับซ้อนมากขึ้น สามารถใช้กระบวนการความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่มีความซับซ้อนในการประเมิน

การออกแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถให้เหตุผลที่เลือกวิธีการทดลองวิธีใดวิธีหนึ่งและสามารถใช้ความรู้ตามทฤษฎีมาตีความหรือทำนายผล สามารถประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดให้ในเชิงวิทยาศาสตร์และระบุข้อจำกัดในการแปลความข้อมูลรวมถึงแหล่งที่มาและผลกระทบจากความไม่แน่นอนของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้คะแนนระหว่าง 633 - 707 หรือมีคะแนนระหว่างร้อยละ 80.95 - 90.53

3) ระดับ 4 นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาสาระที่ยากขึ้น ซึ่งอาจเป็นความรู้ที่บอกให้ในข้อความหรือเป็นความรู้ที่เรียกคืนออกมาได้เอง เพื่อนำมาใช้สร้างคำอธิบายในเหตุการณ์หรือกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้นและไม่คุ้นเคยมาก่อน สามารถทำการทดลองเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัวแปรขึ้นไปในบริบทที่มีข้อจำกัดต่าง ๆ โดยสามารถอธิบายเหตุผลในการออกแบบ การทดลองได้ด้วยความรู้ด้าน กระบวนการและความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ สามารถแปลความหมายข้อมูลที่มาจากข้อมูลที่มีความซับซ้อนระดับกลาง หรือข้อมูลที่ไม่คุ้นเคยและสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและที่ขยายออกไกลกว่าที่ได้จากข้อมูลเฉพาะหน้า โดยนักเรียนได้คะแนนระหว่าง 559 - 632 หรือมีคะแนนอยู่ระหว่างร้อยละ 71.48 - 80.94

4) ระดับ 3 นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่ค่อนข้างซับซ้อนขึ้น เพื่อระบุออกประเด็นหรือสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่รู้จักคุ้นเคย ถ้าเป็นสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลโดยอาศัยตัวชี้หน้าที่เหมาะสมบางอย่าง สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือความรู้ด้านกระบวนการในการหาความรู้เพื่อออกแบบและดำเนินการทดลองหาข้อมูลในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดได้ สามารถแยกแยะอย่างชัดเจนได้ว่าประเด็นใดเป็นวิทยาศาสตร์ (อธิบายได้ มีประจักษ์พยาน ตรวจสอบได้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์) และประเด็นใดไม่เป็นวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้คะแนนระหว่าง 484 - 558 หรือมีคะแนนระหว่างร้อยละ 61.89 - 71.47

5) ระดับ 2 นักเรียนสามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการพื้นฐานมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตีความข้อมูล และตั้งปัญหาของเรื่องเพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่าย นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อน สามารถแสดงว่ามีความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธีหาความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้คะแนนระหว่าง 410 - 483 หรือมีคะแนนระหว่างร้อยละ 52.43 - 61.88

6) ระดับ 1a นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการสามัญ เพื่อเลือกบอกคำอธิบายของปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์อย่างง่ายที่ต้องการการคิดไม่มาก สามารถทำการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นแบบแผนที่มีตัวแปรไม่เกินสองตัวแปรได้เมื่อได้รับความช่วยเหลือ สามารถระบุความสัมพันธ์หรือบอกถึงสาเหตุแบบง่ายได้และแปลความข้อมูลที่ เป็นภาพหรือกราฟที่ต้องใช้การคิดเพียงเล็กน้อย สามารถเลือกคำอธิบายหรือข้อมูลที่เห็น ได้ชัดเจนจากที่กำหนดมาให้ในบริบทที่คุ้นเคยหรือเกี่ยวข้องตรง ๆ กับชีวิตส่วนตัว ท้องถิ่น หรือโลก โดยนักเรียนได้คะแนนระหว่าง 335 - 409 หรือมีคะแนนระหว่างร้อยละ 42.84 - 52.42

7) ระดับ 1b นักเรียนสามารถใช้ความรู้สามัญเพื่อนึกถึงปรากฏการณ์ทาง วิทยาศาสตร์บางแง่มุม สามารถบอกแบบรูปอย่างง่ายในชุดข้อมูล จำคำศัพท์หรือคำทาง วิทยาศาสตร์ได้ สามารถทำการทดลองตามวิธีการที่บอกไว้ชัดเจนได้ โดยนักเรียนได้คะแนน ระหว่าง 261 - 334 หรือมีคะแนนระหว่างร้อยละ 33.38 - 42.83

ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านที่นิยมใช้ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ใน รูปแบบนี้ เช่น ชวนพิศ คณะพัฒน (2559, น. 60) จันทร์แสง ประเสริฐศรี (2561, น. 117-119) และพลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆและอนุสรณ์ วรสิงห์ (2563, น. 171-172)

จากการศึกษาระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า ระดับของ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ ระดับความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใน ประเด็นต่าง ๆ และระดับความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาและการประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน โดย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ที่อ้างอิงมาจก การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 ที่แบ่งเป็น 7 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับ 6 โดย นักเรียนมีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 90.54 ขึ้นไป 2) ระดับ 5 โดยนักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 80.95-90.53 3) ระดับ 4 โดยนักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 71.48-80.94 4) ระดับ 3 โดย นักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 61.89-71.47 5) ระดับ 2 โดยนักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 52.43-61.88 6) ระดับ 1a โดยนักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 42.84-52.42 และ 7) ระดับ 1b โดยนักเรียนมีคะแนนระหว่างร้อยละ 33.38-42.83

### 3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มีนักวิจัย และนักการศึกษาหลายท่านที่ให้นิยามความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้



ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ระดับของความรู้ความสามารถในตัวบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ อาจจะเป็นพฤติกรรมหรือประสบการณ์ (ทิตินา แชนมณี, 2561, น. 10; ศิริินนาถ ทับทิมใส, 2563, น. 49; Harahap, Nanda & Manurung, 2019, pp. 522-524; Hwang, Tu & Wang, 2018, pp. 26-28) ที่ได้เรียนรู้ฝึกฝนอบรมสั่งสอนในสถานศึกษา (กัลยารัตน์ พรหมศร, 2561, น. 38) ในการกระทำสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือความรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งที่ได้กำหนดไว้ในหลักสูตร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 13) โดยสามารถวัดตามวัตถุประสงค์ของ Bloom ในด้านพุทธิพิสัย ส่งผลให้นักเรียนและผู้สอนทราบว่านักเรียนได้รับความรู้หลังการจัดการเรียนรู้ มากน้อยเพียงใด (ภคพร อิศระ, 2558, น. 250-254; Chen, Liu & Shou, 2018, pp. 164-165)

นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยและนักการศึกษาที่ได้ให้นิยามและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นความสามารถในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ชวนพิศ คณะพัฒน์, 2559, น. 60; มนตรา พิงไพศาล, 2561, น. 32-33; จิรกาญจน์ แผนกุล, 2562, น. 53-54; Chen, Jamiatul Husnaini, & Chen, 2020, pp. 2228-2231; Arum, Sunardi & Widyastono, 2021, p. 139) อย่างไรก็ตามได้มีผู้ให้นิยามที่แตกต่างออกไปโดย รัชดาภรณ์ เชื้อเล็ก (2551, น. 37) และ Margunayasa, Dantes, Marhaeni & Suastra, (2019, pp.739-741) ได้ให้นิยามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า เป็นการใช้ความรู้ความสามารถในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กับการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีการวัดผลสัมฤทธิ์จากแบบทดสอบความรู้สาระวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยส่วนใหญ่จะเน้นการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom (1956, pp. 11-12) ซึ่งได้กล่าวถึงพุทธิพิสัยไว้ว่า เป็นความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน นอกจากนี้ยังได้เสนอการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจำแนกตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) แต่จากการทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดผลสัมฤทธิ์เพียงด้านพุทธิพิสัย ซึ่งเป็นการวัดประเมินผลของการแสดงออกด้านสติปัญญาที่สามารถแบ่งออกเป็น 6 ชั้น และได้มีการปรับปรุงใหม่อีกครั้งในปี 2001 ที่เรียกว่า Bloom's Revised Taxonomy ซึ่งประกอบไปด้วย ชั้นความรู้ความจำ ชั้นความเข้าใจ ชั้นการนำไปใช้ ชั้นการวิเคราะห์ ชั้นการประเมินค่า และชั้นการสร้างสรรค์ (ศิริินนาถ ทับทิมใส, 2563, น. 49-53; จิรกาญจน์ แผนกุล, 2562, น. 54-

56; สุพรรณษา หอมฤทธิ, 2559, น. 31; Adams and Torgerson, 1964, pp. 364-366; Bloom, 1979, pp. 61-207; Anderson, et al, 2001, pp. 11-29) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นการแสดงออกทางด้านสติปัญญาและความรู้ เช่น การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ หรือการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยเริ่มจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม หรือเริ่มจากสิ่งที่ย่างไปสู่สิ่งที่ยาก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ด้านความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถของสมองในการสะสมความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับจากครูผู้สอนในรายวิชาต่าง ๆ หรือจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการอื่น ๆ ทั้งการบอกเล่า การบรรยายการฟังวิทยุ หรือการดูโทรทัศน์ เป็นต้น โดยด้านความรู้ความจำ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ความรู้ในเรื่องนั้นโดยตรง (Knowledge of specifics) ความรู้ในด้านวิธีดำเนินการ (Knowledge of ways and means of dealing with specifics) และความรู้ในการรวบยอด (Knowledge of the universal and abstraction in a field)

ขั้นที่ 2 ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการบรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้จากการสรุป จับใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม โดยด้านความเข้าใจ สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การตีความ (Interpretation) การแปลความ (Translation) และการขยายความ (Extrapolation)

ขั้นที่ 3 การนำไปใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น หรือที่เรียกว่า การประยุกต์ใช้

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้สมองแยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ โดยสามารถค้นหาความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผลของเรื่องราวนั้น โดยการวิเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organization principles) และการวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of elements)

ขั้นที่ 5 การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประเมินค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งหนึ่งสิ่งใด ทั้งกระบวนการ แนวคิด ข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ โดยการประเมินค่าสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน (Judgment in terms of internal evidence) และการประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก (Judgment in terms of external evidence)

ขั้นที่ 6 การสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ย่อยมารวบรวม เพื่อสร้างเรื่องราวใหม่หรือสิ่งใหม่ ให้มีความสำคัญ คุณลักษณะ โครงสร้าง และความหมายที่แตกต่างไปจากเดิม ไม่ทำการคัดลอกหรือกระทำซ้ำจากผู้อื่น โดยการสังเคราะห์สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การสร้างสรรค์ข้อความ (Production of unique communication) การสร้างสรรค์แผนงาน (Production of plan) และการสร้างสรรค์ความสัมพันธ์ (Derivation of a set abstract relation)

จากความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนในการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยสามารถวัดตามวัตถุประสงค์ของ Bloom ในด้านพุทธิพิสัย ซึ่งสามารถวัดได้จากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

### 3.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 96) โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบนักเรียนว่าประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ก่อนการนำไปตัดสินผลการเรียน หรือนำไปสอนซ่อมเสริม (ประกิจ รัตนสุวรรณ, 2525, น. 210) โดยนักวิชาการและนักวิจัยหลายท่าน ได้กล่าวถึงประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในลักษณะต่าง ๆ ไว้ดังนี้

เกณฑ์ที่ใช้ลักษณะการตรวจให้คะแนน มี 2 ประเภท (ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ, 2536, น. 171-176; เยาวดี ราชชัยกุล วิทยุศาสตร์, 2554, น. 17-22; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 98-102; เทพิกา รอดสการ, 2560, น. 153-155; ปันณพร จันชัยภูมิ, 2563, น. 51-54) ได้แก่

1) แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งหมายให้ผู้ตอบเขียนข้อความตอบยาว ๆ แสดงความสามารถ ความรู้สึก ความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ โดยเหมาะกับการวัดความสามารถทางสมองขั้นสูงและบูรณาการได้ ตัวอย่างเช่น จากผลกระทบในแต่ละด้านของพีชชีเอ็มไอ นักเรียนจะมีแนวทางการเลือกใช้พีชชีเอ็มไอ หรือเลือกตัดสินใจบริโภคพีชชีเอ็มไอหรือไม่ เพราะเหตุใด (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 117)

2) แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้เขียนแบบทดสอบกำหนดประเด็นที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องมาแล้วล่วงหน้า แล้วให้ผู้ตอบแบบวัดเลือกคำตอบตามที่โจทย์กำหนดมา โดยแบ่งเป็น 4 ประเภทแบบทดสอบย่อย ๆ ได้แก่

2.1) ข้อสอบแบบถูกผิด (True-False) เป็นลักษณะข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อความหรือประโยคที่ต้องการให้ผู้ตอบตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบที่เป็นไปได้สองอย่างว่า ข้อความหรือประโยคที่แสดงนั้นถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จริงหรือเท็จ เป็นข้อสอบที่มีข้อเสียมากกว่าข้อดี แต่ที่นิยมใช้กันมาก เพราะสามารถถามได้อย่างกว้างขวางโดยใช้เวลาสอบไม่มากนัก นักเรียนตอบได้อย่างรวดเร็ว สร้างง่ายแต่ต้องสร้างให้ชัดเจน โดยข้อเสียพบว่า ส่วนใหญ่ถามข้อเท็จจริงครึ่งหนึ่งข้อเท็จจริง เป็นแบบทดสอบที่นักเรียนคาดเดาคำตอบได้ง่ายเหมือนเหรียญสองด้าน และการสร้างข้อคำถามเป็นการยากที่จะทำให้ข้อสอบไม่คลุมเครือ ตัวอย่างเช่น จงเติมเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเติมเครื่องหมาย X หน้าข้อความที่ไม่ถูกต้อง

.....พลาสมิตเป็นสารพันธุกรรมที่เป็น DNA ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตพวกโพรคาริโอต (Bakhtaver S. Mahajan, 2004, p. 21)

2.2) ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching) เป็นข้อสอบที่ให้ผู้ตอบจับคู่ที่สัมพันธ์กันระหว่างคำหรือข้อความใน 2 สดมภ์ โดยอาจเป็นแบบจับคู่คละ แบบแยกประเภท ซึ่งควรตระหนักว่าควรให้ตัวเลือกเป็นประเภทเดียวกัน ควรระบุอย่างชัดเจนว่าจะวัดสิ่งใด เรียงคำถามและคำตอบให้เป็นระเบียบ ควรมีคำตอบที่ไม่ถูกจับคู่กับคำตอบด้วยแต่ไม่มากจนเกินไป ข้อสอบประเภทนี้มีข้อดีที่สามารถบรรจุคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อความกับนิยามได้มากโดยไม่ใช้เวลาสอบที่เยอะ แต่ข้อเสียคือ สร้างข้อคำถามได้ยาก บางครั้งเนื้อเรื่องมีไม่เพียงพอที่จะสร้างข้อคำถามแบบจับคู่ จึงทำให้มีตัวเลือกที่ไม่ถูกนำมาจับคู่กับคำตอบได้ ตัวอย่างเช่น ให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์เกี่ยวกับเซลล์ โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- |                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ..... 1. สารเคมีของโครโมโซม     | ก. Chromatid                         |
| ..... 2. โครโมโซมที่เป็นเส้นสาย | ข. Protein and deoxyribonucleic acid |

..... 3. โครโมโซมคู่เหมือน                      ค. Homologous chromosome

(นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, วิมล สำราญวานิช, 2554, น. 25-26)

2.3) ข้อสอบแบบเติม (Completion) หรือเติมคำตอบสั้น (Short Answer) เป็นข้อสอบที่มีคำตอบตายตัว ในลักษณะที่ให้ผู้สอบเติมคำ หรือตอบเพียงสั้น ๆ ครูจึงควรสร้างข้อคำถามที่ทำให้มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวโดยที่ไม่มีข้อความเหมือนกับในหนังสือ โดยควรเว้นที่ว่างให้เขียนไว้ไม่มากเกินไปท้ายคำถาม โดยข้อดีของข้อสอบประเภทนี้คือ ทำให้นักเรียนใช้เวลาได้น้อยลง และสร้างคำถามได้ง่ายแต่ต้องระมัดระวังเรื่องการใช้ภาษา แต่ข้อเสียคือมักมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงส่วนหนึ่งและผิดอีกส่วนหนึ่ง จะทำให้ครูให้คะแนนได้ยากขึ้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนคิดว่าเทคนิคใดบ้างที่จะนำมาช่วยในการตรวจสอบหาเจ้าของหยดเลือดนำส่งสลับนรถไปขบวนนี้..... (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 150)

2.4) ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choices) หรือข้อสอบแบบหลายตัวเลือก โดยข้อสอบจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวคำถาม (Stem) และส่วนที่เป็นคำตอบหรือตัวเลือก (Alternative หรือ Choice หรือ Options) โดยตัวเลือกอาจเป็นคำตอบถูกเรียกว่า ตัวคำตอบ (Answer หรือ Key) และตัวเลือกที่เหลือจะเป็นตัวคำตอบที่ผิดหรือเรียกว่า ตัวล่อลวง (Distraters) ซึ่งมีประโยชน์มากกว่าโทษ โดยข้อดีคือสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง วัดได้ว่านักเรียนจดจำข้อเท็จจริงย่อย ๆ ได้ดีเพียงไร ตลอดจนวัดได้ว่านักเรียนสามารถนำเอาหลักเกณฑ์ที่สำคัญไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้มากน้อยแค่ไหน โอกาสในการคาดเดาคำตอบจะน้อยลง และการตรวจจะไม่เป็นปัญหา แต่มีข้อเสียสำคัญคือ สร้างได้ยาก กล่าวคือ เป็นการยากที่จะสร้างตัวล่อลวงที่ใกล้เคียงกับความถูกต้อง และการใช้เวลาในการทดสอบจะมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น ข้อใดต่อไปนี้เป็นพืชผลผลิตจากการดัดแปลงพันธุกรรม (นนทกร อรุณพฤษชา กุล, 2559, น. 177)

- ก.) ปลาที่มียื่นเรืองแสงของแมงกะพรุน
- ข.) ปลวกที่มีโพรงโตชัวอยู่ในลำไส้
- ค.) ข้าว GMOs ที่มีคุณค่าอาหารสูง
- ง.) ต้นส้มที่สามารถผลิตน้ำมันจ๊วได้

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์



ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนได้คราวละหลายข้อเท็จจริง นักเรียนคาดเดาคำตอบได้น้อย และทำให้คะแนนในการ ตัดสินผล ทำได้อย่างชัดเจน โดยวัดความสามารถของนักเรียนตามขั้นการวัดระดับพฤติกรรมของ บลูม 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์และด้าน การประเมินค่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวกับเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ในข้อที่ 10-11 ที่มุ่งหมายให้นักเรียนสามารถ อธิบาย (ความรู้ความจำ) สืบค้น (ความเข้าใจ) ยกตัวอย่าง (ความเข้าใจ) อภิปราย (การวิเคราะห์) ประยุกต์ใช้ (การนำไปใช้) และข้อควรคำนึงถึง (การประเมินค่า) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถของสมองใน การสะสมความรู้ กระบวนการ ความจริง หลักการ หรือประสบการณ์เดิมต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับ จากครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการ บรรยายหรือเขียนเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการสรุป จับ ใจความ ขยายความ หรือการตีความ โดยใช้ถ้อยคำของตนเองแต่ยังคงมีความหมายคงเดิม

3. การนำไปใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจต่าง ๆ ทั้งในเรื่องกฎหรือหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาใน ชีวิตประจำวันทั้งที่เคยพบเจอสถานการณ์นั้นมาก่อน และไม่เคยพบเจอสถานการณ์นั้น

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้ สมองแยกแยะ ไตร่ตรองเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อันหนึ่ง โดยสามารถค้นหา ความจริงที่อยู่ในเรื่องนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นส่วนย่อยได้ ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ มองเห็นเหตุและผล ของเรื่องราวนั้น

5. การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการ ประเมินค่า หรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อันหนึ่ง ทั้งกระบวนการ แนวคิด ข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งเหตุผลในการตัดสินคุณค่านั้น ๆ

### 3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผู้สร้างจะต้องศึกษาวิธีในการสร้างและหลักการ สร้างเพื่อให้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีคุณภาพที่เหมาะสมกับเนื้อหาและตรงกับ



วัตถุประสงค์ของเรื่องที่ต้องการจะวัดผลกับนักเรียน โดยมีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้ชัดเจน (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2554, น. 28; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 122-124)

2. วิเคราะห์หลักสูตร เป็นการแยกแยะให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน เนื้อเรื่อง กิจกรรม ประสบการณ์ และพฤติกรรมที่เป็นจุดมุ่งหมายปลายทางของหลักสูตร โดยการวิเคราะห์วัตถุประสงค์การเรียนการสอน ประกอบด้วย พฤติกรรมที่คาดหวัง สถานการณ์ และเกณฑ์พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต่างกัน (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2554, น. 28; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31)

3. ออกแบบการสร้างแบบสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขตและแนวทางการสร้างแบบทดสอบ (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2554, น. 28; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 122-124) ซึ่งประกอบด้วย

3.1 วางแผนการทดสอบ จะต้องวางแผนการวัดและประเมินผลว่าจะต้องครอบคลุมเนื้อหาสาระ จุดมุ่งหมายและใช้เวลาเท่าใด

3.2 การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ว่ารูปแบบใดถึงจะมีความเหมาะสมกับสมรรถภาพและเนื้อหาที่ต้องการมุ่งวัด โดยพิจารณาจากรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบสอบเสนอคำตอบ-เลือกตอบ แบบจับคู่ เป็นต้น

3.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Table of Specifications) มีลักษณะเป็นตาราง 2 ทางที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาวิชาที่ต้องการจะวัดหรือต้องการสอบ

4. การเขียนข้อสอบ (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2554, น. 28; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31) โดยมีขั้นตอนสำคัญ คือ

4.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ เป็นรูปแบบทั่วไปของข้อสอบที่ทำให้ได้ข้อสอบที่วัดได้ตรงตามจุดประสงค์และตรงตามพฤติกรรมการเรียนรู้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบสอบคู่ขนาน

4.2 ร่างข้อสอบ เป็นการร่างข้อสอบตามแบบแผนที่ได้วางไว้ให้ตรงตามจุดประสงค์และพฤติกรรมการเรียนรู้ ควรเขียนข้อสอบให้มีความยากง่ายปานกลาง แต่สิ่งสำคัญของข้อสอบนั้น ต้องเขียนขึ้นให้สอดคล้องกับระดับพฤติกรรมในจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

4.3 ทบทวนร่างข้อสอบ ผู้สอนควรทบทวนข้อคำถามและตัวเลือกว่ามีความถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับจุดประสงค์และการแสดงออกของพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ เมื่อมีข้อบกพร่องควรปรับปรุงก่อน แล้วจึงนำไปให้เพื่อนผู้สอนหรือทีมผู้สอนตรวจทบทวนอีกครั้ง

4.4 บรรณาธิการข้อสอบ เมื่อได้ข้อสอบครบตามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วต้องคำนึงถึงการตรวจสอบและการจัดเรียงข้อสอบให้มีประสิทธิภาพ การเรียงเนื้อหาอาจจะเรียงตามหน่วยที่เรียนตามความยากง่าย โดยเรียงจากข้อง่าย ๆ ไปข้อยาก

5. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในคุณภาพของข้อสอบ การสร้างแบบทดสอบมาตรฐาน จำเป็นต้องมีการนำข้อสอบไปทดลองใช้ก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลว่าผู้สอบตอบข้อสอบอย่างไร มีความเข้าใจในคำสั่ง คำถาม คำตอบ ภาษาหรือไม่อย่างไร วิเคราะห์การหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกจากผลการตอบของผู้สอบ หลังจากทำการคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบทดสอบแล้ว ควรวิเคราะห์หาค่าความตรงและความเที่ยงของแบบทดสอบ หากพบว่าแบบทดสอบมีคุณภาพไม่ดีก็ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบต้องตรวจสอบทั้งรายข้อและทั้งฉบับ (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; พิชิต ฤทธิจรรยา, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 122-124)

6. นำแบบทดสอบไปใช้ การนำแบบทดสอบไปใช้ยังต้องให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีผลต่อความตรงหรือความถูกต้องในการวัด รวมทั้งสภาพแวดล้อมในการสอบ ที่รวมถึงสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ เช่น เสียง แสงสว่าง อากาศ อุณหภูมิ และสิ่งแวดล้อมทางจิตวิทยา เช่น การพูดสิ่งที่ไม่จำเป็นระหว่างสอบ หลังจากผู้สอบทำแบบทดสอบเรียบร้อยแล้วผู้สอนต้องให้ความสำคัญต่อธรรมชาติของการตรวจให้คะแนน ต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน นำผลคะแนนที่ได้ไปใช้ในการพัฒนานักเรียน ปรับปรุงการสอน หรือตัดสินผลการเรียนของนักเรียน (โชติกา ภาชีผล, 2559, น. 55; พิชิต ฤทธิจรรยา, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 122-124)

7. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ เพื่อให้ทราบถึงคุณภาพของแบบทดสอบ โดยการวิเคราะห์สถิติเบื้องต้นของคะแนนสอบ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ด้านความเที่ยงและความตรง เมื่อได้ แบบทดสอบที่มีคุณภาพ ควรพัฒนาเก็บไว้ในคลัง

ข้อสอบต่อไป (โชติกา ภาณีผล, 2559, น. 55; พิษิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31)

8. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เป็นขั้นตอนการพิมพ์แบบวัดที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง (โชติกา ภาณีผล, 2559, น. 55; พิษิต ฤทธิ์จรูญ, 2557, น. 97; บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 24-31)

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ซึ่งจะต้องมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหาและความสามารถของนักเรียน โดยสิ่งที่สำคัญในการสร้างแบบทดสอบวัดผลก็คือ การตรวจสอบหรือการหาคุณภาพของแบบทดสอบ หากพบว่าแบบทดสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือคุณภาพไม่ดี ควรตัดทิ้งหรือแก้ไขปรับปรุงให้มีคุณภาพ แล้วจึงจัดทำแบบทดสอบฉบับจริงเพื่อนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

#### 4. แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในและต่างประเทศ พบแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลายแบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ ดังนี้

##### 4.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

###### 4.1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลอง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลอง (Inquiry-based Learning combined with Refraction Simulation) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง (Simulation) เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการใฝ่เรียนรู้จากภายในด้วยตนเองก่อนแล้วสืบเสาะหาความรู้อันเป็นคำตอบของปัญหาที่อยากรู้ อาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ที่มีความหมายด้วยตัวเองมีการร่วมมือระหว่างนักเรียนด้วยกันอภิปรายแลกเปลี่ยนประสบการณ์มี

การเชื่อมโยงขยายความรู้เพิ่มเติมให้กว้างขวางขึ้น นำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์อื่น และ ยังเพิ่มการจัดประสบการณ์เรียนรู้เสมือนจริงโดยบูรณาการร่วมกับวิธีใช้สถานการณ์จำลองอันเป็น กระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับความจริง มากที่สุด มีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในความเป็นจริง ของเรื่องนั้น นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ผ่านสถานการณ์จำลองซึ่งสถานการณ์จำลองที่ยกมาไว้ ในชั้นเรียนนั้นจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนและเมื่อนักเรียนได้เข้าไปอยู่ใน สถานการณ์นั้นจริงจึงทำให้ง่ายต่อการเข้าใจมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะแสวงหาคำตอบของความรู้ด้วยการสัมผัสกับ สถานการณ์จำลองให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาสาระชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ปารจะมี เกตุภูวณษ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และชำนานัญ ชาวเกียรติพงศ์, 2561, น. 157-158) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Wen, et al. (2020, p. 103) ที่ ทำการศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองที่มีต่อความ ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 49 คนในโรงเรียนแห่งหนึ่งของไต้หวัน พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์ จำลองสามารถส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนได้ โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับสถานการณ์จำลองมีข้อดีคือ 1) ช่วย ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้การหาความสัมพันธ์ของคำถามที่มาจากประสบการณ์ของตัวนักเรียนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในการสร้างความรู้ใหม่ผ่าน กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมกับบริบทและสถานการณ์ 2) ช่วยให้นักเรียน สามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการ อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ ผ่านการอธิบายและลงข้อสรุปร่วมกันใน ชั้นเรียน และ 3) ช่วยให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้ใหม่ของตนเองและผู้อื่น มี การรับฟังและสะท้อนความคิดเห็นหรือข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของหลักฐานและ ประจักษ์พยานที่สามารถอธิบายได้ในทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังกล่าวยังพบข้อจำกัดคือ สถานการณ์จำลองที่ผู้สอนสร้างขึ้นถ้าไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิด ความสนใจหรือกระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา ความรู้ได้อย่างเหมาะสม จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการแปลความหมายของข้อมูลที่ได้ผิดไปจาก

ความเป็นจริงที่เป็นที่ยอมรับในสังคมวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การเลือกหลักฐานที่ไม่สอดคล้องต่อการนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ (Wen, et al., 2020, p. 103)

#### 4.1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ (Mobile Augmented Reality Assisted Stem-Based Learning) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Stem-Based Learning) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ (Mobile Augmented Reality: MAR) โดยเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่เน้นการบูรณาเนื้อหาสาระความรู้ระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) ให้มีความเชื่อมโยงซึ่งกัน และมุ่งเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงานสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบันและนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Herschbach, 2011, p. 101; Honey, Pearson, & Schweingruber, 2014, pp. 342-346; สุทธิดา จำรัส, 2560, น. 152) ซึ่งขั้นตอนของการเรียนรู้ดังกล่าวจะต้องเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือ (MAR) ทั้งการกำหนดปัญหา องค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา การระบุเงื่อนไขและข้อจำกัดของการปฏิบัติการเรียนรู้ การออกแบบโครงสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรม การทดลองใช้แก้ปัญหาเพื่อหาประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมและนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น และการนำเสนอสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเหล่านั้นกับบุคคลอื่น ๆ ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถสืบเสาะ คิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ความรู้ออกมาเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่สามารถจับต้องได้ผ่านกระบวนการขั้นตอนที่นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้อย่างชัดเจนบนพื้นฐานและความเป็นไปได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Yuliana, et al. (2020, pp. 351-353) ที่ได้ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งของอินโดนีเซีย โดยมีทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบบรรยาย พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือสามารถช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และสามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ ซึ่งผลที่ได้แตกต่างจากนักเรียนในกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบรรยายอย่างเห็นได้ชัดเจน โดย



รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงบนมือถือมีข้อดี คือ 1) ส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในขั้นตอนของการสืบค้นหาข้อมูลและวิธีการในการจัดการกับปัญหาภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขข้อจำกัดที่ถูกกำหนดขึ้น และนักเรียนยังสามารถออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะของตนเองได้ว่ามีความถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ 2) ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจและเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กับความสัมพันธ์ที่มีต่อบุคคลในบริบทด้านสังคม ศิลธรรม จริยธรรม และสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และ 3) สนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเทคโนโลยีมีหน้าที่ในการสร้างและนำเสนอความคิด ชี้นำกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การอธิบาย และการพยากรณ์ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังพบข้อจำกัดคือ 1) ในการนำเทคโนโลยี MAR ไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจำเป็นต้องได้รับการสอนวิธีการใช้และการแปลความจากการตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียนในการออกแบบจากครูผู้สอนมาเป็นอย่างดี หากปล่อยให้ให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีดังกล่าวโดยลำพัง จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง และไม่สามารถแปลความหมายของการตอบสนองของเทคโนโลยี MAR ต่อความต้องการของนักเรียนได้ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างและออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมในทางที่ผิดบนพื้นฐานของหลักการและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ และ 2) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว เน้นขั้นตอนของวิธีการในการแก้ปัญหา และการนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาผ่านเทคโนโลยี MAR ซึ่งยังไม่สะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักฐานพยานทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจน เนื่องจากนักเรียนบางส่วนใช้การลองผิดลองถูกในการแก้ไขปัญหาซึ่งไม่เป็นไปตามหลักทางวิทยาศาสตร์ (Yuliana, et al., 2020, pp. 351-353)

## 4.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

### 4.2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม (Socio-Scientific Issue-Based) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่ถกเถียงกันซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาหลายแนวทาง ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวจะมาจากหลักการ ความรู้ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีวิธี

แก้ปัญหาที่น้อยอย่างสมบูรณ์ (วิภา อาสิงสมานันท์, สุริย์พร สว่างเมฆ, และมลิวรรณ นาคขุนทด, 2560, น. 87-100; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45) โดยแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากมวลงประสบการณ์และสามารถทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เข้ากับวิถีของการดำรงชีวิตได้ รวมทั้งช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ทักษะการให้เหตุผล ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแก้ไขข้อสงสัยที่คลาดเคลื่อนเหล่านั้นได้ (พินิจ ขำวงษ์, 2551, น. 3; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58; Driver Newton & Osborne, 2000, pp. 357-377) โดยมีลักษณะที่สำคัญคือ 1) ต้องมีการเผชิญหน้ากับปัญหา (Encountering the Focal Issue) โดยมีการนำประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจริงและส่งผลกระทบต่อสังคม ซึ่งมีแนวทางแก้ไขที่มีหลายแนวทางหรือยังไม่มีข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ชัดเจน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เผชิญหน้าและเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว โดยวิเคราะห์ผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 2) ต้องเกิดกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์สามมิติ (Tree-Dimensional Science Learning) ซึ่งประกอบไปด้วย เนื้อหาที่เป็นบทเรียนหลัก (Disciplinary core ideas) แนวความคิดข้ามสาขา (Crosscutting concepts) และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Science practices) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และสังคมของนักเรียน และ 3) ต้องเกิดการสังเคราะห์แนวคิดและการปฏิบัติ (Synthesis of Ideas and Practices) ซึ่งเกิดหลังจากการได้เผชิญหน้ากับประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสังคม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดและมุมมองของตนเองเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นบทสรุปหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ บนพื้นฐานของหลักเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างงานวิจัยของบุศมาพร กันทะวัง (2562, น. 34-45) ที่ได้ศึกษาผลของแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่มีต่อการส่งเสริมการรู้พันธุศาสตร์ (Genetics Literacy) เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมสามารถส่งเสริมการรู้พันธุศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนมีระดับการรู้พันธุศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 13.73 เป็นร้อยละ 76.00 หรือจากระดับต่ำเป็นระดับสูง เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Zeidler & Nichois (2009, pp. 49-58) ที่ได้ศึกษาผลของแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมสามารถส่งเสริมความ



ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และสังคมนั้นมีข้อดี คือ 1) ส่งเสริมให้นักเรียนมีการเผชิญหน้ากับปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม ซึ่งกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการนำกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา 2) ส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสังคมในมุมมองที่หลากหลายบนพื้นฐานของหลักการทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือหรือพิสูจน์ได้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น เพื่อรับฟังและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมาว่ามีความน่าเชื่อถือตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่ 3) กระตุ้นให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน เพื่อให้ได้เป็นองค์ความรู้ใหม่หรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ และ 4) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับสังคมเพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้ความรู้ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับการดำรงชีวิตได้ แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังคงพบข้อจำกัด คือ การกำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งมีลักษณะที่สะท้อนสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบัน และเป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ไขปัญหาหลายแนวทางหรือยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน โดยต้องเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถทำได้ยากเนื่องจากต้องสอดคล้องกับแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมกับวัยวุฒิและประสบการณ์หรือความรู้ของนักเรียน (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58)

#### 4.2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (Science-Technology-Society-Environment Approach: STSE) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาจากมาจากการศึกษาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (Science, Technology and Society: STS) ต่อมา มีการเพิ่มองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) โดย Jim Gallagher ในปี 1971 ซึ่งเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเน้นประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในสังคมที่ใกล้ตัวนักเรียน อันเกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นำไปสู่การคิดค้นหาแนวทางและวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งนำผลการศึกษาไปลงมือปฏิบัติจริงให้เกิดคุณค่าต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และมีความรับผิดชอบในการ

ตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) (Solomon & Aikenhead, 1994, p. 104; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 64-65) โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน (สุวรรณ อัมพรณัย, 2554, น. 15) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ การนำเข้าสู่บทเรียนเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง เป็นการเชื่อมโยงกับความรู้แล้วกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นคว้า การให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลที่เกิดจากความสงสัยหรือความสนใจและรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 การอธิบาย นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหา มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ ครูจัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมเพื่อให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบความคิดเชื่อมโยงความรู้สู่การดูแลสิ่งแวดล้อม

ขั้นที่ 5 การประเมิน ครูตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

ดังตัวอย่างงานวิจัยของกุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม (2563, น. 70-72) ที่ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช จะต้องเริ่มต้นด้วยการสร้างความสนใจด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อม ค้นคว้า ระดมความคิด และตัดสินใจหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของห้องเรียน โดยนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้นี้ ส่วนใหญ่มีระดับการรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับผลการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่เพิ่มสูงขึ้นตามวงจรโดยสมรรถนะที่มีการพัฒนามากที่สุด คือ การแปลความหมายข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุริยวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, สิริณภา กิจเกื้อกุล (2559, น. 1329-1332) ที่ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนสามารถแสดงออกถึงการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสมรรถนะ โดยสมรรถนะ

การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีข้อดี คือ 1) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาศมรรถนะการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ จากขั้นตอนในการระบุประเด็นและรวบรวมข้อมูลทางสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยจะใช้แหล่งเรียนรู้ภายในท้องถิ่นหรือกำหนดสถานการณ์ข่าวที่มีเกี่ยวข้องหรือใกล้ตัวของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าประเด็นปัญหาใดสามารถตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาศมรรถนะการอธิบายเชิงปรากฏการณ์จากขั้นตอนในการตรวจสอบและทำการตัดสินใจ โดยนักเรียนจะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ข่าวที่ครูผู้สอนกำหนดมาให้ว่าควรจะเลือกใช้ข้อมูลใดที่มีความน่าเชื่อถือเป็นไปตามหลักของวิทยาศาสตร์และตอบสนองต่อการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม ซึ่งนักเรียนจะแสดงออกผ่านการเขียนอธิบาย บรรยาย การตีความปรากฏการณ์ และการทำนายการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งมีการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน และ 3) ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาศมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ จากขั้นตอนการดำเนินการและกระบวนการทางสังคมที่มีการให้ข่าวและจัดให้มีบริบทร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และแสดงออกผ่านการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตีความประจักษ์พยาน สื่อสารข้อสรุป ระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการตีความพร้อมทั้งสะท้อนความสำคัญของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ข่าวที่กำหนดให้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองได้สืบค้นมาและถามคำถามเพื่อสอบถามข้อมูลที่ตนเองจะนำมาใช้พิจารณาข้อมูลที่ได้ฟัง ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถประเมินข้อโต้แย้งของเพื่อน ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดของห้องเรียนจากหลักฐานประจักษ์พยานและทางเลือกที่ได้จากการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังคงพบข้อจำกัด คือ 1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนเสียก่อน เนื่องจากว่าในแต่ละขั้นการสอนนั้นมีการจัดการเรียนรู้ที่ต่างกัน ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจ และรู้ถึงความหมายของแต่ละขั้นการสอน เพื่อจะได้จัดการเรียนรู้อย่างถูกต้องและเหมาะสม 2) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมต้องมี

การจัดเตรียม เช่น การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เตรียมมา หรือเมื่อมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ให้ครูลงหาแนวคำตอบในการตอบคำถามของนักเรียนเตรียมเอาไว้หลาย ๆ แนวทาง เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจว่านักเรียนไม่ได้เกิดความเข้าใจที่ผิดประเด็นที่ครูต้องการให้นักเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ที่ต่างกัน ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจ และรู้ถึงความหมายของแต่ละชั้นการสอน เพื่อจะได้จัดการเรียนรู้อย่างถูกต้องและเหมาะสม 3) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมต้องมีการจัดเตรียมสถานการณ์ ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นนั้นจะต้องคำนึงถึงบริบทของนักเรียน เนื่องจากว่านักเรียนแต่ละที่มีบริบทที่ต่างกัน จึงควรต้องศึกษาก่อนทำการจัดการเรียนรู้และสถานการณ์ที่นำมาใช้ต้องเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวเพื่อที่จะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น และ 4) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมสามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ในระดับต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสมรรถนะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาสมรรถนะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องกวดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวเป็นภาคเรียนหรือรายปีการศึกษา (กุลธิดา ชนาภิมุข, สุริย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, สิริณภา กิจเกื้อกุล, 2559, น. 1329-1332)

#### 4.2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science Technology and Society approach: STS) มีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศในแถบยุโรป ซึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1980 เป็นช่วงเวลาที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาจึงเริ่มตระหนักเกี่ยวกับผลกระทบ อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการดำรงชีวิตและสังคม ดังนั้นนักการศึกษาจึงพยายามหาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงปัญหา บริบทหรือสถานการณ์จริงของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และอยากเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนเรียนรู้สิ่งที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือประสบการณ์จริงของตน โดยใช้ประเด็นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กิจกรรมการเรียนการสอนจะดำเนินไปเพื่อตอบคำถามข้อสงสัยภายใต้ประเด็นหรือสถานการณ์นั้น โดยการสืบค้นข้อมูล การสอบถามผู้รู้ การทดลอง และนำข้อมูลที่ได้ออกมาอภิปรายร่วมกัน ลงความคิดเห็นและตัดสินใจร่วมกัน ก่อนนำ

ความรู้ ไปใช้และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับประเด็นหรือสถานการณ์นั้น ๆ อย่างมีเหตุผลได้ (จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 59; สุทธิดา จำรัส, 2556, น. 71; Caral M. Butzow; & Jonh W. Butzow, 1989, pp. 29-30; Yager, 1990, p. 8) โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน (Yuenyong, C. & Narjaikaew, P., 2009, pp. 340-342) ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขั้นนี้นักเรียนจะต้องตระหนักถึงปัญหาสังคม เนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และซาบซึ้งว่าตนมีส่วนเกี่ยวข้องที่จะช่วยแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ

2. ขั้นหาแนวทางการแก้ปัญหา จากที่นักเรียนรับรู้ปัญหาสังคมเนื่องมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนการหาคำตอบของปัญหา โดยนักเรียนจะพิจารณาความรู้สึกที่ตนมีอยู่ และวางแผนหาความรู้เพิ่มเติมที่จะสนับสนุนให้นักเรียนหาคำตอบได้

3. ขั้นต้องการความรู้ ขั้นนี้นักเรียนจะต้องศึกษาความรู้ วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เพื่อเป็นฐานข้อมูลที่ดี สำหรับการตัดสินใจเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา

4. ขั้นทำการตัดสินใจ ขั้นนี้นักเรียนจะใช้ความรู้ที่เรียนมาเพื่อทบทวนหาแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ ในแนวทางใด โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงว่าแนวทางนั้นมีความเป็นไปได้หรือไม่สำหรับประเทศไทย มีผลเสียอย่างไร

5. ขั้นกระบวนการทางสังคม กระบวนการทางสังคมสะท้อนให้นักเรียนได้ทบทวนแนวคิดของตนที่แสดงมาเพื่อแก้ไขปัญหานั้น ขั้นนี้นักเรียนอาจนำเสนอโครงการวิทยาศาสตร์ จัดนิทรรศการหรือจัดโครงการรณรงค์ต่าง ๆ และพร้อมกับรับฟังความคิดจากผู้เข้าร่วมโครงการ

ดังตัวอย่างงานวิจัยของจันทร์แสง ประเสริฐศรี (2561, น. 73-76) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ พบว่า คะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์หลังเรียนทั้งในภาพรวมและจำแนกตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์รายด้านของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่



ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนิริรัตน์ อาโยวงษ์ และวิมล สํารานวนิช (2554, น. 26-27) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีดีเอ็นเอ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นได้ โดยนักเรียนสามารถระบุประเด็นของพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในสังคม เลือกใช้สื่อในการหาคำตอบอย่างมีวิจารณญาณ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล มีการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการตีความหลักฐาน การลงข้อสรุป และสื่อสารข้อสรุป สามารถนำแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ และสะท้อนถึงนัยของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในด้านความสนใจในวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีข้อดี คือ 1) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงไปยังสถานการณ์ใหม่ได้ 2) ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอภิปรายและโต้แย้งในประเด็นต่าง ๆ อย่างกว้างขวางตามหลักฐานและเหตุผลที่ได้มาจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 3) ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นทั้งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการตั้งประเด็นปัญหา การสืบเสาะ การรวบรวมข้อมูลการสรุปผล และการนำเสนอข้อมูลผ่านการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในชั้นเรียน ซึ่งเป็นการฝึกการนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาและการดำรงชีวิต 4) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุประเด็นสำคัญทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยสามารถเลือกใช้สื่อหรือแหล่งเรียนรู้ในการหาคำตอบอย่างมีวิจารณญาณได้ 5) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับประจักษ์พยาน 6) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถบรรยายหรือตีความปรากฏการณ์หรือพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ และระบุได้ว่าคำบอกเล่าบรรยาย คำอธิบาย และการพยากรณ์ใดสมเหตุสมผล มีการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการตีความหลักฐานประจักษ์พยานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อลงข้อสรุปและสื่อสารข้อสรุป อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ยังคงพบข้อจำกัด คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ครูผู้สอนต้องมีประเด็นทางสังคมที่ชัดเจน กระตุ้นนักเรียนให้ตั้งคำถามและใช้คำถามของนักเรียน



เป็นประเด็นในการหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ศักยภาพในการเรียนรู้มากที่สุด เช่น ได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ วางแผนการทำงาน เป็นต้น (Yager, 1990, p. 46; จันทร์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์ และวิมล สำราญวานิช, 2554, น. 26-27)

#### 4.2.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐาน (Context-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้สถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ จากชีวิตจริง ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ของนักเรียน บริบทสภาพแวดล้อมในชุมชนของนักเรียน ซึ่งมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับเนื้อหา หรือมโนทัศน์ที่ครูผู้สอนจะถ่ายทอดให้แก่ นักเรียน เพื่อให้ นักเรียน สนใจและเห็นความสำคัญใน ฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตจนเกิดเป็นความต้องการในการเรียนรู้สิ่งนั้น มีกิจกรรมกลุ่มที่ ประกอบด้วยการระดมความคิด เพื่อย้อนดูความรู้พื้นฐานของนักเรียน และช่วยลดช่องว่างของ ระดับความรู้ของนักเรียนแต่ละคนที่ไม่เท่ากัน และนำไปสู่การแก้ไขปัญหาาร่วมกันในที่สุด และ สามารถถ่ายโอนความรู้หรือมโนทัศน์ไปใช้กับสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ได้ (Darkwah, 2006, p. 15; Benett, 2003, p. 106; ศราวุธ จอมนำ, 2557, น. 7; พัชรินทร์ ศรีคำ, 2559, น. 23-24) โดยกำหนดขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเป็น 5 ขั้นตอน (Crawford; & Witte, 1999, pp. 34-38) ดังนี้

1. ขั้นความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง (Relate) ขั้นนี้เป็นการเรียนรู้จากบริบทของชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ซึ่งมีความสำคัญมากในการสร้างมโนทัศน์โดยนักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้วกับมโนทัศน์ใหม่
2. ขั้นสร้างประสบการณ์ (Experience) ขั้นนี้ครูจะช่วยนักเรียนในการสร้างประสบการณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 อย่างมีความหมาย ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กัน
3. ขั้นประยุกต์ใช้ (Application) ขั้นนี้เป็นขั้นตอนเรียนรู้โดยนำเอามโนทัศน์ไปใช้ โดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และเน้นการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับบริบทที่นำเสนอในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 โดยครูผู้สอนอาจใช้ปัญหาปลายเปิดหรือแบบฝึกที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของมโนทัศน์
4. ขั้นติดต่อสื่อสาร (Communication) สถานการณ์เกี่ยวกับความจริงที่นำเสนอในรูปแบบฝึกหัดสำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ เป็นสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีการรวมกลุ่มกันเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม มีการถามคำถาม การแนะนำวิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการอภิปรายภายในกลุ่มกัน ซึ่งนักเรียนจะ

สามารถจัดการกับปัญหาที่ซับซ้อนได้โดยอาศัยความช่วยเหลือภายนอกจากครูเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5. **ชั้นถ่ายโอน (Transfer)** ขั้นตอนนี้เป็นการนำเอาโมเดลที่ได้เรียนรู้ไปใช้กับบริบทอื่น ๆ ที่แตกต่าง หรือสถานการณ์ใหม่ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย

ดังตัวอย่างงานวิจัยของพลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์ (2563, น. 172-174) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ควรมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) **ชั้นนำเสนอบริบท** ครูนำเสนอบริบทแก่นักเรียน 2) **ชั้นตั้งข้อสงสัยและวางแผน** ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตั้งปัญหา ออกแบบและประเมินวิธีการตรวจสอบปัญหา 3) **ชั้นขยายความรู้** ครูให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและใช้คำถามให้นักเรียนอภิปรายพร้อมทั้งสรุปผลที่ได้จากการตรวจสอบปัญหาและสิ่งที่ได้เรียนรู้ 4) **ชั้นเจาะลึกและสร้างความเชื่อมโยง** ครูนำเสนอบริบทและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบท ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่มีระดับ 4 สูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1b ตามกรอบการจัดการระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพ์พลอย ตามตระกูล (2564, น. 117-123) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) **ชั้นกำหนดสถานการณ์** ครูกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาและเลือกประเด็นที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2) **ชั้นลงมือปฏิบัติงาน** ครูให้นักเรียนออกแบบวิธีการตรวจสอบปัญหาโดยบูรณาการร่วมกับการใช้แอปพลิเคชันหรือโปรแกรมห้องปฏิบัติการเสมือนจริง และมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ 3) **ชั้นเรียนรู้แนวคิดสำคัญ** นักเรียนวิเคราะห์ผลการตรวจสอบ อภิปรายและออกแบบผ่านเว็บไซต์สำหรับงานกราฟฟริกพร้อมนำเสนอ และ 4) **ชั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่** ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับบริบทเดิม ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่มีระดับ 2 สูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับ 1b ตามกรอบการจัดการระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานมีข้อดี คือ 1) ช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้โดยการจัดการเรียนการสอน

ดังกล่าวมีการนำเสนอบริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ตั้งปัญหาแล้วนำไปสู่กระบวนการสืบเสาะหาข้อมูลเพื่อนำมาสร้างเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ในเนื้อหาหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนนำแนวคิดที่ได้จากการจัดกิจกรรมในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย เกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อนำไปสู่การสืบค้นผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้ออกแบบและประเมินเลือกใช้วิธีการสืบเสาะที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาด้วยตัวของนักเรียนเอง จนได้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ในสถานการณ์ นั้น ๆ ได้อย่างมีเหตุผล 3) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งหรืออภิปรายกัน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้และรับฟังความคิดเห็นหรือข้อมูลของผู้อื่น และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดจากการตีความและแปลความหมายของข้อมูลประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ และนำไปสู่การสรุปความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม และ 4) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่เรียนรู้ไปมาใช้ในการสร้างคำอธิบายหรือตอบคำถามในบริบทใหม่ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นและเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย อย่างไรก็ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังคงพบข้อจำกัด คือ การจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แต่การพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ยังคงต่ำอยู่ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ใหม่หรือคำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ในบริบทหรือสถานการณ์ใหม่ได้มากกว่าการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117-123)

#### 3.4.2.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ โดยใช้ปัญหาจากบริบทจริงผนวกกับสาระของการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนฝึกให้นักเรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง และฝึกการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกัน การเรียนรู้

โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไข ปัญหาเป็นหลักที่นักเรียนจะต้องเอาไปใช้จริงในอนาคต ซึ่งแสดงว่านักเรียนจะเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผูกทักษะกระบวนการคิด แก้ปัญหาด้วยเหตุผลโดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะแสวงหาเอง (Katkarn et al., 2017, p. 80; Barrows & Kelson, 1996, pp. 3-12; กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 14-15) โดยสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2560) ได้สรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากเรียนรู้ได้ และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ
2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนต้องกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย
4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้านั้นมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร
5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง
6. นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระดับองค์ความรู้และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทั้งหมดรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

ดังตัวอย่างงานวิจัยของกนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ (2563, น. 18-23) ที่ได้ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานควรมีขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นแบ่งกลุ่มทำงาน ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ 2) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ครูเสนอปัญหาที่อยู่ในชีวิตประจำวันให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ระบุปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหา

3) ชั้นระดมสมอง นักเรียนเลือกปัญหาที่จะศึกษาด้วยตนเองนำไปสู่การค้นคว้าหาความรู้ 4) ชั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนดำเนินการทดลอง และ 5) ชั้นสรุปประเด็นปัญหา นักเรียนนำเสนอผลการทดลองและสรุปแนวทางการแก้ปัญหา นอกจากนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาสมรรถนะของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ขึ้นอย่างเป็นลำดับ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีข้อดี คือ 1) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมและการลงมือปฏิบัติเพื่อได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง และส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงสร้างความพร้อมต่อทักษะอาชีพ 2) ใช้สถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้นใกล้ตัวนักเรียนหรือเกี่ยวข้องกับตัวของนักเรียน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยใคร่รู้และเกิดการแสวงหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดการคิดแก้ไขปัญหา ส่งผลให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ประเด็นปัญหาว่าเป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ 3) ช่วยให้นักเรียนได้เข้าถึงแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลายและพิจารณาถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น 4) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำเสนอสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายและสามารถเสนอวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้จากการออกแบบการทดลองของนักเรียน และให้นักเรียนประเมินว่าวิธีการทดลองที่ได้ออกแบบมีความถูกต้อง เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งการนำเสนอวิธีการทดลองของนักเรียนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ 5) ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลได้ ผ่านการนำเสนอผลจากการทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเพื่อสรุปแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ฝึกการวิเคราะห์ผลการทดลองและนำมาอภิปรายให้สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนักเรียนใช้หลักฐานและประจักษ์พยานจากผลการทดลองของกลุ่มตนเองในการยืนยันและสรุปแนวทางการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบดังกล่าวยังคงพบข้อจำกัด คือ 1) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ครูผู้สอนควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน เนื่องจากประเด็นปัญหาที่นำมาใช้จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนนักเรียนนำไปสู่การออกแบบการทดลอง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเลือกใช้ปัญหาที่มีแนวทางแก้ไขที่หลากหลายสามารถทำการทดลองได้ 2) การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานยังไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่าง



ชัดเจน เนื่องจากมีแค่ขั้นตอนของการตรวจสอบสมมติฐานและวิธีการในการสำรวจตรวจสอบ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งยังไม่สะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนในการประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งกระบวนการ และ 3) นักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจใน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถแยกแยะได้ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาทั่วไปหรือเป็น ปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือการระบุสมมติฐานทาง วิทยาศาสตร์ ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม มีทักษะในการเลือกใช้อุปกรณ์และ สารเคมี และสามารถออกแบบวิธีการทดลองได้ ซึ่งถ้าหากนักเรียนไม่มีทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นเหล่านี้จะส่งผลให้นักเรียนดำเนินการเรียนรู้ไม่ถูกต้องและมีผลต่อ การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของตัวนักเรียนเอง (กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18-23)

จากการศึกษาและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความฉลาดรู้ทาง วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และชีววิทยาเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนได้นั้นจะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญที่ 5 ประการ ดังนี้

1) ต้องมีการกำหนดสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือใกล้เคียงกับบริบทในชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และ เกิดการแสวงหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดการคิดแก้ไขปัญหา (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, p. 49-58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยาวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1329-1332; พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์ พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117-123; กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และ จินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18-23)

2) ต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ ทำให้นักเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้กับการดำรงชีวิตได้ (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, pp. 351-353; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, p. 49-58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยาวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริ กุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1329-1332; จันทรแสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, และวิมล สำราญวานิช, 2554, น. 26-27; Yager, 1990, p. 46; พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกูล,



2564, น. 117-123; กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18-23)

3) ต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาหรือการได้มาซึ่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ โดยการลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูลและทำการทดลองด้วยตนเอง (Wen, et al., 2020, p. 103; Yuliana, et al., 2020, pp. 351-353; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยาดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1329-1332; จันท์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, และวิมล สำราญวานิช, 2554, น. 26-27; Yager, 1990, p. 46; พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117-123)

4) ต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือ (Wen, et al., 2020, p. 103; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยาดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1329-1332; จันท์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, และวิมล สำราญวานิช, 2554, น. 26-27; Yager, 1990, p. 46; พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117-123; กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18-23)

5) ต้องมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายและโต้แย้ง เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นต่าง ๆ ทั้งของตนเองและผู้อื่น รับฟังและสะท้อนความคิดเห็นหรือข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดจากการตีความและแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้หรือการสื่อสารองค์ความรู้เหล่านั้น (Wen, et al., 2020, pp. 103; บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58; กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70-72; สุริยาดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2559, น. 1329-1332; จันท์แสง ประเสริฐศรี, 2561, น. 73-76; นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, และวิมล สำราญวานิช, 2554, น. 26-27; Yager, 1990, p. 46; พลอยนัลดดา ผาบไชย,

สุรีย์พร สว่างเมฆ, และอนุสรณ์ วรสิงห์, 2563, น. 172-174; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 117-123; กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล่ำเทศ, 2563, น. 22)

นอกจากนี้ Ozcan et al. (2012, p. 1102) ได้กล่าวว่า การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องได้รับการปรับแก้ไขด้วยเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับนักเรียนในบริบทของตนเอง ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อนักเรียนเริ่มมีปฏิสัมพันธ์เชิงรุก และครูผู้สอนจำเป็นต้องมีการลดบทบาทในการบรรยายของตนเองลง และเพิ่มการใช้กลวิธีที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำ

และจากข้อสรุปของคุณลักษณะที่สำคัญที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Model: ADI) จึงมีความโดดเด่นต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการแก้ไขปัญหาที่ได้มาจากสถานการณ์จริงหรือมีความใกล้เคียงกับตัวของนักเรียน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ พิจารณาหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อลงข้อสรุป และเสริมด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (argumentation) โดยการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวสำหรับใช้ในการนำเสนอเพื่อแสดงความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะที่สำคัญต่อการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งยังส่งเสริมการตรวจสอบข้อมูล การสื่อสาร และการเขียนรายงานผลการตรวจสอบมากขึ้น (Sampson, Groom, & Walker, 2011 pp. 2125-2127) รวมถึงทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดี (สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น. 121) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อมุ่งหมายให้นักเรียนได้พัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังสรุปในตารางที่ 6

ตาราง 6 ความสอดคล้องระหว่างลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สำคัญ 5 ประการ กับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ADI

การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ADI
1. ต้องมีการกำหนดสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือใกล้เคียงกับบริบทในชีวิตจริง เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเกิดการแสวงหาความรู้ กระตุ้นให้เกิดการคิดแก้ไขปัญหา	(ในชั้นการสอนนี้แม้ว่าจะไม่ได้พัฒนาให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านโดยตรง แต่เป็นขั้นตอนการเริ่มต้นที่สำคัญที่จะช่วยส่งต่อการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน)	- ชั้นการระบุภาระงานและข้อคำถามนำ
2. ต้องมีการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในบริบทใหม่ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับการดำรงชีวิตได้	แปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	- ชั้นการอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ
3. ต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ไขปัญหาหรือการได้มาซึ่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ โดยการลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูลและทำการทดลองด้วยตนเอง	ประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	- ชั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ต้องมีการส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของหลักฐานและเหตุผลที่มีความน่าเชื่อถือ	ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	- ชั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว - ชั้นการปรับปรุงและส่งรายงาน
5. ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายและโต้แย้งเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นต่าง ๆ ทั้งของตนเองและผู้อื่น รับฟังและสะท้อนความคิดเห็นหรือข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดจากการตีความและแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้หรือการสื่อสารองค์ความรู้เหล่านั้น	แปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	- ชั้นกิจกรรมการโต้แย้ง - ชั้นการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ - ชั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน

## 5. รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

### 5.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง Argument Driven inquiry : ADI (Sampson, Grooms,& Walker,2009; Sampson,& Gleim, 2009) มีจุดเริ่มต้นมาจากกลุ่มนักวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกา 5 ท่าน ได้แก่ Walker และ Zimmerman จาก Tallahassee Community College และ Sampson Grooms และ Anderson จาก The Florida State University ที่มีความสนใจที่จะนำเอาการโต้แย้งมาบูรณาการร่วมกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้กิจกรรมในห้องปฏิบัติการมีความถูกต้องและเป็นประโยชน์มากขึ้นสำหรับนักเรียน ในปี ค.ศ. 2005 ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบดังกล่าวและทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในการทดลองที่มีชื่อว่า “Argument Driven Inquiry” เป็นรูปแบบการเรียนการสอนสำหรับใช้ในวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี” (Walker, 2010) ต่อมาได้มีรายงานการปฏิบัติการแห่งสหรัฐอเมริกา ตรวจสอบโรงเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง (America’s Lab Report: Investigations in High School Science) ซึ่งสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council: NRC) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาทักษะและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) การทำกิจกรรมการปฏิบัติการจะต้องมีการสืบเสาะเป็นฐานเพื่อให้ นักเรียนได้พัฒนาทักษะและความเข้าใจในความน่าสงสัยและความซับซ้อนของการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนต้องได้รับโอกาสในการอ่าน การเขียน และการมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับงานที่ได้ทำ 3) ต้องมีกระบวนการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือวิจารณ์ข้อโต้แย้งโดยการใช้คำอธิบายที่มีเหตุผลสนับสนุนอย่างน้อย 1 เหตุผล และวิเคราะห์หรือประเมินผลการเรียนเป็นลำดับ จึงเป็นสาเหตุให้นักการศึกษาชาวสหรัฐอเมริกาได้สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่าการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry: ADI) ขึ้นมา และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน โดยมีลักษณะที่เปลี่ยนจากการทำกิจกรรมแบบเดิม คือนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งไปบูรณาการในรายวิชาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่ด้วยตนเอง มีการเขียนรายงานผลการสืบเสาะเพื่อสื่อสารความคิดร่วมกับผู้อื่น ดังนั้นในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนจะได้มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย (Sampson, 2009) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ถือได้ว่าเป็นที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากสามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามแนว PISA จนกระทั่งได้รับการยอมรับและได้ตีพิมพ์ออกมาเพื่อใช้เป็นคู่มือครูในปัจจุบัน ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์ (NRC,

1999) และการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งของนักเรียนที่ถกเถียงกันในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Berland and Reiser, 2009; McNeill and Krajcik, 2008; Erduran and Jimenez, 2008; Osborne et al., 2004; Sampson and Clark, 2008)

## 5.2 หลักการ แนวคิดของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีพื้นฐานมาจากแนวคิดและทฤษฎี อันได้แก่ ทฤษฎีสรคณนิยม (Constructivism) และแนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ หรือการสร้างองค์โดยกระบวนการทางสังคม (Social constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีและแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการสนับสนุนรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทฤษฎีสรคณนิยมมีความเชื่อว่าบุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากพื้นฐานของความรู้ (Brandon et al., 2010) โดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่กล่าวถึง การเรียนรู้ว่าบุคคลจะพยายามนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) ที่เกิดขึ้นในสมองของนักเรียนจากความสัมพันธ์ของประสาทสัมผัสของนักเรียนกับโลกภายนอกและเกิดกระบวนการดูดซึม (Assimilation) โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิมและมั่นคงยิ่งขึ้นหากการใช้ความรู้ของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้อง นักเรียนจะสงสัยคับข้องใจ และผ่านกระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง (ศศิธร วิทยะสิรินันท์ และคนอื่น ๆ , 2544) ซึ่งทฤษฎีสรคณนิยมนี้ไม่มีแนวปฏิบัติหรือวิธีการสอนอย่างเฉพาะเจาะจง การนำทฤษฎีสรคณนิยมมาประยุกต์เพื่อใช้จัดการเรียนการสอนจึงมีนักจิตวิทยาการเรียนรู้และนักการศึกษาได้นำเสนอแนวคิดไว้แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกได้ 3 แนวคิด คือ 1) แนวคิดเรดิคอลลอนสตรัคติวิสต์ (Radical constructivist) คือการเน้นสร้างความรู้เกิดในระดับปัจเจก 2) แนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ (Social constructivist) เน้นการสร้างความรู้ของบุคคลที่เกิดจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ 3) แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์แบบการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร (Information Processing constructivist) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับความตั้งใจของบุคคลในการสร้างความรู้ (McInerney and McInerney, 2002) แนวคิดโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ มีพื้นฐานความเชื่อว่าความรู้คือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเองได้ แต่เกิดจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Crowl et al., 1997, p. 69) มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้นพัฒนาการทางเขาวงกตปัญญา



ของแต่ละบุคคลจะได้รับอิทธิพลจากสิ่งเหล่านี้โดยตรงและผ่านการมีปฏิสัมพันธ์และระบบของภาษา ดังนั้นการที่นักเรียนจะสามารถสร้างความรู้ได้นั้นเกิดจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ระหว่างบุคคล และในการส่งเสริมพัฒนาการของเด็กนั้นต้องคำนึงถึง “Zone of Proximal Development” เป็นระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางเขาวนปัญญาที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนา ซึ่งการจะส่งเสริมให้เด็กเข้าสู่ระดับที่มีศักยภาพในการพัฒนานั้น ผู้ใหญ่จำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ส่งเสริมและสนับสนุน (สุรางค์ ใค้วตระกูล, 2544, น. 61)

ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนรู้ตามทฤษฎีและแนวคิดดังกล่าวนี้ การจัดการเรียน การสอนจะต้องเน้นบริบทที่เป็นจริงในสังคม การเรียนแบบองค์รวม การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับภาษาด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งซึ่งเป็นปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เน้นความสำคัญของสังคม วัฒนธรรมและภาษา

### 5.3 จุดมุ่งหมายและลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (Argument driven inquiry: ADI) เป็นรูปแบบที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยนักเรียนในการพัฒนาด้านพื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดเชิงวิจารณ์ญาณด้วยการเน้นย้ำบทบาทของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างและการตรวจสอบความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ (Driver et al., 2000; Duschl and Osborne, 2002; Sampson and Clark, 2006) โดยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนในบทบาทของการถกเถียงกันในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เพราะเชื่อว่าการโต้แย้งมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เปรียบเสมือนหัวใจสำคัญของกระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และช่วยพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Duschl and Osborne, 2002; Osborne, 2010) ฉะนั้นลักษณะที่สำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง แบ่งได้ 4 ประเด็น คือ 1) การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เป็นกระบวนการเรียนรู้หลักที่ใช้ในรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสในพัฒนาทักษะ การทำงานทางวิทยาศาสตร์ ผึกฝนให้มีลักษณะนิสัยการทำงานอย่างเป็นระบบ เช่นการสังเกต การทดสอบ การวางแผนการทำงานที่เป็นขั้นเป็นตอน ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจและตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล เรียนรู้การใช้เครื่องมือ และเรียนรู้วิธีการจัดการกับความคลุมเครือตลอดจนหาหลักฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปเป็นองค์



ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง 2) การโต้แย้ง (Argumentation) คือ ลักษณะสำคัญในรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเน้นความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เช่นความพยายามที่จะสร้างหรือยืนยันข้อมูลโดยอิงตามเหตุผลที่อ้างด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ซึ่งในการโต้แย้งนี้จะทำให้นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย และมองเหตุผลในมุมที่กว้างขึ้นทำให้สามารถประเมินแนวคิดและขจัดข้อสันนิษฐานต่าง ๆ เพราะได้มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิด ข้อมูล ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่แตกต่างจากคนอื่นหรือเพื่อพิจารณาว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่ออ้างถึงข้อกล่าวอ้างใหม่เพื่อให้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ 3) การร่วมมือ (Coordination) คือ เทคนิคเสริมที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เนื่องจากในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ จะมีการทำงานที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มและผู้อื่นด้วยตลอดเวลา มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น มีการร่วมมือในการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ตลอดจนมีส่วนร่วมในการประเมินและตรวจสอบข้อมูลรายงานของทุก ๆ คนในชั้นเรียน ดังนั้นเรียกได้ว่าการร่วมมือเป็นตัวประสานการทำงานในทุก ๆ ขั้นตอนของรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 4) การสื่อสาร (Communication) คือ การทำความเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนรู้ แล้วถ่ายทอดสู่ผู้อื่นให้เข้าใจในแนวคิด โน้มน้าวและสร้างความน่าเชื่อถือด้วยเหตุและผลที่สมควร โดยสื่อสารออกมาทั้งในรูปของภาษาพูด และภาษาเขียน เพื่อให้สามารถเผยแพร่ข้อมูลและแนวคิดนั้นออกไปได้

ดังนั้นลักษณะสำคัญของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจึงอยู่ที่กระบวนการสอนที่เน้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในสร้างข้อโต้แย้งที่สนับสนุนคำอธิบายสำหรับคำถามหรือปัญหาในสถานการณ์หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะรวบรวม หาหลักฐานและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสื่อสารและให้เหตุผลกับผู้อื่นในช่วงการอภิปรายเชิงโต้ตอบ เขียนรายงานการตรวจสอบเพื่อแบ่งปันและจัดทำเอกสารรายงานและมีส่วนร่วมในการทบทวนข้อมูลทั้งหมดเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง

#### 5.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

จากการศึกษาประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งถึงยุคปัจจุบัน พบว่าได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นตั้งแต่ปี 2009 ของแซมสันและคณะ มีขั้นตอนในการสอนทั้งหมด 8 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุภาระงาน 2) ขั้นสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล 3) ขั้นผลของข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นการโต้แย้ง 5) ขั้นเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 6) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน 7) ขั้นการแก้ไขรายงาน และ 8)

ขั้นการอภิปรายและสะท้อนกลับอย่างชัดเจน (Sampson, 2009) หลังจากนั้นในปี 2011 ได้มีการปรับขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนเหลือ 7 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นระบุภาระงาน 2) ขั้นสร้างข้อมูล 3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นการโต้แย้ง 5) ขั้นเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 6) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน และ 7) ขั้นการแก้ไขรายงานการสืบเสาะหาความรู้ (Sampson et al., 2011) โดยลดขั้นตอนการอภิปรายและการสะท้อนกลับอย่างชัดเจนออกไป และหลังจากนั้นในปี ค.ศ. 2014 ได้ปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอีกครั้งเป็น 8 ขั้นตอนเช่นเดียวกับในปี ค.ศ. 2009 แต่มีการปรับเรียงลำดับของขั้นตอนใหม่ดังนี้ 1) ขั้นระบุภาระงานและใช้คำถามนำ 2) ขั้นการออกแบบวิธีการและการรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง 5) ขั้นสนทนาอย่างเปิดเผยและสะท้อนกลับ 6) ขั้นการเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 7) ขั้นการตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน และ 8) ขั้นการปรับปรุงแก้ไขและส่งรายงาน (Sampson et al., 2014) ในงานวิจัยนี้รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง 8 ขั้นตอนที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ในปี ค.ศ. 2014 จึงมีความเหมาะสมกับลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนในโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนอยู่ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันและมีการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยการสะท้อนกลับจากทั้งตัวของนักเรียน เพื่อนร่วมชั้นและครูผู้สอน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้สำหรับการนำมาใช้เพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ก่อนที่จะทำการเขียนรายงานและปรับปรุงรายงานการสืบเสาะหาความรู้เพื่อสรุปองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ADI) 8 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ (Walker et al., 2011, p. 1049; Walker et al., 2012, pp. 82-84; Walker and Sampson, 2013, p. 1269)

ขั้นที่ 1 การระบุภาระงานและข้อคำถามนำ (Identification of the Task and the Guiding Question) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยครูต้องสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้ออกมาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา และเมื่อได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีแล้วเราจะให้คำแนะนำสั้น ๆ เกี่ยวกับปัญหาในการแก้ปัญหาหรืองานที่ต้องทำเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จและการค้นคว้าได้ จากนั้นจึงนำสู่การระบุภาระงานให้นักเรียน พร้อมกำหนดและชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนต้องทำ ซึ่งในขั้นตอนนี้เป้าหมายของครู คือการแนะนำหัวข้อหลักที่จะศึกษาและเพื่อเริ่มการตรวจสอบ คล้ายกับรูปแบบการเรียนการสอนอื่น ๆ เช่น การเขียนวิทยาศาสตร์ Heuristic หรือ วัฏจักรการเรียนรู้ 5E

ดังนั้นครูจึงควรมีคู่มือ (handout) เพื่อแนะนำการดำเนินกิจกรรม ให้นักเรียนมีแนวทางในการทำกิจกรรมต่อไป โดย Walker, & Sampson (2014, p. 565) แนะนำว่า การที่ผู้สอนตั้งคำถามที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการโต้แย้งและสืบเสาะหาความรู้และหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสรุปที่เหมาะสมและถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล (Designing Method and Collecting Data) คือ การทำงานที่เน้นการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการกลุ่มที่มีสมาชิกภายในกลุ่มประมาณ 3-4 คนเพื่อเป็นการพัฒนาให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงาน รวบรวมจัดกระทำวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ซึ่งความตั้งใจของขั้นตอนนี้คือการให้โอกาสนักเรียนได้เรียนรู้วิธีการออกแบบและดำเนินการตรวจสอบข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูล และเรียนรู้วิธีจัดการกับความคลุมเครือของงานเชิงประจักษ์นอกจากนั้นนักเรียนยังสามารถมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับผู้อื่น อีกด้วย

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Data Analysis and Development of a Tentative Argument) คือ การให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ตนได้รวบรวมมา ประกอบด้วยการอ้างหลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์แล้วเขียนลงในกระดาษ โดยข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้ คือ คำอธิบายที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (The claim) เป็นสาเหตุหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) หลักฐาน (Evidence) คือข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงว่าเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังนั้นข้อโต้แย้งดังกล่าวเป็นข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งขั้นตอนนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อเน้นความสำคัญของข้อคิดเห็นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ต้องสามารถให้คำอธิบายข้อสรุปหรือคำตอบสำหรับคำถาม การวิจัยที่มีหลักฐานที่เหมาะสมและเหตุผลเพียงพอเพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นกฎเกณฑ์ตายตัว สามารถพิสูจน์ได้ อีกทั้งยังรวมถึงการช่วยนักเรียนในการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นการโต้แย้งที่สำคัญในด้านวิทยาศาสตร์และวิธีการตรวจสอบว่าหลักฐานที่มีอยู่ มีผลเกี่ยวข้องหรือไม่ และมีเหตุผลเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่ ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการอ้างสิทธิ์และหลักฐานที่มองเห็น ซึ่งกันและกัน ทำให้ประเมินแนวคิดและจัดข้อสันนิษฐานหรือข้อสรุปที่ถูกต้องหรือไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation Session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบกับกลุ่มอื่น ๆ และมีการโต้แย้งวิจารณ์ผลงานของผู้อื่นเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่อเสนอข้อกล่าวอ้างใหม่ที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด ในส่วนของขั้นตอนนี้จะมุ่งเน้นถึงข้อสรุปปลายทางว่ามีความสัมพันธ์กันในระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐานหรือตัวแปรต่าง ๆ ถูกรองรับด้วยเหตุผลที่สนับสนุนกัน ซึ่งจะมี 4 ขั้นตอนย่อยในกระบวนการ ได้แก่ (1) ครูกำหนดประเด็นการโต้แย้ง (2) คุรูนิยามคำสำคัญของการโต้แย้ง (3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้ง และ (4) นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอ กล่าวอีกนัยหนึ่งการอภิปรายได้รับการออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้วิธีการแบ่งปันและวิจารณ์แนวคิดหรือข้อสรุปหรือคำอธิบายต่าง ๆ จากการสอบถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กัน ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้มากขึ้นเมื่อพวกเขาสัมผัสกับความคิดของผู้อื่นตอบคำถามและความท้าทายของเพื่อนร่วมชั้นของพวกเขาให้ชัดเจนยิ่งขึ้นสำหรับความเห็นของพวกเขาและประเมินคุณค่าของแนวคิดจากการโต้แย้ง ผนวกกับยังให้โอกาสครูในการประเมินความก้าวหน้าหรือความคิดของนักเรียนและเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดถึงปัญหาที่อาจมองข้ามหรือละเลยไป ดังนั้นเป้าหมายที่สำคัญของขั้นตอนนี้คือ การที่นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกัน ถึงข้อมูลในมุมมองของตนเอง

ขั้นที่ 5 การอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ (Explicit and Reflective Discussion) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ การออกแบบวิธีการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ของชั้นเรียน รวมไปถึงการประเมินผลของข้อสรุปและหลักฐานที่ปรากฏเพื่อยืนยันหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นร่วมกัน โดยครูสามารถถามคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ในชั้นเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนสะท้อนความคิดต่าง ๆ และพัฒนาความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญ สร้างและอธิบายคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นคำอธิบายที่มีหลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมและวิจารณ์ ความถูกต้องในมุมมองทางเลือกที่หลากหลายได้

ขั้นที่ 6 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Writing the Investigation Report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล สาเหตุที่ต้องการให้นักเรียนเขียน เพราะการเขียนเป็นส่วนสำคัญ ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิทยาศาสตร์จะต้องแบ่งปันผลการวิจัยของพวกเขาโดยเผยแพร่บทความในวารสาร ดังนั้น

นักวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถอ่านและทำความเข้าใจกับการเขียนของผู้อื่นรวมทั้งประเมินคุณค่าได้ บวกกับการเขียนช่วยกระตุ้นให้เกิดการรับรู้ความเข้าใจ ดังนั้นโอกาสในการเขียนจึงสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้และเก็บรักษาเนื้อหาได้ดี ซึ่งลักษณะของข้อความทางวิทยาศาสตร์ในรายงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคำนึงถึงสิ่งที่พวกเขารู้จัก การนำมาซึ่งการรู้ได้อย่างไร และเหตุผลของที่มาของตัวเลือก เปรียบเสมือนการสร้างรายงานที่ตอบคำถามบนพื้นฐานสามข้อ คือ 1) คุณกำลังพยายามจะทำอะไรและทำไม? 2) คุณทำงานอย่างไรและทำไมคุณถึงต้องตรวจสอบด้วยวิธีนี้ และ 3) ข้อโต้แย้งของคุณคืออะไร? คำตอบสำหรับคำถามเหล่านี้จะถูกเขียนเป็น"รายงานการตรวจสอบรายบุคคล" ที่นักเรียนรวบรวมและวิเคราะห์ในขั้นตอนที่สองของรูปแบบ โดยผ่านการจัดระเบียบข้อมูลเหล่านี้ลงในตารางหรือกราฟที่สามารถสื่อข้อมูลออกมาได้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงผู้อื่นและช่วยให้เข้าใจถึงความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 7 การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Group Peer Review) คือ การทบทวนทบทวนรายงานเหล่านี้เพื่อให้แน่ใจว่ารายงานมีคุณภาพ ซึ่งจะใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) โดยที่ครูเป็นผู้รวบรวมรายงานแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่มพร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน (Peer review sheet) ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงาน โดยที่เกณฑ์การตรวจสอบจะเป็นกรอบคำถามให้ผู้ประเมินได้วิเคราะห์ เช่น ผู้เขียนให้คำอธิบายอย่างเพียงพอในวิธีการของพวกเขาหรือไม่ ผู้เขียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนหรือไม่ เหตุผลของผู้เขียนมีความเหมาะสมและเหมาะสมหรือไม่? เป็นต้น จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมติเพื่อประเมินรายงานที่ได้รับแจก นอกจากนี้ความสำคัญของขั้นตอนนี้ยังทำให้นักเรียนมีโอกาสเห็นทั้งตัวอย่างที่แข็งแกร่งและอ่อนแอของรายงานที่เขียนขึ้นเกี่ยวกับหัวข้อเดียวกันและขึ้นอยู่กับความต้องการเดียวกัน โดยรวมแล้วเจตนาของขั้นตอนนี้ของโมเดลคือการช่วยให้นักเรียนปรับปรุงความสามารถในการเขียนในด้านวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในสิ่งที่ถือว่าถูกต้องหรือยอมรับได้ ดังนั้นขั้นตอนนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีการพัฒนาและใช้มาตรฐานที่เหมาะสมสำหรับ "ข้อมูลที่มีคุณภาพ" ในการวิเคราะห์และประเมินผลต่อไป

ขั้นที่ 8 การปรับปรุงและส่งรายงาน (Revision and Submission of the Investigation report) คือ การให้นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนและครู หลังจากรายงานได้



ผ่านการตรวจถึง 2 ครั้ง คือจากเพื่อนและครู คือนักเรียนให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวน ทบทวนและปรับปรุงรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือการตอบกลับของเพื่อน โดยนักเรียนอาจส่ง รายงานตามเดิมหรือแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนก็ได้ หลังจากนั้นผู้สอนจะรวบรวมรายงานที่ ปรับปรุงใหม่พร้อมกับสำเนาคำแนะนำของเพื่อนเพื่อดำเนินการทำคะแนนต่อไป ซึ่งวิธีนี้มี วัตถุประสงค์หลักสร้างกลไกสำหรับนักเรียนในการปรับปรุงการเขียน การให้เหตุผลและความ เข้าใจในเนื้อหาในด้านวิทยาศาสตร์ของตน และให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเขียน เช่น การออกแบบ การประเมินผลการแก้ไข และการตีพิมพ์ต้นฉบับ ในบริบททางวิทยาศาสตร์ได้ อีกด้วย

### 5.5 บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้รูปแบบการสืบเสาะที่ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

การเรียนการสอนในรูปแบบของการสืบเสาะหาแบบโต้แย้งในชั้นเรียนจะแตกต่าง จากการเรียนการสอนแบบเดิม โดยครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการ ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบด้วยกระบวนการของตนเอง และไม่มีกรให้คำแนะนำอย่าง ชัดเจน ซึ่งกระบวนการที่ครูใช้จะเน้นไปที่การใช้คำถามปลายเปิดที่ไม่เน้นคำตอบ เพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนเกิดการคิดถึงปัญหาหรือข้อมูลที่อาจถูกมองข้ามไป สามารถสร้างเป็นองค์ความรู้และ ความเข้าใจทางบริบทของสถานการณ์ได้ดีขึ้น เรียกได้ว่าเป็นความท้าทายสำหรับทั้งครูและ นักเรียนเช่นกัน จากการศึกษา รูปแบบการเรียนรู้สืบเสาะแบบโต้แย้ง สามารถจำแนกบทบาท ใน การเรียนการสอนของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้



ตาราง 7 กรอบการจัดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญ ของ ADI
1. ขั้นการระบุ ภาระงานและข้อ คำถามนำ	การนำเข้าสู่ ภาระงานที่ ต้องการให้ ปฏิบัติเพื่อสร้าง ความเข้าใจใน ปรากฏการณ์ที่ ศึกษาหรือเพื่อ แก้ปัญหาที่ กำหนด	(1) กำหนด สถานการณ์หรือ ประเด็นปัญหา (2) กระตุ้นความ สนใจโดยใช้คำถาม เพื่อวิเคราะห์ สถานการณ์จนเกิด ข้อสงสัย นำไปสู่การ ระบุภาระงาน (3) ทบทวนประสบ การณ์เดิมเชื่อมโยง กับประสบการณ์ที่ ศึกษา (4) กำหนดประเด็น โต้แย้ง(5) จัดกลุ่ม นักเรียน	(1) ศึกษา สถานการณ์หรือ ประเด็นปัญหาที่ ครูนำเสนอ (2) ตอบคำถามที่ แสดงถึงการ วิเคราะห์ สถานการณ์และ เชื่อมโยงระหว่าง ประสบการณ์เดิม ที่ศึกษา (3) ระบุภาระงาน และวัตถุประสงค์ ของการสำรวจ ตรวจสอบ	- การสืบเสาะ หาความรู้ (Inquiry) - การร่วมมือ (Coordination)

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญ ของ ADI
2. ขั้นการ ออกแบบวิธีการ ตรวจสอบและ การเก็บรวบรวม ข้อมูล	นักเรียนร่วมกัน ออกแบบและ ดำเนินการ ตรวจสอบ ข้อมูลวิเคราะห์ ข้อมูลและเรียนรู้ วิธีจัดการกับ ความคลุมเครือ ของงานเชิง ประจักษ์	(1) ให้คำแนะนำ นักเรียนในการ ออกแบบวิธีการ สำรวจตรวจสอบ (2) ให้คำแนะนำ นักเรียนใน ระหว่างการ สำรวจตรวจสอบ (3) ใช้คำถาม กระตุ้นให้ นักเรียนคิด พิจารณาข้อมูล อย่างมีเหตุผล (4) แนะนำการ เขียนสรุปผลการ สำรวจ ตรวจสอบ เป็นคำอธิบายใน ทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์	(1) ออกแบบ วิธีการสำรวจ ตรวจสอบ (2) ลงมือปฏิบัติ กิจกรรม การ สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวม ข้อมูล จดบันทึก จัดกระทำ และ วิเคราะห์ข้อมูล (3) เขียนสรุปผล การสำรวจ ตรวจสอบเป็น คำอธิบายมโน ทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์	- การสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) - การร่วมมือ (Coordination)

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
3. ขั้นการ วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างข้อ โต้แย้งชั่วคราว	นักเรียนร่วมกัน สร้างข้อโต้แย้ง เบื้องต้นเพื่อใช้ ในการตรวจสอบ ข้อมูลที่ได้ รวบรวมมา ประกอบด้วย การอ้าง หลักฐานและ เหตุผลที่ สามารถ อภิปรายร่วมกับ ผู้อื่นได้	(1) ให้คำแนะนำ ในการสร้างข้อ โต้แย้ง (2) กระตุ้นให้ นักเรียนใช้ ความรู้ ประสบการณ์ หลักฐานเชิง ประจักษ์ สนับสนุนข้อสรุป เบื้องต้นอย่างมี เหตุผล	(1) สร้างข้อโต้แย้ง อธิบายผลการ สำรวจตรวจสอบ ปรากฏการณ์ (2) เขียนข้อ โต้แย้งที่แสดงถึง ความสัมพันธ์ ระหว่างหลักฐาน เชิงประจักษ์และ เหตุผลที่ สนับสนุนข้อสรุป เบื้องต้น (3) อภิปราย แลกเปลี่ยน ความคิดเห็น ภายในกลุ่ม	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordination) - การสื่อสาร (Communication)

## ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
4. กิจกรรมการ โต้แย้ง	การโต้แย้ง ระหว่างกลุ่มทั้ง ห้องเรียนโดยที่ นักเรียนแต่ละ กลุ่มนำเสนอ แนวคิดของ ปรากฏการณ์ที่ สำรวจตรวจสอบ กับกลุ่มอื่นๆและ มีการโต้แย้ง วิจารณ์ผลงาน ของผู้อื่นเพื่อ พิจารณาข้อ กล่าวอ้างที่ ถูกต้องและ ยอมรับได้มาก ที่สุด	(1) ชี้แจงขั้นตอน การโต้แย้ง นิยาม คำสำคัญให้เข้าใจ ตรงกัน และ กำหนดเวลา การนำเสนอและ อภิปรายข้อ โต้แย้ง (2) ดูแลชั้นเรียน ในการนำเสนอ และอภิปรายข้อ โต้แย้ง (3) กระตุ้นให้ นักเรียนแสดง ความคิดเห็นและ อภิปรายข้อ โต้แย้งอย่างมี เหตุผล (4) กล่าวคำ ชมเชยนักเรียนที่ มีส่วนร่วมใน กิจกรรมการ โต้แย้ง	(1) นำเสนอผล การสำรวจ ตรวจสอบและข้อ โต้แย้งของกลุ่มต่อ เพื่อนร่วมชั้นเรียน (2) แสดงความ คิดเห็น และร่วมอภิปราย ข้อโต้แย้งของกลุ่ม อื่นอย่าง มีเหตุผลโต้แย้ง ของกลุ่มอื่นอย่าง มีเหตุผล (3) นำแนวคิดจาก การเขียนรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ (4) นำแนวคิดจาก การเขียนรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordination) - การสื่อสาร (Communication)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
5. ขั้นการ อภิปรายผลที่ ชัดเจนและการ สะท้อนกลับ	นักเรียนและครู ร่วมกันอภิปราย ถึงกระบวนการที่ เกิดขึ้นในชั้น เรียน เพื่อ สะท้อนแนวคิด และวิธีการต่างๆ ในการลงข้อสรุป ร่วมกัน	(1) ครูนำเข้าสู่การ อภิปรายเพื่อ สะท้อนการเรียนรู้ และให้เกิดความ กระจ่างชัดแก่ นักเรียนเกี่ยวกับ การสำรวจ ตรวจสอบ	(1) นักเรียนร่วม อภิปรายกับครูถึง ผลงานในชั้นเรียน ตลอดจนซักถาม ประเด็นปัญหาที่มี ข้อสงสัยเพื่อให้ เกิดความกระจ่าง ชัดในข้อมูล	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordination) - การสื่อสาร (Communication)
6. ขั้นการเขียน รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ	นักเรียนเขียน รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ เป็นรายบุคคล	(1) ชี้แจงแนวทาง การเขียนรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ (2) แนะนำการ เขียน รายงานผล การสำรวจ ตรวจสอบให้แก่ นักเรียน	(1) เขียนรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบที่แสดง จุดประสงค์ วิธีการสำรวจ ตรวจสอบ และ มโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์ของ ปรากฏการณ์ที่ ศึกษา	- การสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) - การโต้แย้ง (Argumentation) - การสื่อสาร (Communication)

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ เรียนรู้แบบ ADI	ลักษณะของ กิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน	ลักษณะสำคัญของ ADI
7. ขั้นการ ตรวจสอบโดย เพื่อน	ครูรวบรวม รายงานแล้วแจก กลับแบบสุ่มให้ เพื่อนประเมิน เพื่อการตรวจ คุณภาพของ รายงานโดย เพื่อนอีกครั้ง	(1) กำหนดเกณฑ์ การประเมิน รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ (2) อำนวยความ สะดวกในการ ปฏิบัติกิจกรรม เช่น จัดทำใบ ประเมินรายงาน จัดทำเกณฑ์การ ประเมินรายงาน เป็นต้น	(1) ประเมิน รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ รายบุคคลตาม เกณฑ์การ ประเมิน (2) นำแนวทาง การเขียนรายงาน ตามเกณฑ์การ ประเมินมา ปรับปรุงรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบของ ตนเอง	- การโต้แย้ง (Argumentation) - การร่วมมือ (Coordination) - การสื่อสาร (Communication)
8. ขั้นการ ปรับปรุงและส่ง รายงาน	นักเรียนแก้ไข และปรับปรุง รายงานผลการ สำรวจตรวจสอบ ด้วยตนเอง จาก ผลการประเมินที่ ได้จากกิจกรรม การตรวจสอบ โดยเพื่อนและครู	(1) ตรวจสอบและ แนะนำการแก้ไข รายงานผลการ ตรวจสอบ (2) แก้ไขมโนทัศน์ ที่ไม่ถูกต้องของ นักเรียน	(1) แก้ไขและ ปรับปรุงรายงาน ผลการสำรวจ ตรวจสอบ	- การสืบเสาะหา ความรู้ (Inquiry) - การสื่อสาร (Communication)

จากการศึกษาค้นคว้าสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนการสืบเสาะที่  
ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วน  
ร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียน ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์และกระบวนการ



ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วย กลวิธีการโต้แย้ง ส่งเสริมให้นักเรียนมีระดับความเข้าใจในมโนทัศน์เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นรูปแบบการ จัดการเรียนการสอนนี้จึงสามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจสาระสำคัญของบทเรียน และพัฒนาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในทุก ๆ ด้าน อีกทั้งในระหว่างการจัดกระบวนการเรียนการสอนใน ทุก ๆ ขั้นตอนแสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมในกิจกรรมดังกล่าวสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนา ทักษะในการคิดวิเคราะห์ ทักษะในการสื่อสารที่เหมาะสมจนเกิดเป็นความเข้าใจมโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแก่ตัวของนักเรียน



### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา
2. แบบแผนการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาจังหวัดนครปฐมที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบสอนจำนวน 40 คน แบ่งเป็นนักเรียนชายจำนวน 14 คน และเป็นนักเรียนหญิงจำนวน 26 คน

โรงเรียนนี้เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ประจำอำเภอที่มีความพร้อมในด้านอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ เช่น กล้องจุลทรรศน์ จานเพาะเชื้อ หลอดทดลอง เป็นต้น โดยมีคอมพิวเตอร์สำหรับการสืบค้นข้อมูลจำนวน 4 เครื่องต่อห้องเรียน และให้บริการสัญญาณอินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือ พร้อมด้วยระบบหนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) ที่นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้ตลอดเวลา

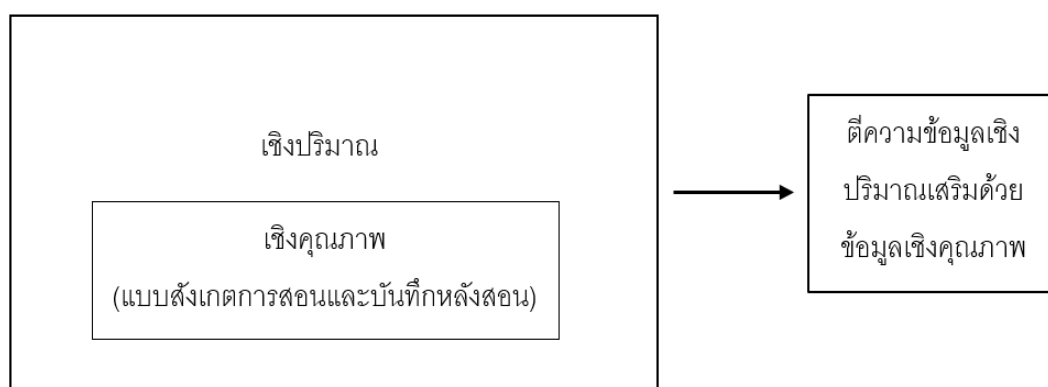
นักเรียนมีความสามารถทางการเรียนแบบคละทั้งเก่ง กลางและอ่อน โดยมีผลการเรียนเฉลี่ยในวิชาชีววิทยายู่ระหว่าง 2 – 4 และมีผลการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระหว่าง 2.17 – 4.00 นักเรียนมีความตั้งใจเรียนและให้ความร่วมมือในการเรียนเป็นอย่างดี โดยส่วนใหญ่แล้วนักเรียนมีความกล้า

แสดงออกและกล้าซักถามข้อสงสัย สามารถเขียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ และเป็นนักเรียนที่ไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์มาก่อน

### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed-method research) ที่ใช้การวิจัยแบบรองรับภายใน (Embedded Design) (Creswell & Plano Clark, 2011, p. 76) ดำเนินงานโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณเป็นหลัก ซึ่งมีการวัดหลังจากการทดลอง เพื่อใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในการวิเคราะห์สำหรับการตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยในข้อที่ 1-2 และรองรับด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิเคราะห์สำหรับการตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยในข้อที่ 3 ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยดังนี้

ตาราง 8 แบบแผนการทดลอง



เชิงปริมาณ: วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

เชิงคุณภาพ: วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และใบกิจกรรมของนักเรียน

### การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยทั้งหมด 2 แบบ ดังนี้

#### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

##### 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

### 2.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ

2.1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

2.1.2 แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

### 2.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.2.1 แบบสังเกตการสอน

## 1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วย เอกสารประกอบการสอนหรือใบความรู้ และใบกิจกรรมประกอบการสอน โดยทุกครั้งที่จัดการเรียนการสอนได้แจกเอกสารประกอบการสอน และใบกิจกรรมประกอบการสอนให้กับนักเรียนและจัดการเรียนการสอนโดยอาศัยแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งของ Sampson, (2009) ซึ่งมีขั้นตอนในการสอนทั้งหมด 8 ขั้นตอน คือ นี้ 1) ขั้นระบุภาระงานและใช้คำถามนำ 2) ขั้นการออกแบบวิธีการและการรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 4) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง 5) ขั้นสนทนาอย่างเปิดเผยและสะท้อนกลับ 6) ขั้นการเขียนรายงานการสืบเสาะหาความรู้ 7) ขั้นการตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน และ 8) ขั้นการปรับปรุงแก้ไขและส่งรายงาน (Sampson et al., 2014) ซึ่งในแต่ละขั้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทั้ง 8 ขั้นนั้นจะเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (Active Learning) โดยแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1.1 ศึกษาโครงสร้างและรายละเอียดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยอยู่ในสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 2 ผลการเรียนรู้ที่ 10-11 อันประกอบไปด้วย พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และเทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ

1.1.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ต่อไป ดังแสดงในบทที่ 2 หัวข้อเทคโนโลยีดีเอ็นเอ

1.1.3 วางโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 โครงสร้างและจำนวนชั่วโมงของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

แผนที่	ชื่อแผน	จำนวนชั่วโมง
1	พันธูวิศวกรรมและการโคลนยีน	4
2	การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	3
3	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA	4
4	ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	3
<b>รวม</b>		<b>14</b>

1.1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1.4.1 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และคำถามนำให้สอดคล้องกับการส่งเสริมสมรรถนะหลักทั้ง 3 ด้านของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แผนการจัดการเรียนรู้ และคำถามนำที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

แผนที่	ชื่อแผน (คำถามนำ)	การส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์		
		การอธิบายปรากฏการณ์ ในเชิงวิทยาศาสตร์	การประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การแปลความหมาย ข้อมูลและประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์
1	พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน (ปลากัดเองแสงเป็นสิ่งที่ชีวิตดัดแปร พันธุกรรมหรือไม่)	✓		✓
2	การหาขนาดของ DNA และการหา ลำดับนิวคลีโอไทด์ (จมน้ำหรืออำ พรางค์)	✓	✓	✓
3	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA (เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวหรือไม่)	✓	✓	✓
4	ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม (พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ เหมาะสมกับ ประเทศไทยหรือไม่)			✓

1.1.4.2 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) ชั้นอนุภาาระงานและข้อคำถามนำ โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จะใช้การเล่าเรื่องยกตัวอย่างสถานการณ์พร้อมทั้งตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนในการนำเข้าการระบุนาาระงานและคำถามนำ ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 – 4 จะใช้คลิกวิดิทัศน์ของสถานการณ์จริงมากระตุ้นความสนใจของนักเรียนและตั้งประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับวิดิทัศน์นั้นเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่การระบุนาาระงานและคำถามนำ

2) ชั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนได้จับกลุ่มเพื่อร่วมกันออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 4 นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลจากการสืบค้นข้อมูลในแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และ 3 นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลจากการทดลองและการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ



3) ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ได้ออกแบบให้ครูผู้สอนยกตัวอย่างของการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวจากสถานการณ์ของคำถามนำที่ว่า “โลมามีความเกี่ยวข้องอย่างชิดกับปลาหรือสุนัขมากกว่ากัน” เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าในรูปแบบและกระบวนการในการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวได้อย่างชัดเจน และนำไปสู่การเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวด้วยตนเอง ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 – 4 นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้เขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวตามบริบทของสถานการณ์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

4) ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนได้นำเสนอและประเมินข้อโต้แย้งชั่วคราวกับกลุ่มอื่นในชั้นเรียน และกลับมาแก้ไขข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง โดยให้สมาชิกของกลุ่ม 1 คนประจำอยู่ที่กลุ่มตนเองและต้องไม่ซ้ำกันในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำเสนอแลกเปลี่ยนข้อโต้แย้ง ขณะที่สมาชิกที่เหลือไปยังกลุ่มต่าง ๆ เพื่อฟังและวิพากษ์คำอธิบายหรือข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้น

5) ขั้นการอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกระบวนการในการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของนักเรียนและร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้อโต้แย้งหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูผู้สอนจะต้องเสริมด้วยการอธิบายเนื้อหาหรือให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม เพื่อเติมเต็มแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องให้ครบถ้วนและสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ได้เสริมการอธิบายเนื้อหา เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง โดยการบรรยายประกอบคลิปวิดีโอและกิจกรรมการจำลองดีเอ็นเอลูกผสม ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ได้เสริมการอธิบายเนื้อหา เรื่อง การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ โดยการบรรยายประกอบคลิปวิดีโอ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ได้เสริมการอธิบายเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA โดยการบรรยายประกอบคลิปวิดีโอ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ได้เสริมการอธิบายเนื้อหา เรื่อง ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม โดยการบรรยายประกอบคลิปวิดีโอ

6) ขั้นการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนได้ลงมือเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยใช้ข้อโต้แย้งของกลุ่มที่ผ่านการประเมินโดยเพื่อนซึ่งผ่านแก้ไข

ปรับปรุงในกิจกรรมการโต้แย้งและที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดของนักเรียนชั้นเรียนมาเป็นแนวทางในการเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้การเขียนรายงานของนักเรียนแต่ละคนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

7) ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนทุกคนส่งรายงานการสำรวจตรวจสอบของตนเองโดยไม่ต้องระบุชื่อมาให้ครูผู้สอน เพื่อให้ครูผู้สอนกำหนดรหัสลงในใบรายงานของแต่ละคน แล้วแจกให้กับนักเรียนคนอื่น ๆ ไม่ซ้ำกัน โดยนักเรียนแต่ละคนจะต้องประเมินรายงานของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับ ตามแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน เมื่อเสร็จสิ้นการประเมินครูผู้สอนจะรวบรวมรายงานและแบบประเมินรายงานกลับคืนมาเพื่อนำส่งให้กับนักเรียนเจ้าของรายงาน

8) ขั้นการปรับปรุงและส่งรายงาน โดยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ได้ออกแบบให้นักเรียนแต่ละคนได้กลับไปทบทวนรายงานของตนเองและพิจารณาผลการประเมินรายงานหรือข้อเสนอแนะในแบบประเมิน จากนั้นให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขรายงานของตนเองให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หากจุดใดไม่แก้ไขให้เขียนเหตุผลด้วยว่าทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำ แล้วเขียนชื่อของตนเองก่อนนำมาส่งให้กับครูผู้สอนเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของรายงานต่อไป

1.1.4.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งมีองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้
2. ผลการจัดการเรียนรู้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. สาระสำคัญ
5. สมรรถนะ
6. สาระการเรียนรู้
7. จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพนักเรียน ทักษะศตวรรษที่ 21
8. ชิ้นงานหรือภาระงาน
9. กิจกรรมการเรียนรู้
  - 9.1 ขั้นระบุภาระงานและข้อคำถามนำ
  - 9.2 ขั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 9.3 ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว
- 9.4 ขั้นกิจกรรมการโต้แย้ง
- 9.5 ขั้นการอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ
- 9.6 ขั้นการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ
- 9.7 ขั้นการตรวจสอบโดยเพื่อน
- 9.8 ขั้นการปรับปรุงและส่งรายงาน

## 10. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

### 11. การวัดและประเมินผล

### 12. บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำนวน 4 แผน ซึ่งใช้เวลาเรียนทั้งหมด 14 ชั่วโมง ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยครูผู้สอน 1 ท่าน และนักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบหลักฐาน ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจน ความถูกต้องเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และประเมินผล โดยได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 ดังภาคผนวก ข และนำข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข

1.1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ตามข้อมูลที่ได้จากการทดลองสอน และนำไปปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ แล้วนำมาใช้จริงในการวิจัย

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

### 2.1 ข้อมูลเชิงปริมาณ

2.1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยผู้วิจัยได้พัฒนาและตรวจสอบหาคุณภาพได้เป็น 8 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1.1 ศึกษาตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ พบว่าเนื้อหานี้อยู่ในสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 2 ผลการเรียนรู้ข้อที่ 10 และข้อที่ 11 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2561, น. 154) ประกอบด้วยเนื้อหาพันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง การหา

ขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และเทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ

2.1.1.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสร้างตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ระบุในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 11

ตาราง 11 การวิเคราะห์ข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

ผลการเรียนรู้	เนื้อหา	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด					รวม (ข้อ)
		ความจำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	
10. อธิบายหลัก การสร้าง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยใช้ ดี เอ็น เอ รี คอม บิ แนนท์	1. พันธุวิศวกรรม และการโคลนนิ่ง	4	4	-	-	-	8
11. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปราย การนำเทคโนโลยีดีเอ็นเอ ไปประยุกต์ ทั้งด้าน การแพทย์ สิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การเกษตรและ อุตสาหกรรม และข้อควร คำนึง ถึงด้านชีวจริยธรรม	2. การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	1	2	-	-	-	3
	3. การประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี DNA	-	-	4	1	-	5
	4. ความปลอดภัย ของเทคโนโลยี DNA และ มุมมอง ทาง สังคมและจริยธรรม	-	-	-	2	2	4
	<b>รวม</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>20</b>

2.1.1.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ตามตารางการวิเคราะห์แบบทดสอบ โดยใช้เป็นแนวทางในการออกข้อสอบเพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อให้ครอบคลุม

เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวน 5 ด้าน คือ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ และ 5) ประเมินค่า ตามตารางวิเคราะห์แบบทดสอบ โดยออกข้อสอบให้เกิน เป็น 2 เท่า

2.1.1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถามและตัวเลือก ครอบคลุม เนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

2.1.1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในด้านการสอนเนื้อหาชีววิทยาไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลงในแบบประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ ซึ่งมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณามีความถูกต้องสอดคล้องกัน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าประเด็นที่พิจารณาไม่มีความถูกต้องสอดคล้องกัน

จากนั้นจึงคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านการประเมินค่า IOC โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 274) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ข้อสอบมีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องระหว่าง 0.67 - 1.00 จำนวน 31 ข้อ และมีข้อสอบจำนวน 2 ข้อที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ดังภาคผนวก ข

2.1.1.6 นำแบบทดสอบจำนวน 31 ข้อ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปศึกษานำร่องใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ มาแล้ว จำนวน 40 คน พร้อมตรวจให้คะแนน

2.1.1.7 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบของนักเรียนไปวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยให้คะแนนข้อที่ถูกต้องเป็น 1 คะแนน และข้อที่ผิดเป็น 0 คะแนน และนำคะแนนไปหาค่าอำนาจจำแนกและความยากง่ายของข้อสอบ รวมทั้งวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน พบว่า ข้อสอบดังกล่าวมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.55 มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.50-0.70 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 จึงได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ตามเกณฑ์ที่ต้องการ

และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับโดยการคำนวณหาค่าความเที่ยงด้วยสูตรที่ 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (KR-20) เพื่อใช้ตัดและคัดเลือกข้อสอบที่มีเหมาะสมรวมทั้งสิ้น 20 ข้อ

2.1.1.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่พัฒนาแก้ไขและมีความสมบูรณ์แล้วไปทดสอบกับนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

2.1.2 แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เป็น เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาตามกรอบการประเมินความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA จำนวน 6 สถานการณ์ 18 ข้อมีด้วยกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ โดยประเมินจากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) การประเมิน และออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluate and design scientific enquiry) การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (Interpret data and evidence scientifically) ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้

2.1.2.1 ศึกษาตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ พบว่าเนื้อหาที่อยู่ในสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 2 ผลการเรียนรู้ข้อที่ 10 และข้อที่ 11 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2561, น. 154) ประกอบด้วยเนื้อหาพันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน การหา ขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และ เทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ

2.1.2.2 ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตาม กรอบโครงสร้างการประเมินผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018 ซึ่งผู้วิจัยเน้นการใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ในการประเมินสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง วิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ 3) สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดโครงสร้างการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของ PISA ครอบคลุมความรู้ทาง วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเทคโนโลยีดีเอ็นเอ 4 เรื่อง ได้แก่ พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน การหา ขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทาง DNA และ เทคโนโลยีทาง DNA กับความปลอดภัยทางชีวภาพ ซึ่งแบบวัดเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ



เลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ โดยออกข้อสอบวัดความรู้เรื่องละ 2 สถานการณ์ ในแต่ละ สถานการณ์ประกอบด้วยข้อสอบย่อย 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 6 สถานการณ์ 18 ข้อเพื่อวัดสมรรถนะ ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ดังตาราง 12

ตาราง 12 โครงสร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ตามกรอบ โครงสร้างความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018

ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์					
สถานการณ์	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ / บริบท	สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์	รวม (ข้อ)
แกะดอลลี	พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบ)	3
ผีดาษหนู	พันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่ง	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบเชิงซ้อน)	3
แม่คุ้มบุญ	การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบเชิงซ้อน)	3
แบคทีเรียย่อยสลายโฟม	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบเชิงซ้อน)	3
วัคซีน COVID-19	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบ)	3
ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม	ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	1 (เลือกตอบ)	1 (เขียนตอบ)	1 (เลือกตอบเชิงซ้อน)	3
<b>รวม</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>18</b>

2.1.2.3 สร้างแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ให้สอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งไว้ตามตารางวิเคราะห์ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยออกข้อสอบเกินเป็น 2 เท่า

2.1.2.4 นำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถามและตัวเลือก ความครอบคลุม เนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

2.1.2.5 นำแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 คน พิจารณาตรวจสอบลักษณะ การใช้คำถาม ตัวเลือก และความสอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษาและหลักฐาน ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และคัดเลือกข้อสอบโดยใช้เกณฑ์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่มุ่งวัด (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

2.1.2.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ทุกข้อ และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังภาคผนวก ข

2.1.2.7 นำแบบวัดที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปศึกษานำร่อง (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เคยเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ มาแล้ว จำนวน 40 คน และนำคะแนนจากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยพบว่า แบบทดสอบดังกล่าวมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.65 และมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.70 ดังภาคผนวก ข

2.1.2.8 คัดเลือกข้อคำถามจำนวน 18 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งหมดด้วยสูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน โดยมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 ดังภาคผนวก ข

2.1.2.9 จัดเตรียมแบบวัดฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือการเก็บข้อมูลการวิจัยกับกลุ่มที่ศึกษาต่อไป

## 2.2 ข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.2.1 **แบบสังเกตการสอน** เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครูและพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

นักเรียนด้วยตนเอง และระหว่างนักเรียนกับครูผู้สอนตามสภาพจริง ภายใต้บริบทของชั้นเรียน (Creswell, 2017, p. 244) ในชั้นเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อมุ่งอธิบายกระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้และผลที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินกิจกรรมจากสิ่งที่สังเกตได้ในห้องเรียนและการถอดเทปบทสนทนาของผู้เรียนและครูผู้สอนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และนำมาบันทึกหลังการสอนทุกครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.2.1.1 ศึกษารูปแบบและวิธีการสร้างแบบสังเกตการสอน โดยในการวิจัยนี้เป็นการสังเกตแบบมีส่วนร่วมและผู้วิจัยอยู่ร่วมในเหตุการณ์

2.2.1.2 กำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบสังเกตการสอน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครู พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยตนเอง และระหว่างนักเรียนกับครูผู้สอนตามสภาพจริง ภายใต้บริบทของชั้นเรียน สำหรับนำไปใช้ในการอธิบายกระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ตามความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อที่ 3)

2.2.1.3 ร่างประเด็นการสังเกต เพื่อให้ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนและครูผู้สอนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งทั้ง 8 ขั้นตอน โดยมีประเด็นการบันทึก ดังนี้

- การจัดการชั้นเรียน/ สภาพแวดล้อมของชั้นเรียน
- การจัดการเรียนรู้ของครู และพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละขั้นของ ADI
- การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์
- การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.1.4 นำแบบสังเกตการสอนที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของประเด็นการสังเกตกับจุดประสงค์ของการสังเกต

2.2.1.5 นำแบบสังเกตการสอนไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวิจัยเชิงคุณภาพ 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้องของประเด็นการสังเกตกับจุดประสงค์ของการสังเกต โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ทุกข้อ จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำแบบสังเกตการสอนที่สมบูรณ์แล้วไปใช้ในการวิจัย

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 โดยดำเนินการดังนี้

1. ทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัย
2. ชี้แจงนักเรียนถึงขอบเขตการวิจัยในครั้งนี้โดยดำเนินการภายใต้หลักจริยธรรมการวิจัย 3 ประการ คือ หลักของความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย และหลักความยุติธรรม ซึ่งจะมีการขอความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยจากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา
3. จัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งกับกลุ่มที่ศึกษา โดยมีกำหนดการจัดการเรียนการสอนดังนี้

ตาราง 13 กำหนดการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

สัปดาห์ที่	ครั้งที่	เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
1	เรียนครั้งที่ 1	- อธิบายถึงวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่จะได้รับจากทำวิจัยของกลุ่มที่ศึกษา	2
	เรียนครั้งที่ 2	- พันธุวิศวกรรมและการโคลน	4
2	เรียนครั้งที่ 3	- การหาขนาดของ DNA และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	3
	เรียนครั้งที่ 4	- การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA	4
3	เรียนครั้งที่ 5	- ความปลอดภัยของเทคโนโลยีทาง DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	3
	เรียนครั้งที่ 6	- ทดสอบหลังเรียน	2

4. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และใบกิจกรรมของนักเรียน

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้ไปช่วยอธิบายและตีความผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

5. เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครบทุกหน่วย ให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ และแบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เสร็จแล้วบันทึกคะแนนไว้เพื่อใช้เป็นคะแนนทดสอบหลังเรียน (Posttest)

6. นำผลที่ได้จากการทดสอบและวัดมาตรวจดูความสมบูรณ์ของการตอบ แล้วจึงนำไปตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์และวิธีการให้คะแนนที่อธิบายไว้หัวข้อการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

#### การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ และแบบบันทึกหลังสอน ดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งจากการตรวจให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน (PISA. 2018; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2564, น. 213; พิมพ์พลอย ตามตระกูล, 2564, น. 60-61)

1) ข้อสอบแบบเขียนตอบ หากตอบถูกต้องครบถ้วนได้ 2 คะแนน หากตอบถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนได้ 1 คะแนน หากตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2) ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน หากตอบถูกต้องทั้งหมด ได้ 2 คะแนน หากตอบถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนหรือตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

3) ข้อสอบแบบเลือกตอบ หากตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน หากตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

2. นำคะแนนรวมที่ได้มาจัดกลุ่มระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติพื้นฐานหาค่าร้อยละของคะแนนเพื่อนำมาเปรียบเทียบเป็นระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ที่อ้างอิงมาจากการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018 ดังตารางที่ 14

ตาราง 14 เกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยอ้างอิง  
จากกรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2018

ร้อยละของคะแนน	ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	แปลผล
33.38 - 42.83	1b	ควรปรับปรุง
42.84 - 52.42	1a	ควรปรับปรุง
52.43 - 61.88	2	พอใช้
61.89 - 71.47	3	ดี
71.48 - 80.94	4	ดีมาก
80.95 - 90.53	5	ดีเยี่ยม
90.54-100.00	6	ดีเลิศ

3. นับจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนที่มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป แล้วคำนวณหาค่าร้อยละ และเปรียบเทียบค่าร้อยละที่ได้กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบ one sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05

4. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย โดยใช้สถิติทดสอบ one sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5. นำข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอนและใบกิจกรรมของนักเรียนมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงอุปนัย ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนคือ 1) การจัดระเบียบข้อมูล 2) การกำหนดรหัสข้อมูล 3) การสร้างข้อสรุปชั่วคราว 4) การสร้างบทสรุป และ 5) การพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ เพื่ออธิบายกระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ คำนวณได้จากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2560, น. 30)

$$P = \frac{F \times 100}{n}$$

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	F	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลค่าให้เป็นร้อยละ
	n	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณจากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2560, น. 33)

$$\mu = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\mu$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในแต่ละกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณได้จากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2560, น. 60)

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
	X	แทน	คะแนนแต่ละตัว
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดในแต่ละกลุ่ม

## 2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ, 2538, น. 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของผู้เชี่ยวชาญ  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 ค่าความยากง่าย (p) คำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ, 2538, น. 211)

$$p = \frac{P_H + P_L}{n}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย  
 $P_H$  แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง/จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง  
 $P_L$  แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ/จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.3 ค่าอำนาจจำแนก (r) คำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ, 2538, น. 201)

$$R = P_H - P_L$$

เมื่อ R แทน ค่าความอำนาจจำแนก  
 $P_H$  แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง/จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง  
 $P_L$  แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ/จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

2.4 ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ชูศรี วงศ์รัตน์ะ, 2560, น. 204) คำนวณได้จากสูตร

$$r_n = \left( \frac{k}{k-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right)$$

เมื่อ	$r_n$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	$k$	แทน	จำนวนคำถามของแบบทดสอบ
	$p$	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ (จำนวนคนที่ตอบถูก/จำนวนคนทั้งหมด)
	$q$	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ (1-p)
	$S_i^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

### 3. สถิติที่ใช้ในทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยใช้สถิติทดสอบ one sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Sciences) (ชูศรี วงศ์รัตน์, 2560, น. 204)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} ; df = n-1$$

เมื่อ	$t$	แทน	การทดสอบค่าที่
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ศึกษา
	$\mu$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรหรือเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น
	$S$	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในกลุ่มที่ศึกษา
	$n$	แทน	ขนาดของกลุ่มที่ศึกษา
	$df$	แทน	ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ $n - 1$

### จริยธรรมในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการดำเนินการวิจัยในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องมีความระมัดระวังและความละเอียดรอบคอบในการดำเนินการวิจัย เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อผู้ร่วมการวิจัย ซึ่งการวิจัยนี้ได้รับการรับรองโครงการวิจัยที่ดำเนินการในมนุษย์จากหน่วยงานคณะกรรมการจริยธรรมตามหนังสือหมายเลข SWUEC-G-385/2565E เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2565 โดยดำเนินการวิจัยภายใต้หลักจริยธรรม 3 ประการ (ธาดา สืบหลินวงศ์, 2550, น. 5-6) ดังนี้

### 1. หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person)

ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยและประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างชัดเจนและให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้ตัดสินใจลงนามยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัย โดยผู้ที่เข้าร่วมการวิจัยสามารถขอถอนสิทธิในการเข้าร่วมได้ตลอดเวลา และผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ถอนสิทธิมาใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ปิดบังข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมการวิจัยไว้เป็นความลับ โดยการใส่รหัสหรือชื่อแทนข้อมูลจริงของผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อปกป้องข้อมูลและเก็บรักษาไว้เป็นความลับ

### 2. หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence, Non-Maleficence)

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ จากนั้นได้เลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมประสิทธิภาพในการเรียนรู้และเกิดประโยชน์สูงสุดแก่ตัวของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาที่ครอบคลุมตรงตามหลักสูตรเช่นเดียวกับนักเรียนคนอื่น ๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ลดความเสี่ยงต่อการเกิดความเครียดหรือแรงกดดันในการปฏิบัติภาระงานหรือไปกิจกรรมของผู้เข้าร่วมการวิจัย รวมถึงกระบวนการในการวิพากษ์วิจารณ์ที่อาจส่งผลให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกิดการบ่นทอนกำลังใจ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการกลุ่มเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ร่วมกันปฏิบัติภาระงานหรือไปกิจกรรมและให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันจนภาระงานเหล่านั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และส่งเสริมการสร้างบรรยากาศในการโต้แย้งให้มีความผ่อนคลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวิจัยนี้จะส่งผลต่อการออกแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นประโยชน์ต่อทั้งตัวคุณ นักเรียนและนักวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาสืบไป

### 3. หลักยุติธรรม (Justice)

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักความยุติธรรมและความเสมอภาคในมนุษย์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนมีสิทธิที่จะเลือกเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมในการวิจัยนี้ได้ อย่างเท่าเทียมกัน และผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะได้รับรู้ถึงสิทธิและบทบาทของตนก่อนการดำเนินการวิจัย โดยไม่แสวงหาผลประโยชน์จากการวิจัย และคำนึงถึงผลประโยชน์ของผู้เข้าร่วมการวิจัยให้มีความเสมอภาคกัน ปราศจากอคติต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังเปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มอื่น ได้รับการจัดการเรียนรู้เช่นเดียวกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อให้เกิดความเสมอภาคและความเท่าเทียมกันในการจัดการเรียนรู้

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ (1) ศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และ (3) ศึกษากระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยได้ดำเนินการวิจัยแบบผสมวิธี แบบแผนรองรับภายใน (Creswell & Plano Clark, 2011, p. 76) ซึ่งใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณเป็นหลัก และรองรับด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

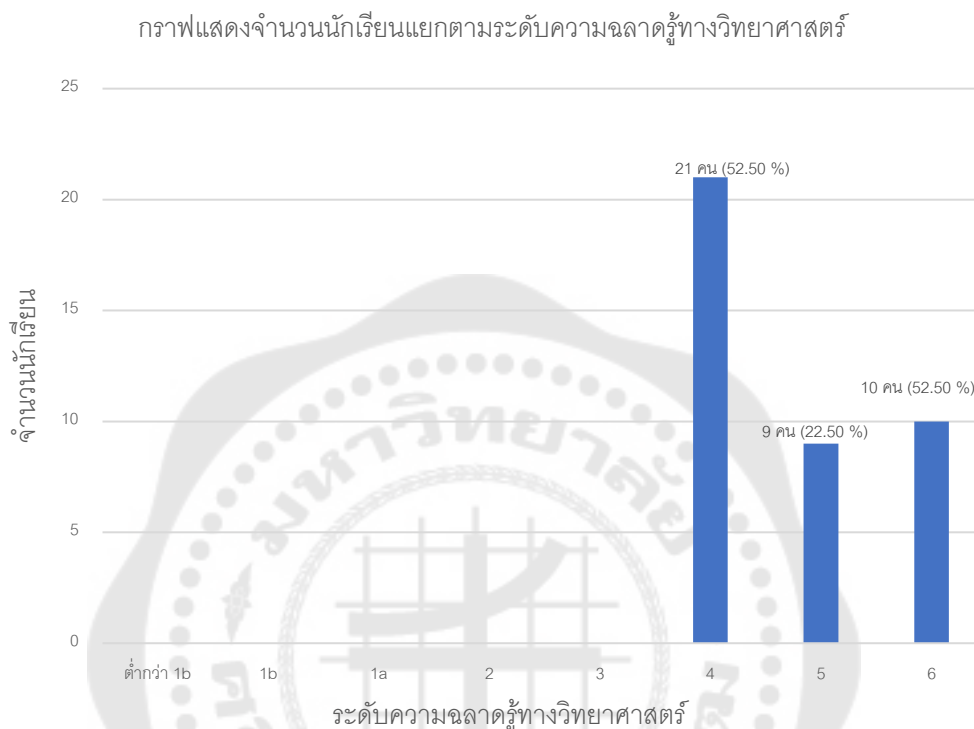
1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ
3. กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

#### 1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

##### 1.1 ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 40 คน หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง โดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ จำนวน 6 สถานการณ์ 18 ข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 18 คะแนน จากนั้นนำข้อมูลคะแนนรายบุคคลมาจัดระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของ OECD (2018) ที่แบ่งเป็น 7 ระดับ ตั้งแต่ระดับต่ำกว่า 1b จนถึงระดับ 6 ดังนี้ คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 90.54 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับ 6, คะแนนระหว่างร้อยละ 80.95-90.53 จัดอยู่ในระดับ 5, คะแนนระหว่างร้อยละ 71.48-80.94 จัดอยู่ในระดับ 4, คะแนนระหว่างร้อยละ 61.89-71.47 จัดอยู่ในระดับ 3, คะแนนระหว่างร้อยละ 52.43-61.88 จัดอยู่ในระดับ 2, คะแนนระหว่างร้อยละ 42.84-52.42 จัดอยู่ในระดับ 1a และคะแนน

ระหว่างร้อยละ 33.38-42.83 จัดอยู่ในระดับ 1b แล้วนับจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนอยู่ในแต่ละระดับของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ หาร้อยละ แล้วสร้างกราฟ ได้ผลดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนแยกตามระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 4 มากที่สุด จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 52.50 รองลงมาคือ ระดับ 6 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 และระดับ 5 จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และไม่พบนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับ 4

เมื่อนำผลความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ มาพิจารณาแยกตามรายสมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (A) สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (B) และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ (C) ได้ผลดังแสดงในตาราง 15



ตาราง 15 ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์รายสมรรถนะ

สมรรถนะ	คะแนน เต็ม	คะแนน สูงสุด	คะแนน ต่ำสุด	คะแนน เฉลี่ย	S.D.	ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย
A	6	6	4	5.24	0.48	87.33
B	6	6	3	4.19	0.35	69.83
C	6	6	3	5.02	0.51	83.67

จากตาราง 15 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละสมรรถนะสูงกว่าร้อยละ 50 โดยสมรรถนะที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 87.33) รองลงมาคือ สมรรถนะด้านการแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 83.67) และสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 69.83) ตามลำดับ

### 1.2 ร้อยละของนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 ขึ้นไป

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนอยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 16

ตาราง 16 การเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 ขึ้นไป กับเกณฑ์ร้อยละ 70

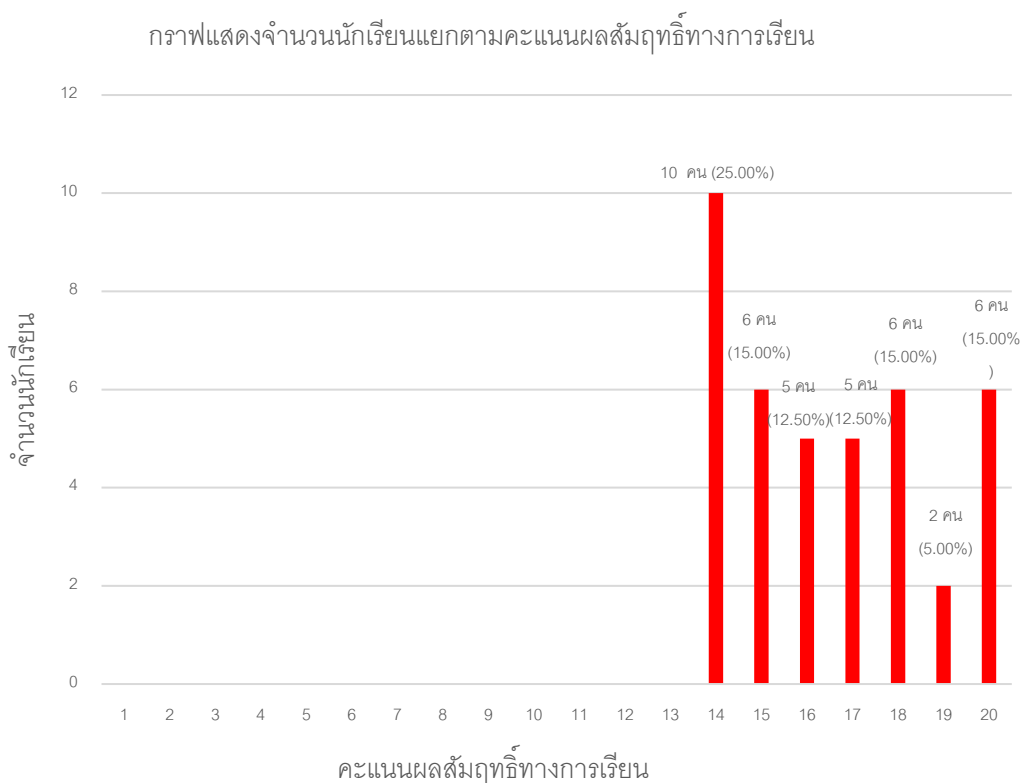
ระดับชั้น	n	คะแนน เต็ม	คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	S.D.	ระดับความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์	t	df	p
ม. 4	40	18	14.80 (82.22)	1.60	5	7.100	39	0.000

\*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 16 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเท่ากับ 14.8 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.22 โดยมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 5 (ดีเยี่ยม) จำนวนนักเรียนที่ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไปสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t = 7.100, p = .000$ )

## 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

ผู้วิจัยนำข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่เก็บรวบรวมได้จากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 40 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ จำนวน 20 ข้อ มาตรวจให้คะแนนและหาความถี่ของจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในแต่ละกลุ่มคะแนน หาร้อยละ แล้วสร้างกราฟ ได้ผลดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนแยกตามคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากภาพประกอบ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอยู่ที่ 14 คะแนน มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 25.00 รองลงมาคือนักเรียนที่ได้ 20 คะแนนเต็ม มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 ซึ่งเท่ากับกับนักเรียนที่ได้ 18 คะแนน ที่มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 และนักเรียนที่ได้ 15 คะแนน ที่มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 ส่วนนักเรียนที่ได้ 16 คะแนน มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 เช่นเดียวกับนักเรียนที่ได้ 17 คะแนน ที่มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 และนักเรียนที่ได้ 19 คะแนน มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.00 ตามลำดับ และนักเรียนทุกคนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการทดสอบค่าที่สำหรับกลุ่มตัวอย่างเดียว (One sample t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 17

ตาราง 17 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ระดับชั้น	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	S.D.	t	df	p
ม. 4	40	20	16.53	82.65	2.14	7.530	39	0.000

\*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 17 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเท่ากับ 16.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t = 7.530, p = .000$ )

### 3. กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากบันทึกหลังสอนท้ายแผนจำนวน 4 แผน ของผู้วิจัย (Record after lesson plan: R1-R4) แบบสังเกตการสอนจากผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมสังเกตการณ์อีกจำนวน 2 ท่าน รวม 3 ฉบับ (Observer: O1-O3) และไปกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 40 คน (Students Worksheets of Lesson Plan: S1P1-S40P4) แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงอุปนัย (Inductive Analysis) เพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 3 ที่มุ่งศึกษากระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหากระบวนการสำคัญ ผู้วิจัยได้แยกพฤติกรรมที่สะท้อนถึงสมรรถนะหลักทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้ง 3 สมรรถนะนี้เป็นองค์ประกอบหลักของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ จึงนำเสนอแยกตามสมรรถนะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

#### 3.1 สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอน แบบสังเกตการสอนจากผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมสังเกตการณ์ และไปกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นที่พฤติกรรมของนักเรียนที่สะท้อนถึงความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ พบกระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 10 ประการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

**3.1.1 ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับบริบทชีวิตจริง** เป็นการยกสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ใกล้เคียงกับบริบทชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และสามารถเข้าใจถึงบริบทของสถานการณ์ที่กำหนดมาให้ ซึ่งจะนำไปสู่ความมุ่งมั่นตั้งใจของนักเรียนที่จะค้นคว้าหาคำตอบเพื่อนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์นั้น ๆ ดังแสดงในตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูนำสู่บทเรียนด้วยการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับบริบทชีวิตจริงของนักเรียนดังเช่นกรณีการเสียชีวิตของดาราที่จุ่มแม่น้ำอย่างมีปริศนา จากนั้นจึงได้ใช้การตั้งประเด็นคำถาม เช่น นักเรียนคิดว่าดาราท่านนี้เสียชีวิต

จากอุบัติเหตุหรือการฆาตกรรม เพื่อให้นักเรียนได้นำเอาประสบการณ์หรือความรู้เดิมมาเชื่อมโยงในการตอบคำถาม และนำไปสู่การออกแบบวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลขั้นต่อไป”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนในห้องเรียนให้ความสนใจและสามารถตอบคำถามได้อย่างชัดเจน ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถดึงเอาความรู้เหล่านั้นมาตอบคำถามได้ และสามารถออกแบบกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 2)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูยกสถานการณ์การจมน้ำเสียชีวิตของดาราท่านหนึ่งที่เคยเป็นข่าวดังและเป็นที่น่าสนใจของประชาชน ซึ่งมีการถกเถียงกันในเรื่องของสาเหตุการเสียชีวิตที่ยังไม่แน่ชัดว่าเกิดจากอุบัติเหตุหรือการฆาตกรรมอำพรางคดี และครูได้มีการตั้งประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตของดาราท่านนี้ เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมในการตอบคำถามและการออกแบบกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูล”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนตั้งใจฟังสถานการณ์และให้ความสนใจเป็นอย่างมากเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครูได้นำมาใช้ มีความมุ่งมั่นในการถามตอบในประเด็นที่เกี่ยวข้องอยู่ตลอดเวลา โดยนักเรียนบางคนได้นำเอาประสบการณ์เดิมที่ได้ติดตามจากข่าวมาร่วมพูดคุยและนำมาตอบคำถาม”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O3 แผนที่ 2)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการเปิดคลิปวิดีโอทัศนศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปลอมแปลงเนื้อสัตว์ที่กำลังระบาดตามตลาดของไทย จากนั้นครูได้ตั้งประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้อง เช่น นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบการปลอมแปลงเนื้อสัตว์ได้อย่างไร การตรวจสอบเหล่านั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีดีเอ็นเอหรือไม่ เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในบริบทของสถานการณ์ว่าจะต้องดำเนินการอย่างไรในการตรวจสอบการปลอมแปลงเนื้อสัตว์และนำไปสู่การออกแบบกระบวนการตรวจสอบ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนมีความตั้งใจในการดูคลิปวิดีโอทัศนศึกษาการปลอมแปลงเนื้อสัตว์ โดยนักเรียนบางคนได้มีการจรรยาละเอียดที่ได้จากข่าวลงไปบนกระดาษ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาคำตอบต่อไป ซึ่งหลังจากที่คลิปดังกล่าวจบ นักเรียนทั้งห้องได้มีการร่วมพูดคุยถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เช่น เคยพบเห็นเหตุการณ์แบบเดียวกันนี้ที่ตลาดแถว

บ้านของนักเรียน การตรวจสอบด้วยการดูอย่างเดียวยังคงไม่เพียงพอต้องใช้การตรวจสอบสารพันธุกรรมเข้ามาช่วยจึงจะชัดเจน เป็นต้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

**3.1.2 ครูนำเข้าสู่คำถามนำและภาระงาน** เป็นการนำเข้าสู่คำถามนำเพื่อกระตุ้นความสนใจใคร่รู้ของนักเรียน และภาระงานที่นักเรียนจะต้องดำเนินการ ซึ่งเปรียบเสมือนเข็มทิศในการค้นคว้าหาคำตอบของนักเรียน และจะนำไปสู่การค้นคว้าหาข้อมูลหลักฐานเพื่อนำมาตอบคำถามและสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูยกเหตุการณ์เสียชีวิตของดาราที่ตกลงไปในแม่น้ำ จากนั้นได้นำไปสู่ประเด็นของคำถามนำที่นักเรียนจะต้องร่วมกันหาคำตอบ ซึ่งครูผู้สอนได้อธิบายถึงภาระงานที่ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 2.1 เพื่อร่วมกันออกแบบและรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานต่าง ๆ ที่ครูได้เตรียมเอาไว้ให้ ซึ่งมีด้วยกัน 4 หลักฐาน คือ ภาพในที่เกิดเหตุ หลักฐานประวัติผู้ต้องสงสัย หลักฐานจากหมู่เลือด และหลักฐานจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “เมื่อนักเรียนได้ฟังประเด็นคำถามนำและการอธิบายเกี่ยวกับภาระงานจากครูผู้สอนแล้ว นักเรียนจึงจับกลุ่มเพื่อร่วมกันทำกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ครูผู้สอนได้มอบหมายเกี่ยวกับกระบวนการในการสืบเสาะและเก็บรวบรวมข้อมูล”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “หลังจากที่ครูได้ยกสถานการณ์ขึ้นมาพูดคุยแล้ว ครูจึงนำเข้าสู่ประเด็นคำถามนำที่ว่า เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไหมหรือไม่ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันออกแบบและตรวจสอบเพื่อหาคำตอบ โดยครูได้อธิบายถึงภาระงานที่นักเรียนจะต้องร่วมกันทำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการหาคำตอบของประเด็นคำถามนำ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบกระบวนการในการสืบเสาะและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีการแบ่งหน้าที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามประเด็นของคำถามที่อยู่ในใบกิจกรรม”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)



“ครูผู้สอนมีการตั้งประเด็นคำถามนำและมีการระบุภาระงานที่ชัดเจน จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถออกแบบกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้”

(บันทึกหลังสอน R2 แผนที่ 2)

**3.1.3 ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน** เป็นขั้นตอนที่ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จำเป็นเพื่อใช้ในการตอบคำถามนำ และใช้เป็นแนวทางการหาคำตอบของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อการตอบคำถามนำและสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 5

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนแจกใบกิจกรรมที่ 1.1 เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางแผนวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในใบกิจกรรมจะมีประเด็นคำถามที่สำคัญ เช่น นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลได้บ้าง นักเรียนจะรวบรวมข้อมูลนั้นอย่างไร ข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปสู่การตอบคำถามนำได้หรือไม่ อย่างไร เป็นต้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมมือกันในการออกแบบและวางแผนวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามประเด็นคำถามที่มีอยู่ในใบกิจกรรม โดยจะมีการแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการทำงาน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาร่วมกันวิเคราะห์และเขียนคำตอบในแต่ละประเด็นของคำถามในใบกิจกรรมให้ครบถ้วนสมบูรณ์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมการออกแบบและวางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามประเด็นต่าง ๆ ที่ครูได้วางไว้ในคำถามของใบกิจกรรม”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนช่วยกันออกแบบและวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งกันไปหาข้อมูลจากหลากหลายแหล่งแล้วมาข้อมูลเหล่านั้นมาร่วมกันวิเคราะห์และตอบคำถามในใบกิจกรรม”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนร่วมกันออกแบบกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผ่านการทำใบกิจกรรมที่มีคำถามเป็นลำดับขั้นตอน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามในใบกิจกรรมได้”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O3 แผนที่ 2)

การออกแบบวิธีการหาคำตอบ

1. หลักฐานที่ต้องใช้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง (นักเรียนคิดว่าหลักฐานที่ต้องการเพื่อใช้ยืนยันข้อกล่าวอ้าง/คำตอบ มีอะไรบ้าง)

1. ลักษณะของเนื้อของวุ้น
2. วิธีการฟอกย้อมเนื้อของวุ้น
3. ลักษณะสีของเนื้อของวุ้น

2. แหล่งที่มาของข้อมูลหรือหลักฐาน (นักเรียนคิดว่าจะได้หลักฐานข้างต้นมาได้อย่างไร โดยแหล่งที่มาของข้อมูลจะต้องมีความน่าเชื่อถือ)

1. หนังสือนัก DNA และกรรมวิธานด้วยกล้องจุลทรรศน์ จาก <https://www.youtube.com/watch?v=DMOHVvHVAUg>
2. บทความทางวิชาการของอินทร์จันทนา พจนนุ หรือ ไร่ จาก <http://www.dnatec.hps.ku.ac.th/article-5.php>
3. หนังสือนักชีววิทยาเซลล์ เรื่องนิวคลีโอไทด์

3. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐาน (นักเรียนมีขั้นตอนในการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูลอย่างไร)

1. ระบุสมมติฐาน
2. ทำการทดลอง ตรวจสอบ สืบข้อมูลลง-รวบรวม
3. ใช้หลักการคัดกรองสารของแข็ง และวางใจสั่ง

คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและออกแบบการดำเนินการหาคำตอบของคำถามนำ

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S12P3) ที่บันทึกข้อมูลการวางแผนและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามว่า “เนื้อบดนี้เป็นเนื้อของวุ้นหรือไม่”

**3.1.4 นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน** เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นเป็นกลุ่มที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) คำชี้แจงต่อหลักฐานหรือการให้เหตุผล โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง ซึ่งทำให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น ดังแสดงในตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวจากคำถามนำที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี นอกจากนี้ครูผู้สอนให้นักเรียนได้คิดถึงแนวคิดที่ต่อต้านกับแนวคิดของกลุ่มตนเอง”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวได้จาก การวิเคราะห์ แปลผลข้อมูล หลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนหลักฐานที่มีความเชื่อมโยงกัน”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

ดังตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนที่บันทึกข้อมูลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี ในภาพประกอบ 6

<p>คำถามนำ</p> <p>กรณีชีวิตของตำรวจท่านนี้ เป็นอย่างไรบ้าง?</p>	
<p>ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป</p> <p>กรณีชีวิตของ ตำรวจท่านนี้ เป็นกรณีฆาตกรรม โดย 1 กับ 3 ร่วมมือกัน ฆาตกรรมคนที่ 2 และคนที่ 2 เป็นใจกับฆาตกรรม</p>	
<p>หลักฐาน</p> <p>1. พบรอยนิ้วมือที่จุดใดจุดหนึ่ง คนที่ 1, 2, 5 พบรอยนิ้วมือที่ 1 พบ คราบดินที่ 1 และ 2</p> <p>2. คราบเลือดที่ 1 ที่ติดอยู่ที่ 1 และ 2 ซึ่งติดกับ คราบเลือดที่ 1 พบในที่เกิดเหตุของ ผู้ต้องสงสัย คนที่ 3 จากตัวนี้ คร</p>	<p>คำชี้แจงต่อหลักฐาน</p> <p>จากตัวนี้ คร จมน้ำผู้ต้องสงสัย คนที่ 1 เป็นใจกับ 1 และ 2 ต่อมาเขาซ่อนหลักฐาน เป็นหลักฐาน และ 2 เขาเป็น 1 และ 2 กับ 1 และ 2 ผู้ต้องสงสัย คนที่ 3 เป็นเพื่อนของ 1 และ 2 และ 3 คร จมน้ำผู้ต้องสงสัย 1 และ 2 กับ 1 และ 2</p> <p>สรุป กรณีชีวิตของ ตำรวจท่านนี้ เป็นกรณีฆาตกรรม โดย 1 กับ 3 ร่วมมือกัน และ คนที่ 2 เป็นใจกับ 1 และ 2</p>

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของนักเรียน (S32P2)

เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้เขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน ว่าปลากัดเรืองแสง เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในกลุ่มร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยนำหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากกระบวนการตรวจสอบข้อมูลมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มตนเอง”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

ดังตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนที่บันทึกข้อมูลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ ในภาพประกอบ 7

คำถามนำ : ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ อชายาว	
ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	
<b>หลักฐาน</b> ปลากัดเรืองแสงเป็นปลาที่วัดรับกรดอะมิโน- กรรรม และใช้เทคนิค PCR นำชิ้นดีเอ็นเอจากแม่ปลาและพ่อปลา ออกไปหาลำโพงหรือไปใส่ลงใน DNA	<b>คำชี้แจงต่อหลักฐาน</b> ที่วัดดัดแปรพันธุกรรม เป็นหน้าชั้นฟ้าใส่ใน DNA หรือสอดดัดแปลงกับลำโพงของปลากัดเรือง แสง

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของนักเรียน (S14P1)  
 เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่

**3.1.5 นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม** ครูให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันต่อประเด็นคำถามนำที่กำหนดให้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งชั่วคราวบนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐานที่ใช้สำรวจตรวจสอบกับกลุ่มอื่น ๆ ผ่านการกระบวนกรโต้แย้งเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด ซึ่งทำให้นักเรียนได้มีการขัดเกลาข้อโต้แย้งของตนเองให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ก่อนที่จะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือต่อไป ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน ตัวอย่างข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 8

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนได้อธิบายความหมายและวิธีการในการทำกิจกรรมการโต้แย้ง โดยให้นักเรียน 1 คน ในแต่ละกลุ่มเป็นผู้อยู่ประจำกลุ่มเพื่อนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองกับผู้อื่น ส่วนคนอื่น ๆ ในกลุ่มให้ไปวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ หลังจากนั้นครูผู้สอนจะคอยเดินดูการโต้แย้งในแต่ละกลุ่ม เพื่อสร้างบรรยากาศในการโต้แย้ง

ที่เหมาะสมและควบคุมการโต้แย้งที่นอกเหนือจากประเด็น เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการโต้แย้ง ครูผู้สอนจะให้นักเรียนแต่ละคนกลับมายังกลุ่มของตนเอง แล้วร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกลุ่มอื่น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในแต่ละกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการโต้แย้ง โดยมอบหมายให้เพื่อน 1 คนอยู่ประจำกลุ่ม ส่วนที่เหลือไปร่วมการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการโต้แย้งในประเด็นของหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ส่วนประเด็นข้อกล่าวอ้างของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อจบกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่แต่ละคนได้รับมาจากกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากไม่ นักเรียนจะร่วมกันพิจารณาปรับปรุงข้อกล่าวอ้างใหม่”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูเป็นผู้คอยควบคุมกิจกรรมการโต้แย้ง โดยกำหนดบทบาทของแต่ละนักเรียนคนว่าจะต้องทำอะไรในกิจกรรมการโต้แย้ง และหลังจากการโต้แย้งเสร็จครูจะให้นักเรียนกลับมารวมกลุ่มเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งมาอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกัน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนได้ร่วมกันโต้แย้งและวิจารณ์ข้อโต้แย้งทั้งของกลุ่มตนเองและของเพื่อนกลุ่มอื่น โดยหลังจากการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนก็ได้กลับมาที่กลุ่มเพื่อนำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น มาอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่มว่าข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองแข็งแรงพอหรือไม่ ถ้าไม่จะปรับเปลี่ยนอย่างไร เพื่อให้ข้อโต้แย้งของตนเองสมบูรณ์มากที่สุด”

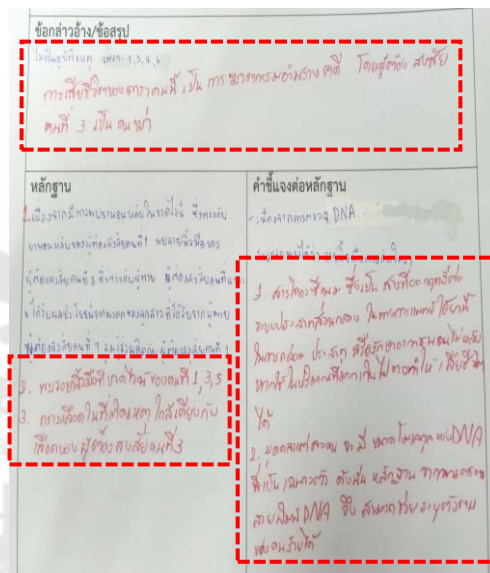
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

“นักเรียนสามารถโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้บนหลักฐานและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ และไม่พบนักเรียนคนใดที่โต้แย้งนอกเหนือจากประเด็นที่กำลังศึกษา โดยนักเรียนได้ร่วมกันพูดคุยและพิจารณาถึงประเด็นข้อโต้แย้งที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับมากที่สุด ซึ่งหลังจากกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะกลับมาร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งเพื่อพัฒนา ปรับปรุงและขัดเกลาข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนให้มีความน่าเชื่อถือและมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลหรือ



วิเคราะห์ข้อมูลใหม่ เพื่อให้ได้ข้อโต้แย้งที่สมบูรณ์มากที่สุด และเขียนข้อมูลเหล่านั้นเพิ่มเติมลงไป  
ในใบกิจกรรม”

(บันทึกหลังสอน R2)



ภาพประกอบ 8 นักเรียนทำกิจกรรมโต้แย้งระหว่างกลุ่มและปรับปรุงข้อโต้แย้งใหม่ (S4P2)  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี

**3.1.6 นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม** ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการลงข้อสรุปตามหลักฐานที่ปรากฏ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เพื่อให้ได้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากที่สุด ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน ตัวอย่างข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 9

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มได้เล่าถึงประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ข้อโต้แย้ง และความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่ออภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในชั้นเรียน จากนั้นครูผู้สอนได้ให้นักเรียนทำกิจกรรมการสร้างดีเอ็นเอลูกผสมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการและขั้นตอนในการทำพันธุวิศวกรรม และครูผู้สอนได้อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมโดยใช้การ



บรรยายร่วมกับสื่อวีดิทัศน์ หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสะท้อนคิดเกี่ยวกับจุดแข็ง และจุดอ่อนของการสำรวจตรวจสอบในกลุ่มตนเองพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแนวทางในครั้งถัดไป”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนได้ร่วมกันพูดคุยและอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลน ซึ่งเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถามนำ และนักเรียนได้นำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อนำไปใช้ในการลงข้อสรุปเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนทั้งห้องร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นที่ได้จากการทำกิจกรรมเช่น กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ หลักฐาน ข้อมูล เหตุผลที่ใช้สนับสนุนข้อโต้แย้ง รวมถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ จากนั้นครูจึงเสริมด้วยองค์ความรู้เรื่อง พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน และกิจกรรมการจำลองการตัดต่อพันธุกรรม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในหลักการและขั้นตอนของการตัดต่อพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทั้งห้องได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นที่ครูได้กำหนดขึ้น โดยมีนักเรียนบางส่วนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยกับเพื่อน เช่น มีนักเรียนคนหนึ่งที่พูดขึ้นมาว่า ปลากัดเรืองแสงมันสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ เหมือนกันแมงกะพรุนเรืองแสง แต่มีนักเรียนอีกคนโต้กลับมาว่า ปลากัดเรืองแสงมันเป็นไปไม่ได้ มันต้องเกิดจากการตัดต่อยีนข้ามสายพันธุ์ แต่เมื่อหลังจากครูได้เพิ่มเติมองค์ความรู้ก็ทำให้นักเรียนมีความคิดเห็นไปในทางเดียวกันคือ ปลากัดเรืองแสงต้องถูกตัดต่อพันธุกรรม”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

“นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการในการสืบเสาะและการสำรวจตรวจสอบข้อมูล เพื่อยืนยันว่าข้อกล่าวอ้างหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความน่าเชื่อถือเพียงใด โดยครูได้ให้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และแนะนำแนวทางหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มเติมให้กับนักเรียน จากนั้นนักเรียนได้นำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการสะท้อนคิดและอภิปรายร่วมกันมาใช้ในการลงข้อสรุปเพื่อ

ปรับปรุงและพัฒนาข้อโต้แย้งหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน R1)

<b>คำถามนำ</b> ปรากฏการณ์แสงใดที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันหรือไม่ อย่างไร	
<b>ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป</b> ปรากฏการณ์แสงใดที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน	
<b>หลักฐาน</b> แสงสีฟ้าที่เห็นได้จากหลอดไฟหรือหลอดไฟที่เห็นเป็นสีฟ้าในหลอดไฟที่ติดอยู่บนผนังห้องนอน ปรากฏการณ์การหักเหของแสงที่เห็นได้ชัดเมื่อมองดูวัตถุใต้น้ำที่ดูตื้นกว่าความเป็นจริง	<b>คำชี้แจงต่อหลักฐาน</b> <del>สีฟ้าที่เห็นจากหลอดไฟจากการหักเหของแสง</del> <del>สีฟ้าที่เห็นจากหลอดไฟจากการหักเหของแสง</del> เพราะใช้ดูบนถนนทางผิวจราจร โดยถนนที่เห็นจากหลอดไฟที่เห็นได้ชัดในหลอดไฟที่ติดอยู่บนผนังห้องนอน สีที่เห็นเด่นชัดมาเมื่อมองดูวัตถุใต้น้ำที่ดูตื้นกว่าความเป็นจริง คำกล่าวอ้างปรากฏการณ์การหักเหของแสงที่เห็นได้ชัดเมื่อมองดูวัตถุใต้น้ำที่ดูตื้นกว่าความเป็นจริง

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียนที่มีการปรับปรุงข้อโต้แย้งชั่วคราวหลังจากการสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดเพิ่มเติม เรื่อง ปรากฏการณ์แสงเป็นสิ่งมีชีวิตตัดแปรพันธุกรรมหรือไม่

3.1.7 นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล ครูใช้ประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นและเป็นแนวทางให้นักเรียนในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ข้อโต้แย้งที่ผ่านการประเมินโดยเพื่อนและแก้ไขปรับปรุงในกิจกรรมการโต้แย้งมาแล้ว ทำให้นักเรียนได้กลั่นกรองความคิด และส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนข้อสรุปจากหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน ตัวอย่างข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนในภาพประกอบ 10 และ ภาพประกอบ 11

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนได้ชี้แจงถึงขั้นตอนในการเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล โดยให้นักเรียนแต่ละคนนำเอาข้อโต้แย้งจากกลุ่มที่ผ่านการ

ประเมินและปรับปรุงแก้ไขโดยเพื่อนในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งเป็นข้อโต้แย้งที่ทุกคนในห้องเห็นตรงกันว่ามีคุณค่าและสมบรูณ์มากที่สุด มาใช้ในการเขียนรายงานตามใบกิจกรรมที่ 1.3 ซึ่งมีประเด็นคำถาม 3 ข้อ คือ 1) คำถามที่นักเรียนกำลังหาคำตอบคืออะไร และทำไม 2) นักเรียนทำอะไร และทำไมจึงทำเช่นนั้น และ 3) คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนได้ลงมือเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง โดยมีการตอบคำถามในแต่ละประเด็น เช่น คำถามที่ต้องการหาคำตอบคือ ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ เนื่องจากปลากัดปกติไม่สามารถเรืองแสงเองได้ ดังนั้นปลากัดที่เรืองแสงได้จึงเป็นคำถามที่มีความน่าสนใจและจำเป็นต้องหาคำตอบที่อธิบายได้ เป็นต้น ซึ่งรายงานของนักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากนักเรียนได้ใช้ข้อโต้แย้งที่เป็นที่ยอมรับของเพื่อนมากที่สุดในห้องเรียนมาใช้ในการเขียนรายงานของแต่ละคน”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

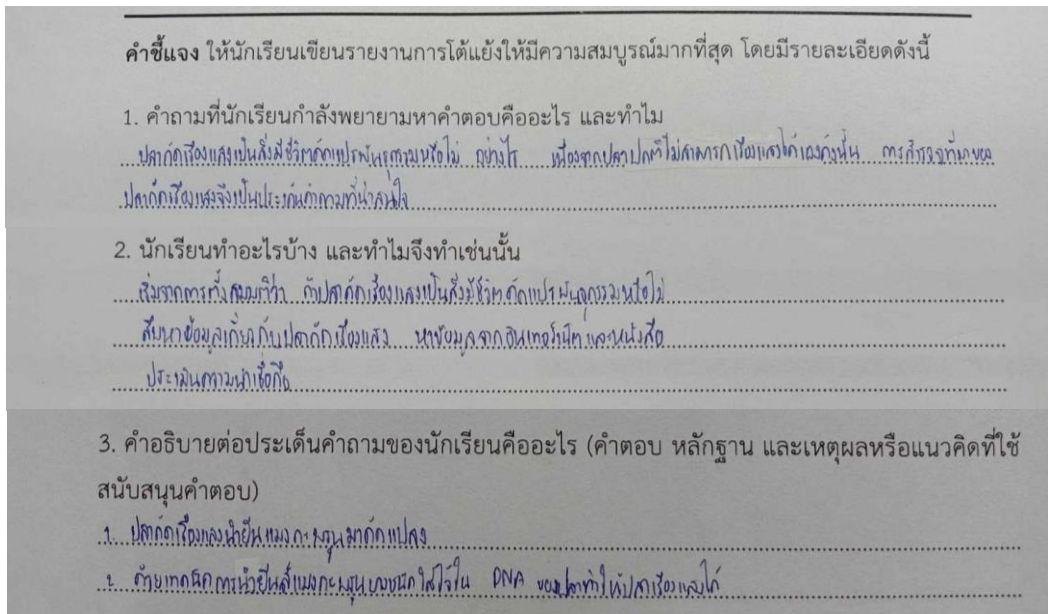
การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูใช้กิจกรรมให้นักเรียนได้เขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งในใบกิจกรรมนั้นจะมีคำถามที่เป็นแนวทางในการเขียนรายงานให้กับนักเรียน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบ โดยนำข้อโต้แย้งที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของเพื่อนทุกคนในห้องมาใช้เป็นแนวทางในการเขียนรายงาน และพบว่ามีนักเรียนบางคนที่ไม่มั่นใจจะคอยเรียกครูมาถามว่าทำถูกต้องหรือไม่ แต่สุดท้ายแล้วนักเรียนทุกคนก็สามารถเขียนรายงานได้สำเร็จ”

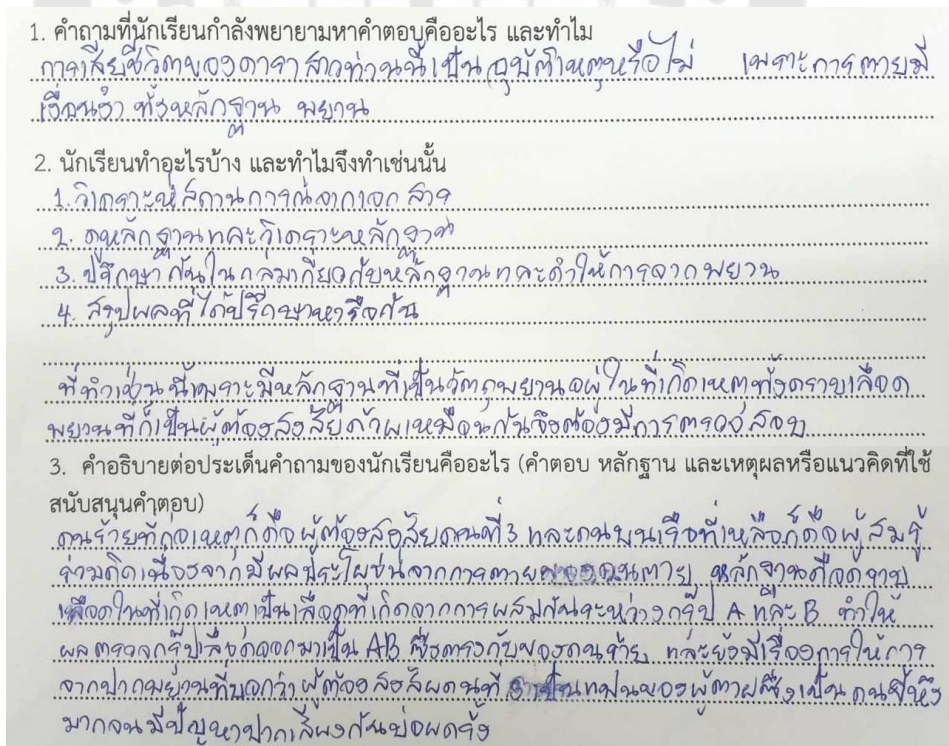
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

“นักเรียนแต่ละคนนำข้อโต้แย้งของเพื่อนที่ผ่านการประเมินจากการโต้แย้งและเป็นที่ยอมรับของทุกคนในห้องเรียน โดยนักเรียนจะต้องถ่วงถ่วงความคิดและข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งไปปรับปรุงแก้ไขและนำมาใช้ในการเขียนรายงานหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปจากหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งครูจะคอยใช้ประเด็นคำถามในการกระตุ้นและเป็นแนวทางในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง”

(บันทึกหลังสอน R2)



ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S21P1) ที่มีการเขียนรายงานการโต้แย้ง เป็นรายบุคคล เรื่อง ปลวกกัดเรื่องแสงเป็นสิ่งที่ชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมหรือไม่



ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S39P3) ที่มีการเขียนรายงานการโต้แย้ง เป็นรายบุคคล เรื่อง เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไหมหรือไม่



**3.1.8 นักเรียนประเมินและให้ข้อเสนอแนะต่อเพื่อน** ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนจำนวน 3 ชุด ตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน พร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่นักเรียนผู้เป็นเจ้าของรายงาน ทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของเพื่อน เพื่อนำไปปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนโดยเพื่อน ในภาพประกอบที่ 12

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละคนตรวจสอบการเขียนรายงาน โดยแต่ละคนจะต้องประเมินรายงานจำนวน 3 ฉบับตามประเด็นในแบบประเมินรายงานที่ครูผู้สอนแจกให้พร้อมกัน เมื่อเสร็จแล้วครูผู้สอนได้รวบรวมรายงานและแบบประเมินรายงานกลับคืนมา โดยไม่ระบุตัวตนของเจ้าของรายงาน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนได้รับการฝึกให้ประเมินการเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ๆ จำนวน 3 คน ตามแบบประเมินรายงานที่มีทั้งรูปแบบมาตรวัดประมาณค่า 4 ระดับ และทำให้เหตุผลเพิ่มเติมถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานฉบับนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ โดยพบว่า มีนักเรียนหลายคนประเมินให้รายงานของเพื่อนไม่ผ่าน พร้อมทั้งให้เหตุผล เช่น หลักฐานที่นำมาอ้างนั้นยังไม่สมบูรณ์ หลักฐานไม่สอดคล้องกับเหตุผลที่นำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เป็นต้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนแต่ละคนเป็นผู้ประเมินรายงานของเพื่อนคนละ 3 ฉบับ โดยที่ไม่ระบุตัวตน ตามแบบประเมินรายงานที่ครูแจก เมื่อประเมินเสร็จ ครูให้นักเรียนนำรายงานและแบบประเมินมาส่งที่ครู”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนประเมินรายงานของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับตามเกณฑ์การประเมินแบบรายงาน โดยมีนักเรียนส่วนน้อยที่ใส่ข้อมูลหรือเหตุผลเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายงานของเพื่อน เช่น หลักฐานที่นำมาใช้ยังไม่เพียงพอต่อการสรุปว่าปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นต้น และผลการประเมินรายงานส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีถึงดีมาก”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 2)

แบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน

ผู้รับการประเมิน 5

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
<b>ส่วนที่ 1 เป้าหมาย</b>				
ผู้เขียนได้อ้างถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบ		✓		
ผู้เขียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบครบถ้วนครอบคลุมหรือไม่	✓			
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบว่ามีประโยชน์หรือทำให้ค้นพบสิ่งใดหรือไม่		✓		
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ผ่านหรือพอใช้ ( <u>เก็บข้อมูล เป็นการสังเกตของตัวเราที่ไปขอใบ</u> <u>เนตหรือไม่, เก็บเพื่อนของนักเรียนให้มากขึ้น</u> )				
<b>ส่วนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ</b>				
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการทำงานของเขาหรือไม่			✓	
ผู้เขียนใช้วิธีการหรือกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ชัดเจนเหมาะสมต่อการใช้ข้อมูลที่ได้หรือไม่			✓	
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้				
<b>ส่วนที่ 3 ข้อได้แก่</b>				
ผู้เขียนได้แสดงคำอธิบายที่ชัดเจนและเพียงพอในการตอบประเด็นคำถามหรือสถานการณ์หรือไม่			✓	
คำอธิบายข้อกล่าวอ้างของผู้เขียนสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับผลการสำรวจตรวจสอบหรือไม่			✓	
ผู้เขียนใช้หลักฐานหรือข้อมูลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่		✓		
ผู้เขียนมีหลักฐานเพียงพอในการสนับสนุนคำอธิบายของข้อกล่าวอ้างหรือไม่		✓		

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
หลักฐานของผู้เขียนมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่	✓			
คำอธิบายของผู้เขียนเหมาะสมต่อหลักฐานหรือข้อมูลทั้งหมดหรือไม่		✓		
การให้เหตุผลของผู้เขียนเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่	✓			
คำอธิบายของผู้เขียนสอดคล้องกับข้อมูลการวิพากษ์ในชั้นเรียนครบถ้วนหรือไม่		✓		
ผู้เขียนได้แสดงข้อความในเชิงลบหรือไม่เหมาะสมออกมาหรือไม่	✓			
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ( <u>เพิ่มคำถามเพื่อให้นักเรียน และ ให้นักเรียนมา</u> <u>แสดง ข้ออุปมา</u> )				
<b>การเขียนรายงาน</b>				
เนื้อหาของรายงานแสดงความคิดของผู้เขียน และให้ข้อมูลเชิงลึกหรือไม่	✓			
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วน หรือไม่	✓			
ผู้เขียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง เข้าใจง่ายเหมาะสมต่อรายงานหรือไม่			✓	

ที่มา: Walker, Sampson Zimmerman (2011)

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม  
เพิ่มเพื่อนหลักฐานมาอย่างครบถ้วน

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี

3.1.9 นักเรียนทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ครูให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน ทำให้นักเรียนได้ทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 13 และภาพประกอบ 14

การจัดการเรียนรู้ของคุณครู: “ครูผู้สอนคืนรายงานพร้อมแบบประเมินรายงานให้กับเจ้าของรายงานเพื่อนำไปให้นักเรียนแต่ละคนได้กลับไปทบทวนรายงานของตนเองและพิจารณาผลการประเมินรายงานหรือข้อเสนอแนะในแบบประเมิน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนพิจารณารายงานของตนเองตามผลการประเมินที่ได้จากแบบประเมินรายงาน พร้อมทั้งปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการปรับปรุงรายงานเพียงเล็กน้อยในบางประเด็น เช่น เพิ่มหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อให้ข้อโต้แย้งมีความสมบูรณ์ เป็นต้น และผลการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีถึงดีมาก”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)



เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
หลักฐานของผู้เขียนมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่	✓			
คำอธิบายของผู้เขียนเหมาะสมต่อหลักฐานหรือข้อมูลทั้งหมดหรือไม่		✓		
การให้เหตุผลของผู้เขียนเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่	✓			
คำอธิบายของผู้เขียนสอดคล้องกับข้อมูลการวิจัยในชั้นเรียนครบถ้วนหรือไม่		✓		
ผู้เขียนได้แสดงความคิดเห็นเชิงลบหรือไม่เหมาะสมออกมาหรือไม่	✓			
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ผ่านหรือพอใช้				
เพิ่มความน่าเชื่อถือให้มากขึ้น และหาหลักฐานมาแสดงข้ออธิบาย				
การเขียนรายงาน				
เนื้อหาของรายงานแสดงความคิดของผู้เขียน และให้ข้อมูลเชิงลึกหรือไม่	✓			
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วน หรือไม่	✓			
ผู้เขียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง เข้าใจง่ายเหมาะสมต่อรายงานหรือไม่			✓	

ที่มา: Walker, Sampson Zimmerman (2011)

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม  
เพิ่มเนื้อหาหลักฐานมาอธิบายครบถ้วน

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)  
 ลากคำให้การของพี่ต้องลึกลับที่ 1 เป็นโรคซึมเศร้าต้องทนยาเป็นประจํา และไม่ต้องลึกลับทั้ง ที่เป็นแผนของพี่ตาม คัมภีร์สิริภินธร 3 และสาเหตุการที่ไม่มีการพบตัวคน คิดด โอ้อิสระไป รวดเร็วแล้วนั้นความ ตัดสินกับ พี่ต้องลึกลับ ที่ 3

ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S3P2) ที่ปรับปรุงรายงานตามข้อเสนอแนะ ในแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนเจ้าของรายงานนำรายงานและผลการประเมินที่ได้จากเพื่อนไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงงานของตนเองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินมาปรับปรุงและพัฒนางานของตนเอง ซึ่งมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่เห็นด้วยกับข้อเสนอแนะของเพื่อน และได้ให้เหตุผลไปว่าทำไมถึงไม่เห็นด้วย”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)

แบบประเมินรายงานการตรวจสอบโดยเพื่อน

ผู้รับการประเมิน 37

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
<b>ส่วนที่ 1 เป้าหมาย</b>				
ผู้เขียนได้อ้างถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่ได้ตรวจสอบ			✓	
ผู้เขียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบถ้วนครอบคลุมหรือไม่			✓	
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบว่ามีประโยชน์หรือทำให้ค้นพบสิ่งใดหรือไม่	✓			
<b>ข้อบกพร่องที่ผู้เขียนประเมินหัวข้องานที่ไม่ครบหรือผิด</b>				
ไม่ได้ อธิบายให้ชัดเจน รายละเอียดไม่ละเอียด				
วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน				
<b>ส่วนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ</b>				
ผู้เขียนได้อธิบายถึงการทำงานของตนเองหรือไม่			✓	
ผู้เขียนใช้วิธีการหรือกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ชัดเจนเหมาะสมต่อการใช้อ้างอิงที่แสดงหรือไม่		✓		
<b>อธิบายถึงสาเหตุที่ผู้เขียนประเมินหัวข้องานที่ไม่ผ่านหรือพอใช้</b>				
มีจุด ขาด sót ไม่ละเอียด				
วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน				
วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน				

1. คำว่าที่นักเรียนกำลังพยายามหาคำตอบคืออะไร และทำไม การเขียนถึงจุดสังเกตที่ผ่านเป็นจุดเริ่มต้นที่ดี เพื่อสืบค้นมาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับข้อบกพร่องนี้

2. นักเรียนทำอะไรบ้าง และทำไมจึงทำเช่นนั้น

1. อ่านสัญญาณการวัด ค่าในกราฟของคลื่นเสียงที่ 3. คม
2. วัดระยะของคลื่น และสังเกตความถี่
3. วัดระยะของคลื่น
4. สังเกตลักษณะคลื่นที่เกิดขึ้นกับทุก ๆ หนึ่งวินาที 3. คม และนำไปเปรียบเทียบลักษณะของคลื่น
5. นำผลการวัดมาเขียนสรุป
6. สรุปผล

เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการสังเกตการณ์เกี่ยวกับคลื่นเสียงที่วัดค่าของคลื่นเสียง

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

การเขียนถึงจุดสังเกตที่ผ่านเป็นจุดเริ่มต้นที่ดี เพื่อสืบค้นมาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับข้อบกพร่องนี้

วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน

วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน

วิธีการประเมินไม่ครบถ้วน ประเด็น ที่ขอตรวจสอบยังไม่ครบถ้วน

ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S11P2) ที่มีการให้เหตุผลของเจ้าของรายงาน เพื่อไม่แก้ไขรายงานในแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี

3.1.10 นักเรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ครูให้นักเรียนได้แก้ไข ปรับปรุงข้อสรุปหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสะท้อนคิดให้มีความน่าเชื่อถือและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนได้แก้ไข ปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นครั้งสุดท้าย เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนที่ ในภาพประกอบ 15 ภาพประกอบ 16 และภาพประกอบที่ 17

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขรายงานของตนเองให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้นจากการทบทวนรายงานของตนเองและพิจารณาผลการประเมินรายงานหรือข้อเสนอแนะในแบบประเมินที่เพื่อนประเมินให้ แล้วเขียนชื่อของตนเองก่อนนำมาส่งให้กับครูผู้สอน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนปรับปรุงรายงานตามข้อเสนอแนะ โดยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการปรับปรุงรายงานเพียงเล็กน้อยในบางประเด็น เช่น เพิ่มหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อให้ข้อโต้แย้งมีความสมบูรณ์ เปลี่ยนแหล่งที่มาของข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือขึ้น เป็นต้น”

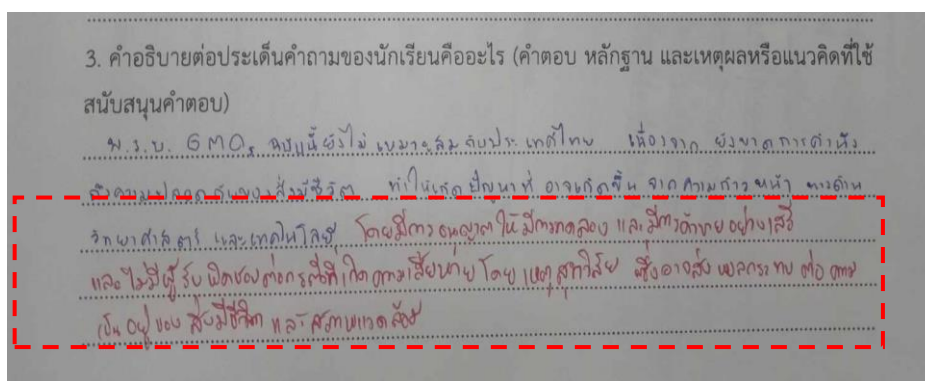
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)



การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูส่งคืนรายงานและผลการประเมินให้กับนักเรียนที่เป็นเจ้าของรายงาน เพื่อนำข้อเสนอแนะไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองต่อไป”

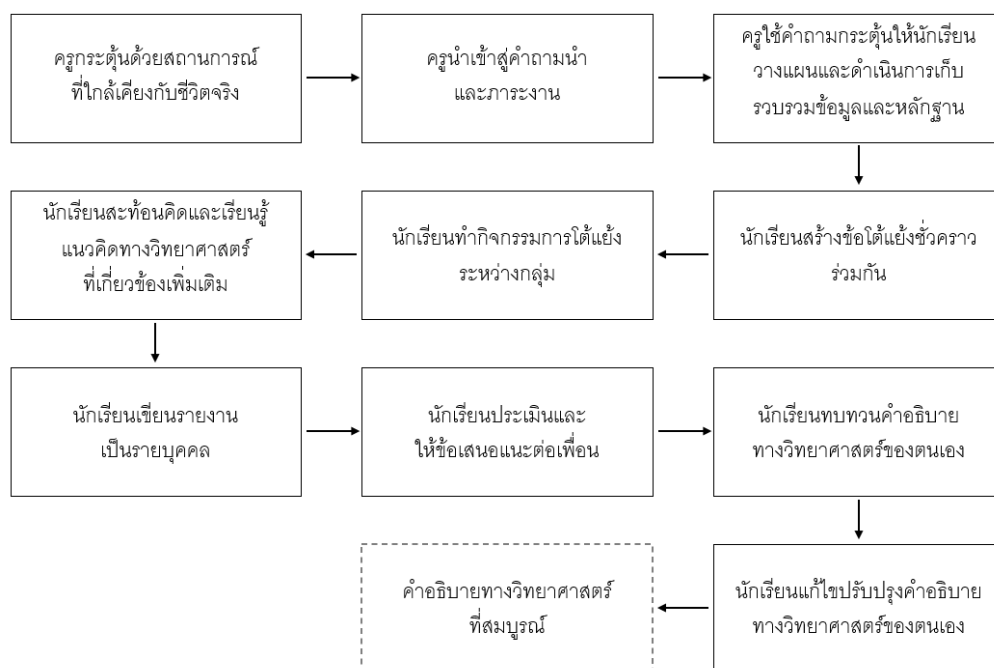
พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนได้นำผลการประเมินรายงานมาวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O3 แผนที่ 1)



ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (S38P4) ที่ปรับปรุงรายงานตามข้อเสนอแนะของเพื่อน เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่

ดังนั้นกระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์สามารถสรุปเป็นกระบวนการที่สำคัญ ดังภาพที่ 18



ภาพประกอบ 18 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

### 3.2 สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอน แบบสังเกตการสอนจากผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมสังเกตการณ์ และใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นที่พฤติกรรมของนักเรียนที่สะท้อนถึงความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบกระบวนการสำคัญที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5 ประการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

**3.2.1 ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและชี้แจงภาระงานที่ชัดเจน** เป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อตอบคำถามนำ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากบันทึกหลังสอน

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูนำเข้าสู่ประเด็นคำถามนำที่ว่า ปลา กัด เรืองแสง เป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ โดยครูได้อธิบายภาระงานที่นักเรียนจะต้องร่วมกันทำเพื่อให้ นักเรียนร่วมกันหาคำตอบของประเด็นคำถามนำให้ถูกต้องและสมบูรณ์”



พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนหลายคนให้ความสนใจและมุ่งมั่นตั้งใจในการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามนำ โดยหลังจากที่ครูได้อธิบายประเด็นคำถามนำและภาระงานที่นักเรียนต้องร่วมกันทำแล้ว พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในภาระงานและคำถามนำที่นักเรียนต้องหาคำตอบ และมีความตั้งใจในการทำงานเพื่อหาคำตอบนั้นให้ถูกต้องและสมบูรณ์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผน 1)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูตั้งประเด็นคำถามนำว่า เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวใช้หรือไม่ และได้ระบุภาระงานที่นักเรียนจะต้องร่วมกันทำในการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในแต่ละกลุ่มให้ความสนใจและมีความเข้าใจประเด็นคำถามนำ รวมถึงภาระงานที่นักเรียนจะต้องช่วยกันออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผน 3)

“นักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกตื่นเต้นและทำท่ายต่อการหาคำตอบของประเด็นคำถามนำ โดยครูได้อธิบายภาระงานที่นักเรียนจะต้องร่วมกันดำเนินการในการวางแผนและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนหลายคนเข้าใจในภาระงานที่นักเรียนจะต้องทำงานร่วมกันเพื่อหาคำตอบ ทำให้นักเรียนสามารถออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพได้”

(บันทึกหลังสอน R1)

**3.2.2 ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นนักเรียนออกแบบวิธีการหาคำตอบ** ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางการหาคำตอบ นำไปสู่การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 19

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนร่วมกันวางแผนวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในใบกิจกรรมจะมีประเด็นคำถามที่สำคัญ เช่น นักเรียนจะต้องรวบรวม



ข้อมูลใดบ้าง นักเรียนจะรวบรวมข้อมูลนั้นอย่างไร ข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปสู่การตอบคำถาม  
นำได้หรือไม่ อย่างไร เป็นต้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนเข้ากลุ่มกันดำเนินการแบ่งหน้าที่ในการ  
รวบรวมข้อมูลจากหลักฐานที่ครูได้เตรียมไว้ให้ โดยมีการทดลองและตรวจสอบข้อมูลจากหลักฐาน  
ที่นักเรียนมี และนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อตอบคำถามในใบกิจกรรมให้  
ครบถ้วนสมบูรณ์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามใน  
ใบกิจกรรมการออกแบบและวางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีหลักฐานมาให้นักเรียน  
ตรวจสอบจำนวน 4 หลักฐาน คือ หลักฐานจากภาพถ่ายในที่เกิดเหตุ หลักฐานจากหมู่เลือดของผู้  
ต้องสงสัย หลักฐานจากคำให้การของผู้ต้องสงสัย และหลักฐานจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนช่วยกันออกแบบและวางแผนในการเก็บ  
รวบรวมข้อมูล โดยแบ่งกันไปหาข้อมูลจากหลักฐานที่ครูนำมาให้ตรวจสอบ หลังจากนั้นนักเรียนมี  
การนำข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายของหลักฐานมาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างข้อโต้แย้ง  
ชั่วคราวต่อไป”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 2)

การออกแบบวิธีการหาคำตอบและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน

1. หลักฐานที่ต้องใช้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง (นักเรียนคิดว่าหลักฐานที่ต้องการเพื่อใช้ยืนยันข้อกล่าว  
อ้างหรือคำตอบ มีอะไรบ้าง)

1. หลักฐานที่เกิดเหตุในที่เกิดเหตุ.....  
2. ลายนิ้วมือ, หมู่เลือด, ดีเอ็นเอจากผู้ต้องสงสัย และชุดของสี.....  
3. ภาพถ่ายของสถานที่.....  
4. เครื่องมือของสถานที่.....

2. ออกแบบขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน (นักเรียนมีขั้นตอนในการ  
สำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถืออย่างไร)

1. ตั้งคำถามว่า ผู้เสียชีวิตเสียชีวิตด้วยอะไร?.....  
2. รวบรวมหลักฐานว่า นักสืบตำรวจ... หลักฐานที่เกิดเหตุ... หลักฐานที่เกิดเหตุ... หลักฐานที่เกิดเหตุ...  
3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่..... 4. ปรากฏ..... 5. หลักฐานที่เกิดเหตุในที่เกิดเหตุ.....  
6. ลายนิ้วมือ, หมู่เลือด, ดีเอ็นเอจากผู้ต้องสงสัย.....  
7. ภาพถ่ายของสถานที่.....  
8. คำให้การของผู้ต้องสงสัย.....  
9. ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล.....

ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S31P2) ที่บันทึกข้อมูลการวางแผนและ  
ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบว่า การเสียชีวิตเกิดจากอุบัติเหตุหรือการฆาตกรรม

**3.2.3 นักเรียนร่วมกันโต้แย้งวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล** ในกิจกรรมการโต้แย้ง ครูให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ รวมทั้งประเมินกระบวนการสืบเสาะที่ได้มาซึ่งหลักฐานสำหรับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ ทำให้นักเรียนได้เห็นถึงความแตกต่างของกระบวนการสืบเสาะในแต่ละกลุ่ม และทำให้นักเรียนทราบถึงจุดบกพร่องในกระบวนการสืบเสาะของตนเองที่ต้องแก้ไข ส่งผลให้นักเรียนบางกลุ่มต้องออกแบบกระบวนการสืบเสาะเพื่อรวบรวมข้อมูลใหม่ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และภาพนักเรียนที่กำลังทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม ในภาพประกอบ 20

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูชี้แจงกิจกรรมการโต้แย้ง โดยให้นักเรียน 1 คนนั่งอยู่ประจำกลุ่ม ส่วนสมาชิกที่เหลือให้ไปร่วมการโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มอื่น ๆ ในระหว่างการโต้แย้งครูผู้สอนจะคอยดูแลสถานการณ์และสร้างบรรยากาศในการโต้แย้งให้มีความผ่อนคลายมากขึ้น เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ จึงให้นักเรียนกลับเข้ากลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งและนำไปสู่การปรับปรุงข้อโต้แย้งของตนเองใหม่ให้ดียิ่งขึ้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนส่วนใหญ่มีการโต้แย้งในประเด็นของกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ว่ากระบวนการสืบเสาะของกลุ่มใดที่ออกแบบมาเพื่อหาข้อมูลหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องมากที่สุด และเมื่อจบกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่แต่ละคนได้รับมาจากกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินว่าการออกแบบกระบวนการสืบเสาะของกลุ่มตนเองถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากไม่ นักเรียนจะปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะใหม่”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนทุกคนเข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง โดยในครั้งนี้ได้มีการเปลี่ยนคนที่นั่งอยู่ประจำกลุ่มให้ไม่ซ้ำเดิม ส่วนคนที่เหลือก็ให้ไปโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ จากนั้นจึงให้นักเรียนทุกคนกลับเข้ามานั่งรวมกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งในครั้งนี้”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนได้ร่วมกันโต้แย้งและวิจารณ์กระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งของกลุ่มตนเองและของเพื่อนกลุ่มอื่น โดยหลังจากการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนก็ได้กลับมาที่กลุ่มเพื่อนำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น มาอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่มว่ากระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตนเอง

แข็งแกร่งพอหรือไม่ ถ้าไม่จะปรับเปลี่ยนอย่างไรเพื่อให้กระบวนการสืบเสาะของตนเองมีคุณภาพ และสมบูรณ์มากที่สุด”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 2)

“นักเรียนมีการโต้แย้งอย่างจริงจังในเรื่องของกระบวนการได้มาซึ่งข้อมูลว่ามีความเหมือนและความแตกต่างจากกลุ่มของตนเองหรือไม่ ซึ่งนักเรียนได้มีการวิพากษ์วิจารณ์ถึงการออกแบบกระบวนการดังกล่าวว่ามีขั้นตอนอย่างไร และเพราะเหตุใดจึงทำเช่นนั้น เพื่อดูความสมเหตุสมผลของกระบวนการสืบเสาะและข้อมูลหลักฐานที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะ ซึ่งนำมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพบว่านักเรียนบางกลุ่มที่มีการออกแบบกระบวนการสืบเสาะใหม่ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่จากกระบวนการสืบเสาะที่ครอบคลุมและมีคุณภาพ”

(บันทึกหลังสอน R2)

**3.2.4 นักเรียนสะท้อนคิดและอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะ** ครูให้นักเรียนร่วมกันสะท้อนคิดและอภิปรายถึงการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการประเมินการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้งมาสะท้อนคิด ปรับปรุงการเขียนข้อโต้แย้ง เก็บรวบรวมข้อมูลใหม่จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ได้ปรับปรุงแล้ว และทำให้นักเรียนสามารถออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในครั้งถัดไปได้รัดกุม และถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 20

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายและสะท้อนคิดเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ข้อโต้แย้ง และความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ จากนั้นครูผู้สอนได้อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเรื่อง การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ และการลำดับนิวคลีโอไทด์ เพิ่มเติมโดยใช้การบรรยายร่วมกับสื่อวีดิทัศน์ นอกจากนี้ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสะท้อนคิดเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของการสำรวจตรวจสอบในกลุ่มตนเองพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะหรือแนวทางในครั้งถัดไป”



**3.2.5 นักเรียนประเมินรายงานเพื่อนและการสะท้อนคิดรายงานของตนเอง** ครูให้นักเรียนประเมินและตรวจสอบกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินและสะท้อนคิดเกี่ยวกับรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนจำนวน 3 ชุด ตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ไปยังนักเรียนผู้เป็นเจ้าของรายงาน ทำให้นักเรียนได้ประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทั้งของตนเองและของเพื่อน นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และตัวอย่างข้อมูลจากตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 21 และภาพประกอบ 22

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละคนตรวจสอบการเขียนรายงาน โดยแต่ละคนจะต้องประเมินรายงานจำนวน 3 ฉบับตามประเด็นในแบบประเมินรายงานที่ครูผู้สอนแจกให้พร้อมกัน เมื่อเสร็จแล้วครูผู้สอนได้รวบรวมรายงานและแบบประเมินรายงานกลับคืนมา โดยไม่ระบุตัวตนของเจ้าของรายงาน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากรายงานการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ๆ จำนวน 3 คน ตามแบบประเมินรายงาน และมีนักเรียนส่วนน้อยจำนวน 3 คน ที่ให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับเหตุผลเพิ่มเติมถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานฉบับนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ เพื่อให้เพื่อนใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยพบว่า มีนักเรียนหลายคนที่ประเมินให้รายงานของเพื่อนอยู่ในระดับดีมาก”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนแต่ละคนได้ผู้ประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากรายงานการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับ โดยที่ไม่ระบุตัวตน ตามแบบประเมินรายงานที่ครูแจก เมื่อประเมินเสร็จ ครูให้นักเรียนนำรายงานและแบบประเมินมาส่งครู”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนประเมินกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากรายงานของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับตามเกณฑ์การประเมินแบบรายงาน โดยพบว่านักเรียนมีการให้ข้อมูลย้อนกลับไปหาเจ้าของรายงาน โดยใส่ข้อมูลหรือเหตุผลเพิ่มเติมเกี่ยวกับรายงานของเพื่อน เช่น กระบวนการในการสืบหาหลักฐานที่นำมาใช้ยังไม่เพียงพอต่อการ



สรุปว่าเนื้องานนี้ เป็นเนื้อของวัชหรือไม้ เป็นต้น และผลการประเมินรายงานส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี  
มาก”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)

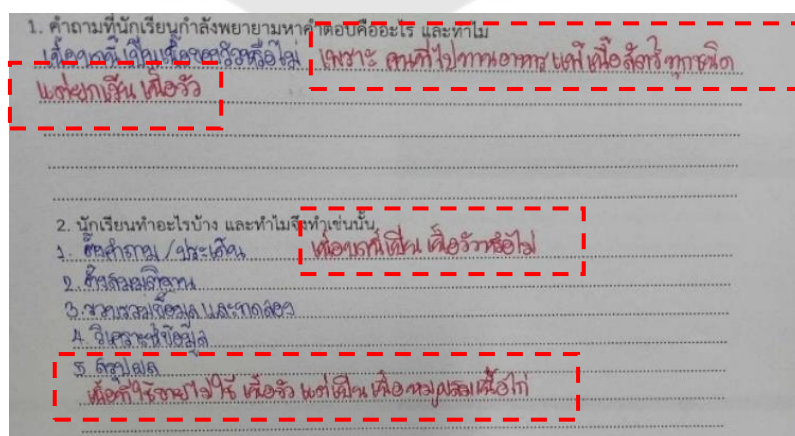
การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนแต่ละคนได้ตรวจสอบรายงานของ  
เพื่อนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ โดยไม่เปิดเผยหรือระบุตัวตน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนได้ตรวจสอบกระบวนการได้มาซึ่ง  
ข้อมูลที่ใช้ในการเขียนรายงานของเพื่อนจำนวน 3 คนโดยมีการให้ข้อเสนอแนะหรือข้อมูลเพิ่มเติม  
เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการหรือขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มี  
ความสมบูรณ์และมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O3 แผนที่ 3)

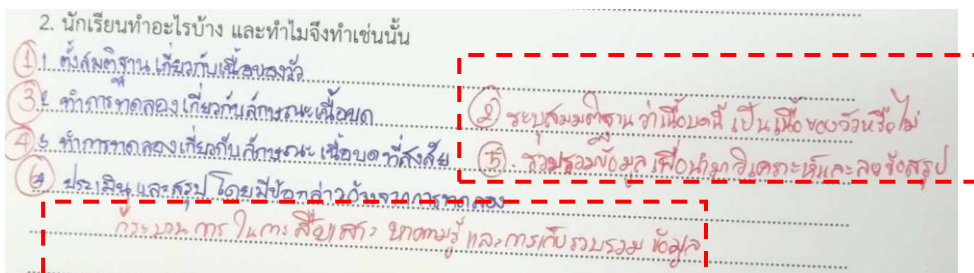
“นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้  
นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งของเพื่อน  
และของตนเอง ว่ามีความถูกต้อง เหมาะสม และครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ และให้คำแนะนำในการ  
เขียนอธิบายกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้กับเพื่อน เพื่อพัฒนากระบวนการ  
สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน  
แต่ละคนให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน R3)



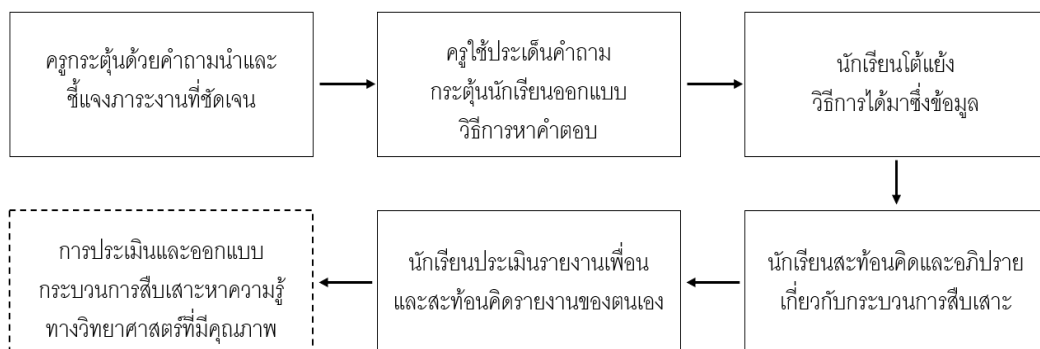
ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน (S27P3) ที่ปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะ  
หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการประเมินและตรวจสอบโดยเพื่อน





ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน (S11P3) ที่ปรับปรุงกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังจากการประเมินและตรวจสอบโดยเพื่อน

ดังนั้นกระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปเป็นกระบวนการที่สำคัญ ดังภาพที่ 23



ภาพประกอบ 23 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

### 3.3 สมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอน แบบสังเกตการสอนจากผู้วิจัยและผู้เข้าร่วมสังเกตการสอนอีก และใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นที่พฤติกรรมของนักเรียนที่สะท้อนถึงความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ พบกระบวนการสำคัญที่

สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ 6 ประการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

**3.3.1 ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและภาระงานที่ชัดเจน** ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีความตื่นตัวและให้ความสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการทั้งหมด โดยการใช้คำถามนำและการระบุภาระงานที่มีความชัดเจนและมีความใกล้เคียงกับบริบทในชีวิตจริงของนักเรียน ทำให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปตอบคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ได้ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และบันทึกหลังสอน

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูนำเข้าสู่สถานการณ์ร้านอาหารที่ขายเมนูเนื้ออบจนมีลูกค้าคนหนึ่งที่ทานแล้วมีอาการแพ้เนื้อดังกล่าวซึ่งทางร้านอ้างว่าเป็นเนื้อของวัว และนำไปสู่การตั้งประเด็นคำถามนำที่ว่า เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวใช่หรือไม่ และครูผู้สอนได้อธิบายถึงภาระงานของนักเรียนที่จะต้องค้นคว้าหาข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม เพื่อทำใบกิจกรรมที่ 3.1 เพื่อร่วมกันออกแบบและรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานต่าง ๆ ที่ครูได้เตรียมเอาไว้ให้ ซึ่งมีเนื้อต้องสงสัยที่ต้องตรวจสอบ และเนื้อของสัตว์ที่ระบุชนิดได้ จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ เนื้อวัว เนื้อไก่ เนื้อหมู เนื้อนกพิราบ เนื้อหนู และเนื้อปลา และครูได้ทบทวนภาระงานและคำถามนำที่นักเรียนจะต้องหาคำตอบ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนให้ความสนใจและมีความตั้งใจอย่างมาก โดยหลังจากที่นักเรียนได้รับคำชี้แจงเกี่ยวกับคำถามนำและภาระงานที่นักเรียนต้องปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐานประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจในการค้นคว้าหาข้อมูลและหลักฐานประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการแปลความหมายเพื่อลงข้อสรุปต่อประเด็นของคำถามนำ”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูเริ่มต้นด้วยการยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้ตัวของนักเรียน แล้วตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์ในภาระงานและคำถามนำ”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนให้ความสนใจโดยร่วมกันตอบคำถามและพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและมีความมุ่งมั่นในการค้นคว้าหาข้อมูลและหลักฐานจากประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อ

นำมาใช้ในการแปลความหมายของข้อมูล และนำไปใช้ในการลงข้อสรุปของคำตอบต่อประเด็นคำถามนำ”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O3 แผนที่ 1)

“ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้มีการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ และร่วมกันวิเคราะห์ แปลความหมาย และประเมินวิธีการในการตรวจสอบข้อมูลเหล่านั้นให้มีความน่าเชื่อถือ จากประจักษ์พยานในเชิงทางวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยการใช้ประเด็นคำถามนำและการระบุภาระงานที่นักเรียนจะต้องร่วมกันปฏิบัติได้อย่างชัดเจน”

(บันทึกหลังสอน R1)

**3.3.2 ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและวิเคราะห์ข้อมูล** ครูใช้คำถามหรือประเด็นกระตุ้นและเป็นแนวทางให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนว่าจากสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดและคำถามนำจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลใดบ้างและจากแหล่งข้อมูลใดที่มีความน่าเชื่อถือ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอ้างอิงประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 24 ภาพประกอบ 25 และภาพประกอบ 26

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนร่วมกันวางแผนวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยในใบกิจกรรมจะมีประเด็นคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถออกแบบและวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ถูกต้อง เช่น นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลใดบ้าง นักเรียนจะรวบรวมข้อมูลนั้นอย่างไร ข้อมูลเหล่านั้นสามารถนำไปสู่การตอบคำถามนำได้หรือไม่ อย่างเป็นต้น”

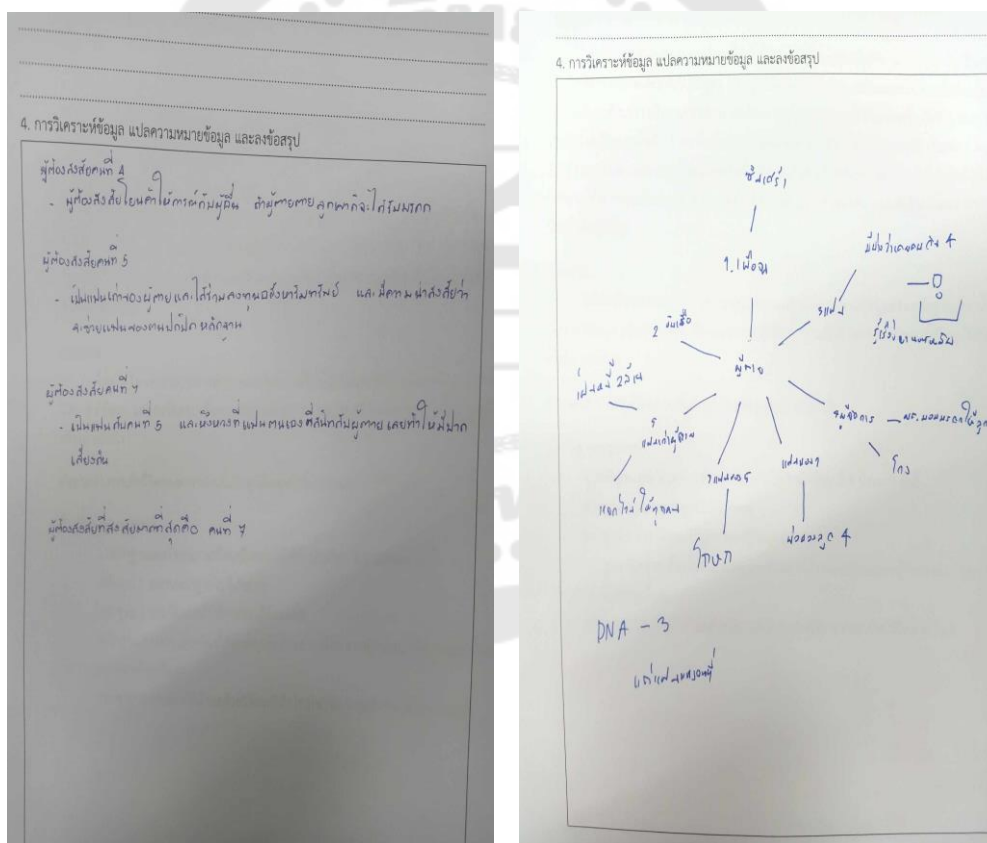
พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานที่ครูได้เตรียมไว้ให้ โดยมีการทดลองและตรวจสอบข้อมูลจากหลักฐานที่มี และนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อแปลความหมายของข้อมูลและนำไปใช้ในการตอบคำถามนำให้ครบถ้วนสมบูรณ์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

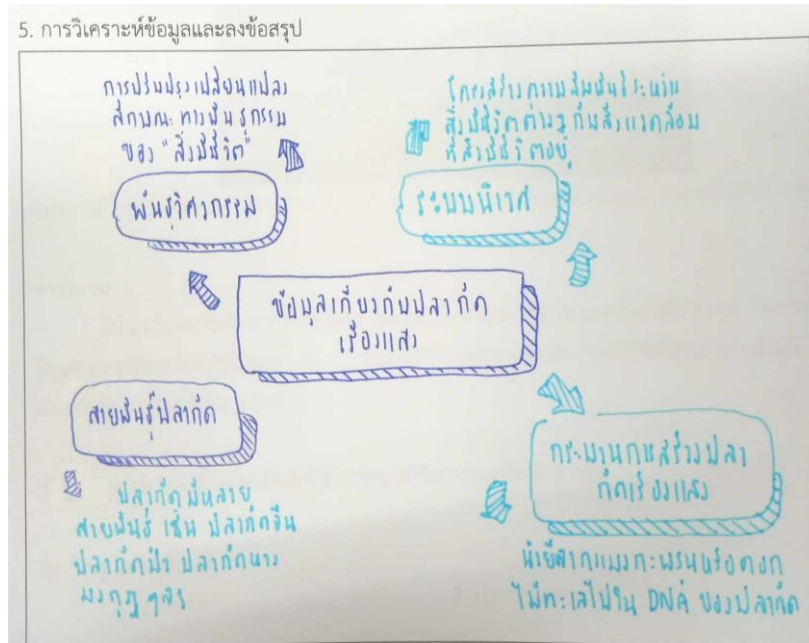
การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันทำใบกิจกรรมการออกแบบและวางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีการทดลองและข้อมูลเพื่อให้นักเรียนได้เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นว่าสามารถนำมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้งได้หรือไม่”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนช่วยกันออกแบบและวางแผนในการค้นหาข้อมูลจากหลักฐานและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล โดยแบ่งหน้าที่กันไปหาข้อมูลจากการทดลองและหลักฐานที่ครูนำมาให้ตรวจสอบ หลังจากนั้นนักเรียนมีการนำข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายของหลักฐานมาใช้ในการวิเคราะห์และสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวต่อไป”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 2)



ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S24P2) ที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี



ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S19P1) ที่มีการวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่

แบบบันทึกการตรวจสอบผลเลือด

ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลผลการวิเคราะห์ผลเลือดให้สมบูรณ์

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1	ผลการวิเคราะห์ผลเลือด	การแปลผลหมู่เลือด
	Anti-A: +, Anti-B: -	หมู่... A
	Anti-A: +, Anti-B: +	หมู่... AB
	Anti-A: -, Anti-B: -	หมู่... O
	Anti-A: +, Anti-B: -	หมู่... A
	Anti-A: -, Anti-B: +	หมู่... B
	Anti-A: +, Anti-B: +	หมู่... AB
	Anti-A: +, Anti-B: +	หมู่... AB

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 5	ผลการวิเคราะห์ผลเลือด	การแปลผลหมู่เลือด
	Anti-A: -, Anti-B: -	หมู่... O
	Anti-A: +, Anti-B: -	หมู่... A
	Anti-A: -, Anti-B: +	หมู่... B
	Anti-A: -, Anti-B: +	หมู่... B

ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S20P2) ที่มีการแปลความหมายข้อมูล ที่ได้จากการทดลองในการตรวจหาหมู่เลือดของผู้ต้องสงสัย เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางคดี



**3.3.3 นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์** ครูให้นักเรียนร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลเหล่านั้น เพื่อนำไปใช้ในการลงข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานที่นักเรียนเก็บรวบรวมและวิเคราะห์มา โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง ทำให้นักเรียนได้แปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ จากการตีความและแปลความหมายของประจักษ์พยาน หลักฐานและเหตุผลที่สามารถอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้ เพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 27

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเพื่อเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวจากคำถามที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมเรื่อง เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไซหรือไม นอกจากนั้นครูผู้สอนยังกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดถึงแนวคิดที่ต่อต้านกับแนวคิดของกลุ่มตนเอง เพื่อเตรียมความพร้อมต่อการโต้แย้งในขั้นต่อไป”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนในแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากการแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์จากการทดลองและการตรวจสอบข้อมูล ไปใช้ในการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวซึ่งประกอบไปด้วยข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยมีการใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง”

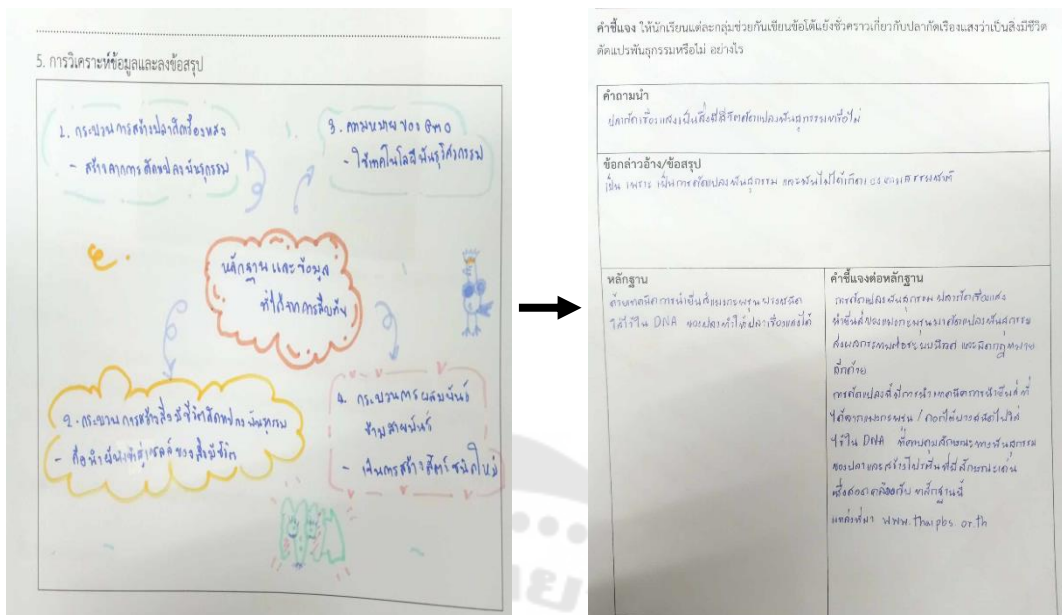
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้เขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกันจากข้อมูลที่ผ่านมาการแปลความหมายและวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม ตามประเด็นคำถามที่ว่า เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไซหรือไม”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในกลุ่มร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยนำหลักฐานและข้อมูลที่ผ่านมาการวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการตรวจสอบข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลมาใช้ในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มตนเอง”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)





ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S27P1) ที่ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่

3.3.4 นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้ง ครูให้นักเรียนได้โต้แย้งระหว่างกลุ่ม

ทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งชั่วคราวกับกลุ่มอื่น ๆ และมีการโต้แย้งวิจารณ์งานของกลุ่มอื่นเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนที่สอดคล้องถูกต้องและยอมรับได้ ทำให้นักเรียนได้มีการประเมินทั้งข้อสรุป หลักฐานและเหตุผลของข้อโต้แย้งของตนเองและเพื่อน ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และภาพนักเรียนที่กำลังทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม ในภาพประกอบ 28

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูอธิบายขั้นตอนในการโต้แย้ง โดยมอบหมายให้นักเรียน 1 คนนั่งอยู่ประจำกลุ่มซึ่งต้องไม่ซ้ำเดิม ส่วนสมาชิกที่เหลือให้ไปร่วมการโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มอื่น ๆ ในระหว่างการโต้แย้งครูผู้สอนจะคอยดูแลสถานการณ์และสร้างบรรยากาศในการโต้แย้งให้มีความผ่อนคลายมากขึ้น เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ จึงให้นักเรียนกลับเข้ากลุ่มเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้ดีขึ้น”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนในแต่ละกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการโต้แย้ง โดยมอบหมายให้เพื่อน 1 คนอยู่ประจำกลุ่ม ส่วนที่เหลือไปร่วมการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการโต้แย้งในประเด็นของหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนข้อ

กล่าวอ้าง ส่วนประเด็นข้อกล่าวอ้างของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ยังไม่เหมาะสมกับประเทศไทย และเมื่อจบกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่แต่ละคนได้รับมาจากกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงข้อโต้แย้งให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 4)

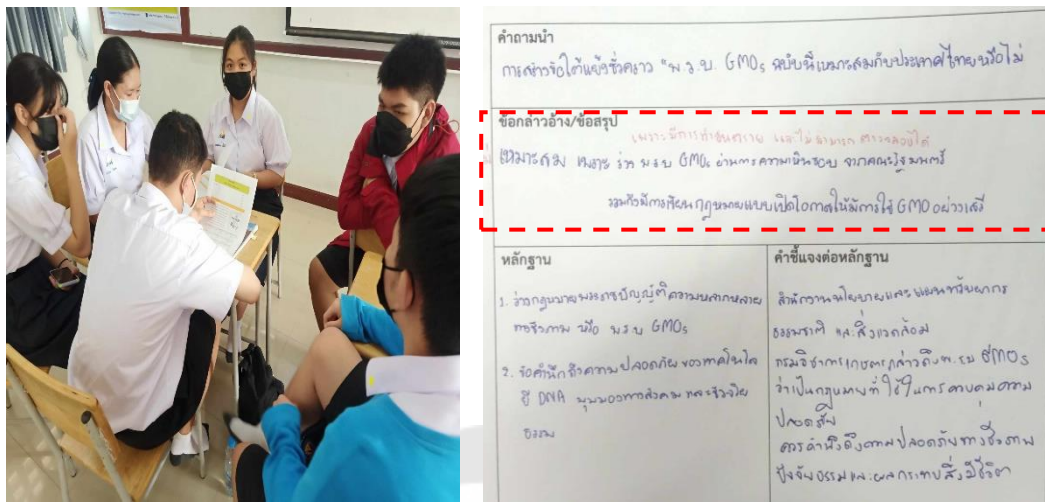
การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนทุกคนเข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง โดยในครั้งนี้ได้มีการเปลี่ยนคนที่นั่งอยู่ประจำกลุ่มให้ไม่ซ้ำเดิม ส่วนคนที่เหลือก็ให้ไปโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ จากนั้นจึงให้นักเรียนทุกคนกลับเข้ามานั่งรวมกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งในครั้งนี้เพื่อปรับปรุงข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้สมบูรณ์มากที่สุด”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนได้ร่วมกันโต้แย้งและวิจารณ์ข้อโต้แย้งทั้งของกลุ่มตนเองและของเพื่อนกลุ่มอื่น โดยหลังจากการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนก็ได้กลับมาที่กลุ่มเพื่อนำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น มาอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม และนำไปสู่การพัฒนาข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้ดียิ่งขึ้น โดยพบว่าแนวข้อโต้แย้งของนักเรียนในแต่ละกลุ่มก็มีทิศทางไปในทางเดียวกัน และหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ใช้ ก็มีความใกล้เคียงกัน”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 4)

“นักเรียนนำข้อโต้แย้งชั่วคราวที่ได้มาจากการตีความ แปลความหมายจาก ประจักษ์พยาน หลักฐานและเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์มาโต้แย้งภายในชั้นเรียนเพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่นักเรียนได้นำเสนอแนวคิด ประจักษ์พยาน หลักฐาน และเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นได้ร่วมกันพิจารณาและประเมินความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือ แม้กระบวนการในการตีความ แปลความหมายจากประจักษ์พยาน หลักฐานและเหตุผลที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่นักเรียนก็สามารถปรับปรุงและพัฒนาการสืบค้นข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใหม่ที่มีความน่าเชื่อถือ”

(บันทึกหลังสอน R1)



ภาพประกอบ 28 กิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่มและการปรับปรุงข้อโต้แย้ง (S35P4)  
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่

**3.3.5 นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล** ครูให้นักเรียนเขียนรายงานผล

การสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคลตามประเด็นที่ครูกำหนดให้ เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้  
กลั่นกรองความคิด เกี่ยวกับข้อสรุป หลักฐานและเหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูได้ใช้ประเด็น  
คำถามในการกระตุ้นและใช้เป็นแนวทางให้นักเรียนใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ในการ  
เขียนรายงานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึก  
หลังสอน และตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบ 29 และภาพ  
ประกอบ 30

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนชี้แจงขั้นตอนในการเขียนรายงานการ  
สำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล โดยให้นักเรียนแต่ละคนนำเอาข้อโต้แย้งที่ดีที่สุดที่ตนเขียน ซึ่งเป็น  
ข้อโต้แย้งที่ทุกคนในห้องเห็นตรงกันว่ามี ความถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด มาใช้ในการเขียน  
รายงานตามใบกิจกรรมที่ 2.3 ซึ่งมีประเด็นคำถาม 3 ข้อ คือ 1) คำถามที่นักเรียนกำลังหาคำตอบ  
คืออะไร และทำไม 2) นักเรียนทำอะไร และทำไมจึงทำเช่นนั้น และ 3) คำอธิบายต่อประเด็น  
คำถามของนักเรียนคืออะไร”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนลงมือเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบ  
ด้วยตนเอง โดยมีการตอบคำถามในแต่ละประเด็น เช่น คำถามที่ต้องการหาคำตอบคือ ดาราทำ  
นี้เสียชีวิตจากการฆาตกรรมหรือเกิดจากอุบัติเหตุ เนื่องจากการเสียชีวิตของดารานี้มีเงื่อนงำ

และเป็นปริศนา ดังนั้นการเสียชีวิตของดาราท่านนี้จึงมีความน่าสนใจ เป็นต้น ซึ่งรายงานที่นักเรียนเขียนมาจากการกลั่นกรองและสะท้อนความคิดที่ได้จากข้อสรุป หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนในเชิงวิทยาศาสตร์”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

“นักเรียนได้ฝึกการเขียนอธิบายกระบวนการในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และตีความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านกระบวนการโต้แย้งและปรับปรุงแก้ไขแล้ว จากการตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับคำถามนำ วิธีการหรือกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบ และคำตอบของคำถามนำหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน R1)

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

คนร้ายที่ก่อเหตุก่อผู้ต้องสงสัยคนตัว 3. เหตุการณ์เริ่มขึ้นที่ห้องครัวผู้วิจัย ความผิดปกติของผลไม้ที่รับประทานจากการตายของอองซานสุว สก๊อตก็อดดาร์ด เหตุการณ์ที่ก่อเหตุเริ่มขึ้นที่ห้องครัวที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างรูป A และ B ทำให้ผลตรวจการปนของอองซานสุว AB ซึ่งตรวจพบของอองซานสุว และของมีสีออกขาวในการจากปากอองซานสุวที่พบว่าผู้ต้องสงสัยคนตัว 3. เป็นคนที่มีของตามสีของปากอองซานสุวมากจนมีสีปนจากปากอองซานสุวของอองซานสุว

ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S22P2) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เป็นรายบุคคล เรื่อง จมุน้ำหรืออำพรางคดี

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

คนร้าย. GMOs สัตว์ที่จำไม่ได้เหมาะแก่การบริโภคในประเทศไทย เนื่องจาก GMOs สัตว์ที่จำไม่ได้มีความปลอดภัยในทางโภชนาการและสุขภาพ ซึ่งสัตว์ที่จำไม่ได้จะเข้าไปที่ท้องในสภาพความแก่แก่ที่ทางวิทยาศาสตร์ได้เจอในท้องที่สัตว์ที่จำไม่ได้ที่ออร์แกนแล้ว ได้เข้าไปที่ท้องที่สัตว์ที่จำไม่ได้ที่ทางวิทยาศาสตร์ได้เจอในท้องที่สัตว์ที่จำไม่ได้

ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S16P4) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เป็นรายบุคคล เรื่อง พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้ เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่



**3.3.6 นักเรียนประเมินข้อโต้แย้งของเพื่อน** ครูให้นักเรียนแต่ละคนได้วิพากษ์วิจารณ์และประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนจำนวน 3 ชุด ตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดไว้ในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ไปยังนักเรียนผู้เป็นเจ้าของรายงาน เพื่อปรับปรุงและแก้ไขรายงานให้สมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้วิเคราะห์และประเมินหลักฐานว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ เป็นประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่สำหรับการลงข้อสรุป การให้เหตุผลเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่ ดังตัวอย่างข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน ตัวอย่างข้อมูลจากแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนโดยเพื่อน ในภาพประกอบ 31 และตัวอย่างข้อมูลจากตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน ในภาพประกอบที่ 32

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนให้นักเรียนแต่ละคนตรวจสอบการเขียนรายงานของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับตามประเด็นในแบบประเมินรายงาน เมื่อเสร็จแล้วครูผู้สอนได้รวบรวมรายงานและแบบประเมินรายงานกลับคืนมา โดยไม่ระบุตัวตนของเจ้าของรายงาน”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนได้รับการชี้แจงให้วิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมและถูกต้องของข้อสรุป หลักฐาน และเหตุผลจากรายงานการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ๆ จำนวน 3 คน ตามแบบประเมินรายงานที่มีทั้งรูปแบบมาตรฐานวัดประมาณค่า 4 ระดับ และการให้เหตุผลเพิ่มเติมถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานฉบับนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ โดยไม่พบการให้เหตุผลเพิ่มเติมถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานฉบับนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ เนื่องจากผลการประเมินนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 2)

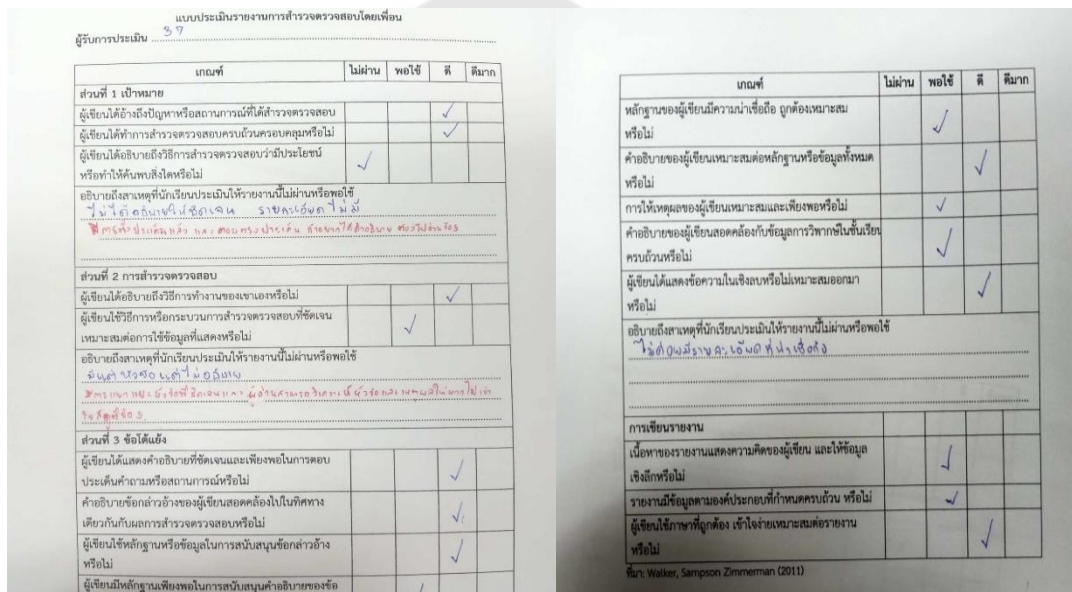
การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูให้นักเรียนแต่ละคนเป็นผู้ประเมินรายงานของเพื่อนคนละ 3 ฉบับ โดยที่ไม่ระบุตัวตน ตามแบบประเมินรายงานที่ครูแจก เมื่อประเมินเสร็จ ครูให้นักเรียนนำรายงานและแบบประเมินมาส่งที่ครู”

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนแต่ละคนประเมินรายงานของเพื่อนจำนวน 3 ฉบับตามเกณฑ์การประเมินแบบรายงาน โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อมูลประจักษ์พยานที่นำมาใช้ในการเขียนข้อสรุป หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุน และมีนักเรียนบางส่วนที่ให้ข้อเสนอแนะย้อนกลับไปยังนักเรียนเจ้าของรายงานเพื่อพัฒนาการแปลความหมายข้อมูลที่ได้มาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์”

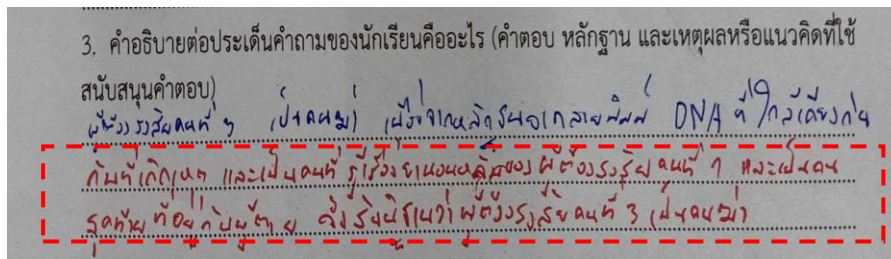
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)

“นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ นักเรียนคิดวิเคราะห์และสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการในการแปลความหมายข้อมูล และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งของเพื่อนและของตนเอง ว่ามีความถูกต้องเหมาะสม และครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ และให้คำแนะนำกับเพื่อน เพื่อพัฒนากระบวนการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์และนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน R1)



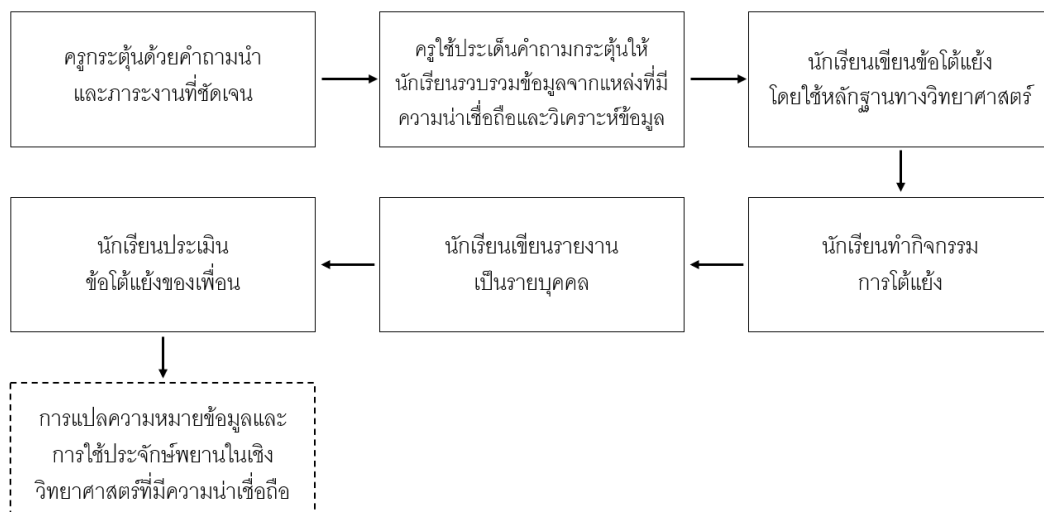
ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน (S12P2) เรื่อง จมมน้ำหรืออำพรางคดี



ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน (S12P2) ที่ปรับปรุงการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หลังจากการตรวจสอบโดยเพื่อน



ดังนั้นกระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปเป็นกระบวนการที่สำคัญ ดังภาพที่ 33



ภาพประกอบ 33 กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีกระบวนการที่สำคัญ ดังตาราง 18

ตาราง 18 กระบวนการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง  
ที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4

กระบวนการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีผลต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์			
สมรรถนะด้านการ อธิบายปรากฏการณ์ ในเชิงวิทยาศาสตร์	สมรรถนะด้านการ ประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สมรรถนะด้านการ แปลความหมายข้อมูล และประจักษ์พยานใน เชิงวิทยาศาสตร์	ความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์
ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ ใกล้เคียงกับชีวิตจริง	-	-	ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง
ครูนำเข้าสู่คำถามนำ และภาระงาน	ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและ ชี้แจงภาระงานที่ชัดเจน	ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและ ภาระงานที่ชัดเจน	ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและ ภาระงานที่ชัดเจน
ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียน วางแผนและดำเนินการเก็บ รวบรวมข้อมูลและหลักฐาน	ครูใช้ประเด็นคำถาม กระตุ้นนักเรียนออกแบบ วิธีการหาคำตอบ	ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้น ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูล จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ และวิเคราะห์ข้อมูล	ครูใช้คำถามกระตุ้นให้ นักเรียนออกแบบวิธีการหา คำตอบและดำเนินการเก็บ รวบรวมข้อมูล
นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ร่วมกัน	-	นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งโดย ใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสร้างข้อโต้แย้ง ชั่วคราวร่วมกันโดยอิง หลักฐานทางวิทยาศาสตร์
นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้ง ระหว่างกลุ่ม	นักเรียนโต้แย้งวิธีการ ได้มาซึ่งข้อมูล	นักเรียนทำกิจกรรม การโต้แย้ง	นักเรียนทำกิจกรรม การโต้แย้งระหว่างกลุ่ม
นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติม	นักเรียนสะท้อนคิด และอภิปรายเกี่ยวกับ กระบวนการสืบเสาะ	-	นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติม
นักเรียนเขียนรายงานเป็น รายบุคคล	-	นักเรียนเขียนรายงาน เป็นรายบุคคล	นักเรียนเขียนรายงาน เป็นรายบุคคล
นักเรียนประเมินและ ให้ข้อเสนอแนะต่อเพื่อน	นักเรียนประเมินรายงาน เพื่อนและสะท้อนคิดรายงาน ของตนเอง	นักเรียนประเมิน ข้อโต้แย้งของเพื่อน	นักเรียนประเมินรายงาน ของเพื่อน
นักเรียนทบทวน คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของตนเอง	-	-	นักเรียนทบทวนคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง
นักเรียนแก้ไขปรับปรุง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของตนเอง	-	-	นักเรียนแก้ไขปรับปรุง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของตนเอง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ค้นพบข้อสังเกตอื่น ๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. **นักเรียนนำความรู้เดิมไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือบริบทใหม่** โดยพฤติกรรมในการตอบคำถามของนักเรียนในขั้นตอนการระบุนาฬิกาและคำถามนำ แตกต่างกันไปตามประสบการณ์และความรู้พื้นฐานเดิม โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการนำองค์ความรู้เดิมไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือบริบทใหม่ในห้องเรียนเพื่อคาดคะเนคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การสำรวจและค้นหาข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือในขั้นถัดไป ดังตัวอย่างข้อมูลการตอบคำถามระหว่างเรียน จากแบบบันทึกหลังสอน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 (R3)

สถานการณ์: ครูเปิดวิดีโอเกี่ยวกับข่าวการปลอมแปลงเนื้อวัว จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด

ครู: “นักเรียนคิดว่า เราจะสามารถตรวจสอบเนื้อเหล่านั้นว่าเป็นเนื้อวัวจริงหรือปลอมได้อย่างไร”

นักเรียน: “นำเนื้อที่ต้องสงสัยนั้นไปตรวจหา DNA ว่าตรงกันกับ DNA ของเนื้อวัวหรือไม่ ถ้าหากตรงก็แสดงว่าเนื้อนั้นเป็นเนื้อวัวจริง แต่ถ้าหากไม่ตรงก็แสดงว่าเป็นเนื้อชนิดอื่น”

2. **นักเรียนขาดประสบการณ์ในการทำงานในช่วงเริ่มต้น** โดยในช่วงแผนการจัดการเรียนรู้แรกนักเรียนยังคงมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยไม่สามารถบริหารจัดการการทำงานของตนเองสมาชิกในกลุ่มได้ ส่งผลให้การทำงานในขั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล และการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวค่อนข้างใช้เวลานาน รวมถึงขั้นตอนอื่น ๆ ด้วย เนื่องจากนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการทำงาน ดังตัวอย่างข้อมูลจากผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่พบในขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนหลายคนยังไม่ค่อยเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราว โดยพบว่ายังมีการตั้งข้อสงสัย เช่น เขียนแบบนี้ถูกไหมคะ การเขียนคำชี้แจงต่อหลักฐานต้องเขียนแบบไหน จะเชื่อมโยงหลักฐานแต่ละอันได้อย่างไร ซึ่งจะสังเกตได้ว่าขั้นตอนนี้นักเรียนจะใช้เวลานานมากในการทำความเข้าใจ แต่เมื่อครูได้ลองยกตัวอย่างให้นักเรียนดู นักเรียนบางส่วนก็สามารถสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวได้จากข้อมูลหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนหลักฐานที่มีความเชื่อมโยงกัน”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนร่วมกันศึกษาแนวทางการเขียนข้อโต้แย้ง จากตัวอย่างที่ครูได้นำมาให้ศึกษา ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาในการศึกษาการเขียนข้อโต้แย้ง ค่อนข้างนาน โดยนักเรียนบางคนได้เดินไปถามข้อมูลเพิ่มเติมจากครู เพื่อเพิ่มความเข้าใจของตนเองให้มากขึ้น และมีนักเรียนบางคนที่ยังไม่ค่อยมั่นใจในการเขียนข้อโต้แย้งจึงมีการถามครู อยู่เป็นประจำว่า แบบนี้ถูกต้องไหม แล้วต่อไปทำอะไรต่อ แต่สุดท้ายนักเรียนจะสามารถเขียน ข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองได้สำเร็จ”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 1)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนทุกกลุ่มก็จะได้ข้อมูลและหลักฐานที่สนับสนุนข้อมูลนั้นจาก กระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนเอง แม้จะมีการใช้เวลามากในช่วงแผนการจัดการเรียนรู้ แรก แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปนักเรียนก็เริ่มใช้เวลาในชั้นตอนนี้ลดลง ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนมีประสบการณ์ในการหาหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อมาใช้ประกอบในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องต่อไป ดังตัวอย่างข้อมูลจากผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนมีการโต้แย้งในประเด็นของข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และเมื่อจบ กิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่แต่ละคน ได้รับมาจากกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากไม่ นักเรียนจะร่วมกันพิจารณาปรับปรุงข้อกล่าวอ้างใหม่ โดยพบว่านักเรียนใช้เวลาใน ชั้นตอนนี้ลดลงและครูได้ลดความช่วยเหลือให้น้อยลง”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนทุกคนได้ร่วมกันโต้แย้งและวิจารณ์ ข้อโต้แย้งทั้งของกลุ่มตนเองและของเพื่อนกลุ่มอื่น โดยหลังจากการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนก็ได้ กลับมาที่กลุ่มเพื่อนำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น มาอภิปรายและวิเคราะห์ ร่วมกันภายในกลุ่ม และนำไปสู่การพัฒนาข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้ดียิ่งขึ้น โดยพบว่าใน ชั้นตอนนี้ใช้นเวลาน้อยกว่าในแผนก่อนหน้า และแนวข้อโต้แย้งของนักเรียนในแต่ละกลุ่มก็มีทิศทาง ไปในทางเดียวกัน แต่แตกต่างที่หลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O2 แผนที่ 3)

**3. ครูต้องกระตุ้นและสร้างบรรยากาศในการโต้แย้งให้กับนักเรียน** โดยกิจกรรมการโต้แย้งของนักเรียนในช่วงระยะแรก นักเรียนหลายคนยังมีความเกรงใจไม่กล้าที่จะซักถามหรือโต้แย้งกับเพื่อนในชั้นเรียน จึงทำให้กิจกรรมนี้ในช่วงแรก ผู้วิจัยจะคอยเป็นผู้กระตุ้นและสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนมีการโต้แย้งกันมากขึ้น ดังตัวอย่างข้อมูลจากผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่พบในชั้นตอนที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

การจัดการเรียนรู้ของครู: “ครูผู้สอนจะคอยเดินดูการโต้แย้งในแต่ละกลุ่ม เพื่อสร้างบรรยากาศในการโต้แย้งที่เหมาะสมและควบคุมการโต้แย้งที่นอกเหนือจากประเด็น เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมการโต้แย้ง ครูผู้สอนจะให้นักเรียนแต่ละคนกลับมาแย้งกลุ่มของตนเอง แล้วร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกลุ่มอื่น”

(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 1)

แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 2 เป็นต้นมา นั้นบรรยากาศในการโต้แย้งของนักเรียนก็ดีขึ้น นักเรียนสามารถโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้บนหลักฐานและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ และไม่พบนักเรียนคนใดที่โต้แย้งนอกเหนือจากประเด็นที่กำลังศึกษา หลังจากกิจกรรมการโต้แย้งเสร็จสิ้น นักเรียนในแต่ละกลุ่มจะกลับมาร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการโต้แย้งเพื่อพัฒนาและปรับปรุงข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลหรือวิเคราะห์ข้อมูลใหม่ เพื่อให้ได้ข้อโต้แย้งที่สมบูรณ์มากที่สุด และเขียนข้อมูลเหล่านั้นเพิ่มเติมลงไปในปีกิจกรรม ดังตัวอย่างแบบประเมินการโต้แย้งของนักเรียน ในภาพประกอบ 34

กลุ่มที่	ข้อโต้แย้งนำเชื่อถือ เนื่องจาก	ข้อโต้แย้งไม่นำเชื่อถือ เนื่องจาก
1. ข้อโต้แย้งคือ 7	มีการอธิบายถึง การตัด แปรรูปกรรมของ ปลา กัด เรื่องแสง	
2. ข้อโต้แย้งคือ 4	มีการอธิบายที่ ค่อนข้าง ชัดเจนพอ ใช้ ความ คิด ของ ตนเอง ในการ เสนอ กฏ กติกา ขึ้น	
3. ข้อโต้แย้งคือ 1		ไม่สามารถ อธิบาย ถึง การ " อธิบาย " ของ การ กัด แปรรูป กรรม ปลา กัด ได้
4. ข้อโต้แย้งคือ 6		ไม่สามารถ อธิบาย ขึ้น ตอน การ ตัด แปรรูป กรรม ได้

ภาพประกอบ 34 ตัวอย่างแบบประเมินการโต้แย้งของนักเรียน (S40P1)

เรื่อง ปลา กัด เรื่อง แสง เป็น สิ่ง มี ชีวิต ตัด แปรรูป กรรม หรือ ไม่

**4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระยะหลังเป็นไปในทิศทางเดียวกัน** โดยในช่วงของแผนการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่แผน ๓ ที่ 2 เป็นต้นไป นักเรียนส่วนใหญ่เมื่อได้รับแบบประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อนแล้วมักจะไม่นำข้อโต้แย้งมาปรับปรุงรายงาน เนื่องจากผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก และแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังตัวอย่างข้อมูลจากผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่พบในขั้นตอนที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

พฤติกรรมของนักเรียน: “นักเรียนลงมือเขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง โดยมีการตอบคำถามในแต่ละประเด็น เช่น เนื้อบดนี้ เป็นเนื้อของวัวไหม เนื้อร้านอาหารอ้างว่าเป็นเนื้อของวัว แต่มีลูกคำที่รับประทานเข้าไปแล้วเกิดอาการแพ้ ซึ่งลูกคำคนดังกล่าวมีอาการแพ้เนื้อสัตว์ทุกชนิดยกเว้นเนื้อวัว จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการตรวจสอบเนื้อดังกล่าวว่ามีที่มาจากสิ่งมีชีวิตชนิดใด เป็นต้น ซึ่งรายงานของนักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากนักเรียนได้ใช้ข้อโต้แย้งที่เป็นที่ยอมรับของเพื่อนในห้องเรียนมาใช้ในการเขียนรายงานของแต่ละคน”

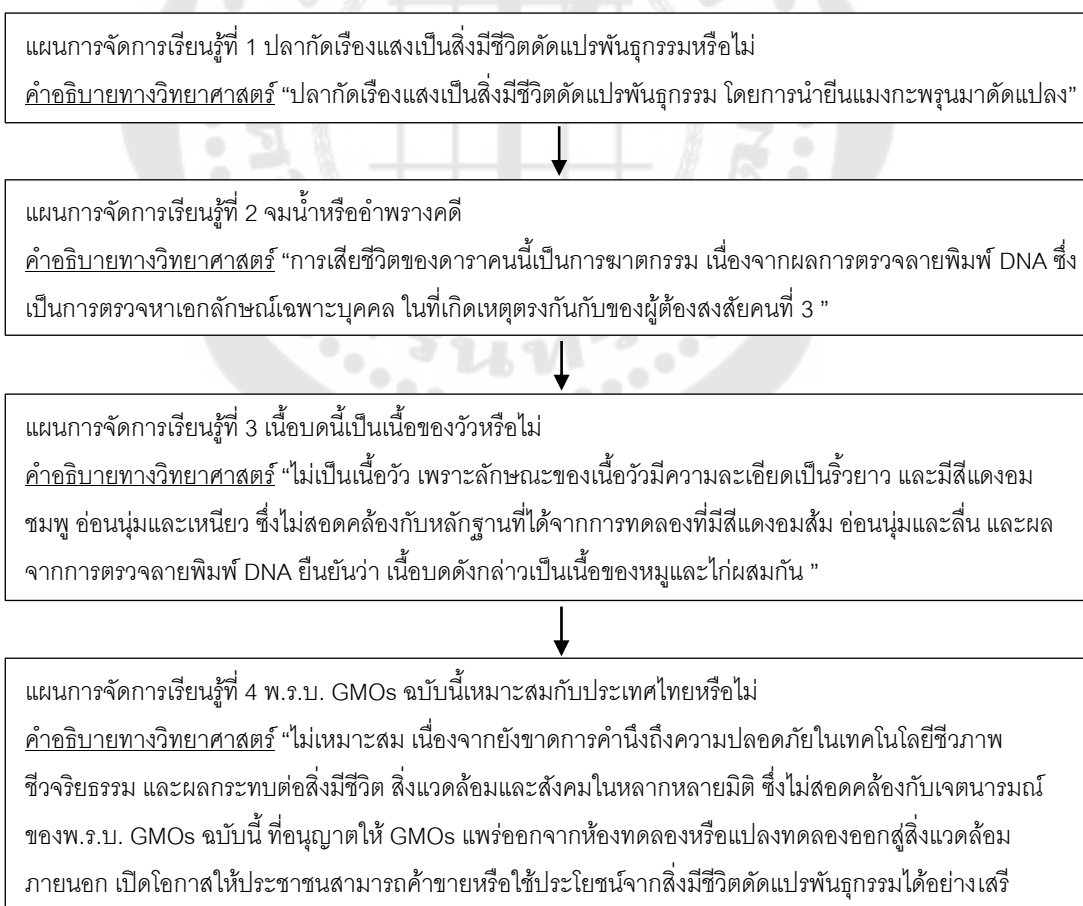
(บันทึกการสังเกตการสอนของ O1 แผนที่ 3)

ด้วยเหตุนี้ นักเรียนส่วนใหญ่จึงไม่ได้ปรับปรุงรายงานอีกครั้ง และมีนักเรียนบางคน ที่เห็นว่าข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะจากเพื่อน ไม่สมเหตุสมผลต่อการนำไปแก้ไขคำอธิบายทาง



วิทยาศาสตร์ของตนเอง จึงไม่ได้ปรับปรุงตามคำแนะนำนั้นและได้เขียนแสดงเหตุผลกลับไป ในแบบประเมินรายงาน เช่น นักเรียน S37 ได้รับแบบประเมินรายงานกลับมาโดยเพื่อนผู้ประเมินได้ให้เหตุผลของการประเมินไม่ผ่านหรือพอใช้ว่า “มีแต่หัวข้อ แต่ไม่มีการอธิบาย” โดยนักเรียน S37 ไม่เห็นด้วยกับเหตุผลดังกล่าวจึงได้ให้เหตุผลกลับไปเพื่อยืนยันถึงการไม่ปรับปรุงหรือแก้ไขรายงานดังกล่าวว่า “มีการแยกแยะหัวข้อและการอธิบายที่ชัดเจน เพื่อผู้อ่านสามารถวิเคราะห์หัวข้อและเหตุผลได้ หากไม่เข้าใจให้ไปดูที่คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในหัวข้อที่ 3”

5. **นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น** โดยอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเขียนขึ้นมาในช่วงแรกนั้นอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนักเรียนได้มีการแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดีขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปให้ดีขึ้นด้วย ดังตัวอย่างข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียนที่บ้านที่ข้อมูลคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4 ในภาพประกอบ 35



ภาพประกอบ 35 ตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยในบทนี้นำเสนอภาพรวมของการวิจัย สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะของการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

#### ภาพรวมของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งตอบคำถามของการวิจัยที่ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้หรือไม่ อย่างไร โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้ (1) ศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และ (3) ศึกษากระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

สมมติฐานการวิจัยคือ (1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2018 ในระดับ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียน และ (2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม จำนวน 40 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งได้มาโดยการเลือกตามความสะดวก จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง จำนวน 4 แผน รวมเวลาเรียนทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (3) แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาตามกรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของ PISA จำนวน 6 สถานการณ์ 18 ข้อ มีด้วยกัน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน และแบบเขียนตอบ และ (4) แบบสังเกตการสอน

การวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมวิธีแบบรองรับภายใน ซึ่งมีระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณเป็นหลัก นำข้อมูลหลังการทดลองที่เก็บรวมได้จากแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที เพื่อตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยในข้อที่ 1 - 2 และรองรับด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ นำข้อมูลจากแบบสังเกตการสอน บันทึกหลังสอน และใช้กิจกรรมของนักเรียนมาวิเคราะห์เชิงอุปนัย สำหรับตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยในข้อที่ 3

### สรุปผลการวิจัย

1. ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งอยู่ในช่วงระดับ 4 - 6 ซึ่งมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 5 (ดีเยี่ยม)

จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรายสมรรถนะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 50 โดยสมรรถนะที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ สมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 87.33) รองลงมาคือ สมรรถนะด้านการแปลความหมายของข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 83.67) และสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 69.83) ตามลำดับ

2. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. กระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปได้ ดังนี้

3.1 กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ (1) ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง (2) ครูนำเข้าสู่คำถามนำและภาระงาน (3) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน (4) นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน (5) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม (6) นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม (7) นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล (8) นักเรียนประเมินและให้ข้อเสนอแนะต่อเพื่อน (9) นักเรียนทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และ (10) นักเรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

3.2 กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ (1) ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและชี้แจงภาระงานที่ชัดเจน (2) ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นนักเรียนออกแบบวิธีการหาคำตอบ (3) นักเรียนโต้แย้งวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล (4) นักเรียนสะท้อนคิดและอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะ และ (5) นักเรียนประเมินรายงานเพื่อนและสะท้อนคิดรายงานของตนเอง

3.3 กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ (1) ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและภาระงานที่ชัดเจน (2) ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและวิเคราะห์ข้อมูล (3) นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (4) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้ง (5) นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล และ (6) นักเรียนประเมินข้อโต้แย้งของเพื่อน

3.4 กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ได้แก่ (1) ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง (2) ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและภาระงานที่ชัดเจน (3) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนออกแบบวิธีการหาคำตอบและดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล (4) นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกันโดยอิงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (5) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม (6) นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (7) นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล (8) นักเรียนประเมิน

รายงานของเพื่อน (9) นักเรียนทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และ (10) นักเรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

### อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการอภิปรายออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ และ 3) กระบวนการสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งผลให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 4 ถึงระดับ 6 และมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 5 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นได้ โดยเป็นระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศซึ่งอยู่ที่ระดับ 1a และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD หรือมาตรฐานสากลซึ่งอยู่ที่ระดับ 2 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 89) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น Bestiantono (2020, pp. 3-11) และอนาวิล สินสิงห์ (2563) ซึ่งพบว่า การใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนให้สูงขึ้นได้ แต่เมื่อวิเคราะห์รายละเอียดของระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยงานวิจัยของ Della Shinta Bestiantono (2020, pp. 3-11) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านพิสัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 3 และมีนักเรียนบางส่วนที่มีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1b ถึงระดับ 3 และงานวิจัยของ อนาวิล สินสิงห์ (2563) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในสมรรถนะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ



ที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่า นักเรียนมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4 และมีนักเรียนบางส่วนที่มีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1b ถึงระดับ 3 ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ นักเรียนมีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ถึงระดับ 5 เนื่องจากการใช้จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทหรือเนื้อหาสาระการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ไม่เน้นการนำเสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มากเกินไป (Chinn & Malhotra, 2002, p. 546) มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเชิงวิทยาศาสตร์ (วิภา อาสิงสมานันท์, สุริยพร สว่างเมฆ, และมลิวรรณ นาคขุนทด, 2560, น. 87-100) เน้นการนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงที่มีหลายแนวทางหรือยังไม่มีข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ชัดเจน (พินิจ ขำวงษ์, 2551, น. 3; Zeidler & Nichois, 2009, pp. 49-58) และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดและมุมมองของตนเองและของผู้อื่นเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นบทสรุปหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ บนพื้นฐานของหลักเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45) ซึ่งเนื้อหา เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ มีเนื้อหาและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่มากเกินไป เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายและโต้แย้งในประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสังคมที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลากหลายหรือยังไม่มีข้อสรุปแนวทางแก้ไขที่ชัดเจน โดยนักเรียนต้องตัดสินใจเลือกวิธีการหรือแนวทางที่ดีที่สุดจากหลักฐานประจักษ์พยานที่มีความน่าเชื่อถือทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของความปลอดภัยทางชีวภาพและชีวจริยธรรม อีกทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งด้านการพูดและการเขียน (กนิษฐกานต์ เบญจพลารมณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และจินตนา กล้าเทศ, 2563, น. 18-23) สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ และมีทักษะในการอภิปรายและโต้แย้งที่ดี (บุศมาพร กันทะวัง, 2562, น. 34-45)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบร้อยละของนักเรียนที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ 3 ขึ้นไป กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยของบุศมาพร กันทะวัง (2562, น. 34-45) งานวิจัยของ Zeidler & Nichois (2009, p. 49-58) และงานวิจัยของจิราวรรณ หนูเจริญ และจรรยา ดาสา (2565) ที่พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง อยู่ในระดับ 3 ขึ้นไป สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งคิดเป็นร้อยละ 82.65 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยปัทมพร จันชัยภูมิ (2563) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 70.57 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wen, et al. (2020, p. 103) ที่ศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยสามารถช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมในการสำรวจตรวจสอบข้อมูล ประจักษ์พยาน หลักฐาน และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากความจำ หรือความเข้าใจไปประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูล หลักฐานประจักษ์พยาน และเหตุผล ในการประเมินค่าข้อกล่าวอ้างหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่ามีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด จนเกิดเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (Ho, 2010, p. 412) และช่วยเพิ่มความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบคอบและมีวิจารณญาณ (ชวนพิศ คณะพัฒน์, 2559, น. 118-126)

3. กระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยี ดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อน ด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

จากการศึกษากระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง พบว่า กระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมพฤติกรรม ที่สะท้อนถึงสมรรถนะหลักทั้ง 3 สมรรถนะของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สมรรถนะด้าน การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์ พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อน ด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้ เนื่องจากมีกระบวนการที่สำคัญ คือ (1) ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับ ชีวิตจริง (2) ครูนำเข้าสู่คำถามนำและภาระงาน (3) ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน (4) นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน (5) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม (6) นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม (7) นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล (8) นักเรียนประเมินและ ให้ข้อเสนอแนะต่อเพื่อน (9) นักเรียนทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และ (10) นักเรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิริยะ วรณะไทย (2564) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อ ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ที่สำคัญ 4 ประการ คือ 1) นำเข้าสู่บทเรียนโดย ใช้ประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด วิเคราะห์ และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นต่อประเด็นที่ศึกษา 2) มีการสำรวจตรวจสอบ ทำการ ทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอ และเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น 3) นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มา สร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นปัญหาที่กำหนดให้ และ 4) ลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงเดิม นอกจากนี้จะต้องมุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาในทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่นำมาใช้เพื่อลดข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรียพร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2563, น. 70) ในขณะเดียวกันยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ จนค้นพบองค์ความรู้หรือกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาหรือหาคำตอบที่ถูกต้องด้วยตนเอง (Nawani, et al., 2019, p. 9)

แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยพบว่า ยังมีกระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมอีก 6 ประการ คือ (1) ครูนำเข้าสู่คำถามนำและภาระงาน ซึ่งเป็นการนำเข้าสู่ประเด็นคำถามนำเพื่อกระตุ้นความสนใจใคร่รู้ของนักเรียน และชี้แจงภาระงานที่นักเรียนจะต้องดำเนินการ เปรียบเสมือนเข็มทิศในการค้นคว้าหาคำตอบของนักเรียน และจะนำไปสู่การค้นคว้าหาข้อมูลหลักฐานเพื่อนำมาตอบคำถามและสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ (2) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม เป็นกระบวนการที่ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จำเป็นเพื่อใช้ในการตอบคำถามนำ และใช้เป็นแนวทางการหาคำตอบของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อการตอบคำถามนำและสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ (3) นักเรียนสะท้อนคิดและเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการลงข้อสรุปตามหลักฐานที่ปรากฏ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เพื่อให้ได้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากที่สุด (4) นักเรียนประเมินและให้ข้อเสนอแนะต่อเพื่อน โดยครูใช้ประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นและเป็นแนวทางให้นักเรียนในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามประเด็นคำถามนำที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ข้อโต้แย้งที่ผ่านการประเมินโดยเพื่อนและแก้ไขปรับปรุงในกิจกรรมการโต้แย้งมาแล้ว ทำให้นักเรียนได้กลั่นกรองความคิด และส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนข้อสรุปจากหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือ (5) นักเรียนทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งครูได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้ประเมินรายงานผลการ

สำรวจตรวจสอบของเพื่อนพร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แก่นักเรียนผู้เป็นเจ้าของรายงาน ทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของเพื่อน เพื่อนำไปปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดียิ่งขึ้น และ (6) นักเรียนแก้ไขปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ซึ่งกระบวนการนี้ครูให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน ทำให้นักเรียนได้ทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้ เนื่องจากมีกระบวนการที่สำคัญ คือ (1) ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและชี้แจง ภาระงานที่ชัดเจน (2) ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นนักเรียน ออกแบบวิธีการหาคำตอบ (3) นักเรียนโต้แย้งวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล (4) นักเรียนสะท้อนคิดและอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะ และ (5) นักเรียนประเมินรายงานเพื่อนและสะท้อนคิด รายงานของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของมนตรี จันตะมะ, สิริินภา กิจเกื้อกูล และมลิวรรณ นาคขุนทด (2563, น. 141-157) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก โดยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นจะต้องมีลักษณะที่สำคัญ 5 ประการ คือ 1) ต้องมีการกำหนดหัวข้อหรือประเด็นที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน โดยเลือกใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน เป็นที่น่าสนใจเพื่อให้นักเรียนอยากรู้ อยากศึกษาเกี่ยวกับประเด็นปัญหานั้น ๆ และควรเลือกใช้สถานการณ์ที่สามารถให้นักเรียนได้ระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้หลากหลาย กระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นถึงความสำคัญในการหาวิธีการแก้ไขประเด็นปัญหาจากสถานการณ์นั้น ๆ 2) นักเรียนต้องออกแบบวิธีการหาข้อมูล โดยให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มก่อนการเริ่มออกแบบแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล และนำเสนอถึงแนวทาง วิธีการที่สามารถตอบประเด็นปัญหาที่กำหนดไว้ได้ 3) มีการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลาย โดยนักเรียนสามารถประเมินและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกใช้แหล่งอ้างอิงข้อมูลนั้น ๆ 4) มีการวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนสรุปรายงาน โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาตกผลึกเป็นข้อสรุปและเขียนออกมาเป็น

รายงานให้สอดคล้องกับคำถามหรือประเด็นปัญหา และ 5) ต้องมีการนำเสนอรายงานและการอภิปรายร่วมกัน โดยกำหนดบทบาทของนักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มเกี่ยวกับการนำเสนอ การตอบคำถาม หรือการอภิปรายร่วมกันกับกลุ่มอื่น ๆ และมีการประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ หรือประเมินวิธีการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการยืนยันถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล นอกจากนี้จะต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีการสืบเสาะข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาและวิธีการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม (Amineh, et al., 2015, pp. 117-125)

3.3 การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้ เนื่องจากมีกระบวนการที่สำคัญ คือ (1) ครูกระตุ้นด้วยคำถามนำและภาระงานที่ชัดเจน (2) ครูใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและวิเคราะห์ข้อมูล (3) นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (4) นักเรียนทำกิจกรรมการโต้แย้ง (5) นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคล และ (6) นักเรียนประเมินข้อโต้แย้งของเพื่อน สอดคล้องกับงานวิจัยของเพียงปรางค์ แสงนวล, ดวงเดือน สุวรรณจินดา และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2566) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนแปลความหมายข้อมูลและใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้นั้น จะต้องมียุทธศาสตร์ที่สำคัญ คือ ต้องกำหนดภาระงานและประเด็นปัญหาที่ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางหรือกรอบแนวคิดในการสืบค้นข้อมูล และต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจข้อมูลหรือประจักษ์พยานที่เก็บรวบรวมมาได้ จากสถานการณ์หรือบริบทที่มีความใกล้เคียงกับชีวิตจริงของนักเรียน ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ รูปภาพ แผนภาพ หรืออื่น ๆ โดยนักเรียนได้มีโอกาสวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลไปสู่รูปแบบต่าง ๆ หลาย ๆ ครั้ง ในขั้นของการตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล ขึ้นสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว รวมไปถึงขั้นของการเขียนรายงานการตรวจสอบที่นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ มาอธิบายและเขียนเป็นรายงานในรูปแบบข้อความ นอกจากนี้นักเรียนจะต้องได้รับการส่งเสริมให้สามารถตรวจสอบได้ว่า กระบวนการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของตนเองและของเพื่อนคนอื่นมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด โดยสามารถวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างสมเหตุสมผลบนหลักการทาง



วิทยาศาสตร์ โดยชวณพิศ คณะพัฒน (2559, น. 67-79) ได้ให้ความคิดเห็นไว้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้นั้น จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้โดยการตีความจากข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Hodson (2008, p. 245) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการใช้ประจักษ์พยาน ควรฝึกให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปหรือการกล่าวอ้างด้วยหลักฐาน

แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการวิจัยพบว่า ยังมีกระบวนการสำคัญที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมอีก 1 ประการ คือ นักเรียนประเมินข้อโต้แย้งของเพื่อน โดยครูให้นักเรียนแต่ละคนได้วิพากษ์วิจารณ์และประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนจำนวน 3 ชุด และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ไปยังนักเรียนผู้เป็นเจ้าของรายงานเพื่อปรับปรุงและแก้ไขรายงานให้สมบูรณ์มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นกระบวนการสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนผู้ประเมินและนักเรียนผู้ถูกประเมินได้สะท้อนคิด วิเคราะห์และประเมินหลักฐานจากรายงานทั้งของตนเองและเพื่อน ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ เป็นประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่สำหรับการลงข้อสรุป การให้เหตุผลเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นได้นอกจากนี้ ยังพบกระบวนการสำคัญอีก 1 กระบวนการที่มีความชัดเจนและสามารถพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น นั่นคือ การใช้ประเด็นคำถามกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือและวิเคราะห์ข้อมูล โดยครูใช้คำถามหรือประเด็นปัญหากระตุ้นให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มได้ใช้เป็นแนวทางร่วมกันในการวางแผนว่า จากสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนดและคำถามนำจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลใดบ้างและจากแหล่งข้อมูลใดที่มีความน่าเชื่อถือ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล โดยอ้างอิงประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งสามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ เนื่องจากมีกระบวนการที่สำคัญ คือ ครูกระตุ้นด้วยสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงของนักเรียน และผู้สอนกระตุ้นด้วยคำถามนำและการระบุภาระงานที่ชัดเจน



ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดความท้าทายและมีความตั้งใจจริงในการหาคำตอบของประเด็นคำถามนำและภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งสามารถเข้าถึงบริบทของสถานการณ์ที่กำหนดมาให้ และนำไปสู่การส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือเพื่อใช้ในการตอบคำถามนำและส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวร่วมกัน โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และนำข้อโต้แย้งชั่วคราวที่นักเรียนสร้างขึ้นมาร่วมกิจกรรมการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม เพื่อพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและยอมรับได้มากที่สุด และนำไปสู่การกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบกระบวนการสืบเสาะและอภิปรายถึงวิธีการที่ได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นส่งเสริมให้นักเรียนเขียนรายงานเป็นรายบุคคลเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นมีคุณภาพ โดยนักเรียนได้รับการประเมินและให้ข้อเสนอแนะจากเพื่อน และกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง และนำไปสู่การกระตุ้นให้นักเรียนแก้ไข ปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องรายงานการปฏิบัติการแห่งสหรัฐอเมริกาในการตรวจสอบโรงเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง (America's Lab Report: Investigations in High School Science) ของสภาวิจัยแห่งชาติ (National Research Council: NRC) (2012, pp. 24-26) ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทำปฏิบัติการเพื่อการพัฒนาทักษะและความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ (1) การทำกิจกรรมการปฏิบัติการจะต้องมีการสืบเสาะเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและความเข้าใจในความน่าสงสัยและความซับซ้อนของการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ (2) นักเรียนต้องได้รับโอกาสในการอ่าน การเขียน และการมีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับงานที่ได้ทำ (3) ต้องมีกระบวนการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือวิจารณ์ข้อโต้แย้งโดยการใช้คำอธิบายที่มีเหตุผลสนับสนุนอย่างน้อย 1 เหตุผล และสอดคล้องกับงานวิจัย Sampson (2011, pp. 217-257) ที่สร้างและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมทักษะและสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาปริญญาตรี โดยรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้เป็นศูนย์กลางในการโต้แย้งและใช้บทบาทของการโต้แย้งในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการทางสังคม และช่วยส่งเสริม 3 สมรรถนะหลักที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ (1) การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจและตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล

เรียนรู้การใช้เครื่องมือ และเรียนรู้วิธีการจัดการกับความคลุมเครือตลอดจนหาหลักฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง (2) การโต้แย้ง (Argumentation) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิด ข้อมูล ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่แตกต่างจากคนอื่นหรือเพื่อพิจารณาว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกต้องและเป็นที่ยอมรับได้มากที่สุด หรือเพื่ออ้างถึงข้อกล่าวอ้างใหม่เพื่อให้ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ (3) การร่วมมือ (Coordination) โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น มีการร่วมมือในการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงาน ตลอดจนมีส่วนร่วมในการประเมินและตรวจสอบข้อมูลรายงานของทุก ๆ คนในชั้นเรียน และ (4) การสื่อสาร (Communication) คือ การทำความเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนรู้ แล้วถ่ายทอดสู่ผู้อื่นให้เข้าใจในแนวคิด โน้มน้าวและสร้างความน่าเชื่อถือด้วยเหตุและผลที่สมควร โดยสื่อสารออกมาทั้งในรูปของภาษาพูด และภาษาเขียน เพื่อให้สามารถเผยแพร่ข้อมูลและแนวคิดนั้นออกไปได้

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนที่จะนำไปใช้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรคำนึงถึงในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1.1 จากงานวิจัยพบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในช่วงแผนการจัดการเรียนรู้แรก ยังคงมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบข้อมูล เช่น หนูทำอย่างนี้ถูกหรือไหมคะ ขึ้นต่อไปต้องทำอะไรต่อ เป็นต้น และไม่สามารถบริหารจัดการการทำงานของตนเอง สมาชิกในกลุ่มได้ ส่งผลให้การงานในชั้นการออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลค่อนข้างใช้เวลานาน เนื่องจากนักเรียนยังขาดประสบการณ์ในการทำงาน แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปนักเรียนก็เริ่มใช้เวลาในชั้นตอนนี้น้อยลงอย่างเหมาะสม ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรให้เวลากับนักเรียนในช่วงแผนการจัดการเรียนรู้แรกให้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เขามีประสบการณ์ในการหาหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อมาประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

1.2 ข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนในช่วงระยะแรกยังไม่ค่อยมีความสมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนสามารถระบุคำถามหรือปัญหาที่ต้องการตรวจสอบได้ แต่ยังไม่สามารถระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างสมบูรณ์ โดยการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนส่วนใหญ่จะเป็นการเขียนเพียงข้อความสั้น ๆ ไม่ได้มีการขยายความให้ชัดเจน

แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งมากขึ้น ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไป การเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนก็ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์มากยิ่งขึ้น จึงทำให้นักเรียนสามารถเลือกและตัดสินใจได้ว่า ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนเลือกเขียนมานั้นสามารถหาหลักฐานและเหตุผลที่มาสสนับสนุนให้มีความสัมพันธ์กันได้อย่างไร ดังนั้นในช่วงระยะแรก ครูผู้สอนจึงควรยกตัวอย่างข้อโต้แย้งชั่วคราวตามบริบทหรือสถานการณ์ที่มีความหลากหลาย และควรใช้เวลาในการอธิบายการเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวให้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวของนักเรียนให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

1.3 กิจกรรมการโต้แย้งของนักเรียนในช่วงระยะแรก นักเรียนหลายคนยังมีความเกรงใจไม่กล้าที่จะซักถามหรือโต้แย้งกับเพื่อนในชั้นเรียน ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรกระตุ้นและสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนมีการโต้แย้งกันมากขึ้น แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 2 เป็นต้นมา นั้นบรรยากาศในการโต้แย้งของนักเรียนก็ดีขึ้น นักเรียนสามารถโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้บนหลักฐานและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือ และไม่พบนักเรียนคนใดที่โต้แย้งนอกเหนือจากประเด็นที่กำลังศึกษา

1.4 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามสมรรถนะหลักที่แตกต่างกันไป ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปลากัดเรืองแสงเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่ สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง จมน้ำหรืออำพรางดี สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เนื้อบดนี้เป็นเนื้อของวัวหรือไม่ สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง

พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่ สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนจะได้รับการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ครบทุกสมรรถนะถึง 2 รอบ ดังนั้นในการนำไปใช้ครูผู้สอนจึงควรสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ครบทุกสมรรถนะอย่างน้อย 2 รอบ เพื่อให้ให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed-method research) ที่ใช้การวิจัยแบบรองรับภายใน (Embedded Design) ซึ่งมีการวัดหลังจากการทดลองเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถทราบได้ว่า นักเรียนในกลุ่มที่ศึกษามีพื้นฐานของความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการทดลองเป็นอย่างไร และความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression) ในด้านความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นอย่างไร ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรทำการศึกษาความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนการทดลอง และควรศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

2.2 จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง มีระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ เฉลี่ยอยู่ในระดับ 5 ซึ่งสูงกว่าระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยในงานวิจัยภายในประเทศที่ผ่านมา ดังนั้นจึงควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลให้ระดับความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนสูงขึ้น เช่น พัฒนาการทางด้านสติปัญญา สภาพแวดล้อม เพศสภาพ เป็นต้น เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยเหล่านั้นส่งผลต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

## บรรณานุกรม

- Amineh, R. J., & Asl, H. D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature and Languages*, 1(1), 117-125.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., et al. . (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* Allyn & Bacon. Boston: MA (Pearson Education Group).
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., et al. . (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* Allyn & Bacon. Boston: MA (Pearson Education Group).
- Barrows, H. S., & Kelson, A. (1993). *Problem-based learning in secondary education and the Problem-based Learning Institute (Monograph)*. Springfield: Southern Illinois University School of Medicine.
- Bestiantono, D. S. (2020). Students' Responses toward Scientific Argumentation with ADI Learning Model to Physics Literacy: A Case of Indonesian Senior High School Students. *Studies in Learning and Teaching (SiLeT)*, 1(1), 3-11.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals-Handbook 1, Cognitive Domain*. New York: David Mckay.
- Bloom, B. (1979). *Human Charaacterristics and School Leaning*. New York: Mcgraw - Hill.
- Brandon, A. F., & All, A. C. (2010). *Constructivism theory analysis and application to curricula*. *Nursing Education Perspective*, 31(2), 89-92.
- Butzow, C. M., & Butzow, J. W. (1989). Science through children's literature: An integrated approach. *Science Activities*, 27(3), 29-38.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann: Post Road West.
- Cai-Ting Wen, Chen-Chung Liu, Hsin-Yi Chang, Chia-Jung Chang, Ming-Hua Chang, Shih-Hsun Fan Chiang, & Fu-Kwun Hwang. ( 2020, May). Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy. *Computers & Education*, 149(C), 103830. Retrieved from



<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103830>

- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument intervention in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371.
- Ching-Huei Chen, Jun-Han Liu, & Wen-Chuan Shou. (2018). How Competition in a Game-based Science Learning Environment Influences Students' Learning Achievement, Flow Experience, and Learning Behavioral Patterns. *Educational Technology & Society*, 21(2), 164-176.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Children's responses to anomalous scientific data: How is conceptual change impeded? *Journal of Educational Psychology*, 94, 327-343.
- Crawford, M., & Witte, M. (1999). Strategies for Mathematics: Teaching in Context. *Educational Leadership*, 57(3), 34-38.
- Creswell, J.W. & Clark, V.L. (2011). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Thousand Oaks, Sage Publications Inc.
- Creswell, John W. (2017). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches*. Sage publications.
- Crowl et al., Cetin, P. S., & Eymur, G. (1997). Developing students' scientific writing and presentation skills through argument driven inquiry: An exploratory study. *Journal of Chemical Educational Leadership*, 64(7), 57-82.
- Darkwah, V. A. (2006). *Undergraduate Nursing Students' Level of Thinking and Self-efficacy in Patient Education in a Context-based Learning Program*. (Master's thesis). University of Alberta, Canada.
- Dillon Justin. (2009). On Scientific Literacy and Curriculum Reform. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 201-213.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Georgia Sachs Adams, & Theodore L. Torgerson. (1964). *Measurement and evaluation in education, psychology and guidance*. New York: Holt, Rinehart and Winston.



- Gupta, C. (2018). Contested fields: an analysis of anti - GMO politics on Hawai'i Island. *Agriculture Human*, 35(1), 181-192
- Gwo-Jen Hwang, Nien-Ting Tu, & Xiao-Ming Wang. (2018). Creating Interactive E-Books through Learning by Design. *Educational Technology & Society*, 21(1), 25-36.
- Halimah, Rahmat, & Redjeki. (2019). *Use of Video Modeling Examples to Improve Understanding of the Concept of Recombinant DNA Technology for Biology Teacher Candidates*. AIP Conference Proceedings 2120, 60014-60018. Retrieved from <https://doi.org/10.1063/1.5115714>
- Harahap, Fauziyah, Nasution, Nanda Eska Anugrah, & Manurung Binari. (2019, December). A comparative study of academic achievement and problem – solving abilities of black pupils at the intermediate level on computer – supported instruction and self – contained instructional programs. *Dissertation Abstracts International*, 36, 522-524.
- Herschbach, D. R. (2011). The STEM initiative: Constraints and challenges. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(1), 96-122.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: A teacher's guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense.
- Ho Je Song. (2010). A Brief Study on the Implication of Constructivism Teaching Theory on Classroom Teaching Reform in Basic Education. *International Education Studies*, 3(2), 407-419.
- Honey, Pearson, & Schweingruber. (2014). *HSTEM Integration in K-12 Education*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/309109591\\_STEM\\_integration\\_in\\_K-12\\_education\\_status\\_prospects\\_and\\_an\\_agenda\\_for\\_research](https://www.researchgate.net/publication/309109591_STEM_integration_in_K-12_education_status_prospects_and_an_agenda_for_research)
- Hovet, K. (2018). *Genetic Literacy Project. Fighting deadly adverse drug reactions through precision medicine*, 52(3), 114-121.
- Huang, H., & Mawby, P. A. (2012). A lifetime estimation technique for voltage source inverters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(8), 81-96.
- I Gede Margunayasa, Nyoman Dantes, Marhaeni A.A.I.N, & I Wayan Suastra. (2019). The Effect of Guided Inquiry Learning and Cognitive Style on Science Learning

- Achievement. *International Journal of Instruction*, 12(1), 737-750.
- Katkarn, P., Srisanyong, S., & Singlop, S. (2017). The effects of problem-based learning for developing science learning achievement, problem solving abilities and scientific attitude of prathom sukka 6 students. *Journal of Educational Psychology*, 19(1), 77-89.
- Kulwanti Bellara, Suma Nair, & Bakhtaver S. Mahajan. (2004). Students' understanding of DNA and DNA technologies after "Fifty years of DNA double helix. *epiSTEME-1*, 14(49), 19-22.
- Lin, S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017.
- McInerney, D. M., & McInerney, V. (2002). *Educational psychology: constructing learning*. Australia: Peason Education Australia Pty Limited.
- National Research Council. (1996). *Rock fractures and fluid flow: contemporary understanding and applications*. Washington: D.C: National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nawani, J., Kotzebue, L. v., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2019). Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: a lesson-design model. *Journal of Biological Education*, 53(4), 378-389.
- Next Generation Science Standard. ( 2013). *Next Generation Science Standard for State by State*. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>
- North Central Regional Education Laboratory and Metirl group. (2012). *The enGauge 21st Century Skills for 21st Century Learners*.
- Ohly, H., & Lowe, N. (2018). *Genetic Literacy Project: Biofortification, Super-nutritious crops cloud help millions of undernourished children*. Retrieved from <https://geneticliteracyproject.org/>

- Organization for Economic and Development. (2019). *What is PISA?*. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (1999). *OECD Principles of Corporate Governance*. Retrieved from [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=C/MIN\(99\)6&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=C/MIN(99)6&docLanguage=En)
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2003). *OECD Annual Report 2003*. Retrieved from [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-annual-report-2003\\_annrep-2003-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-annual-report-2003_annrep-2003-en)
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2006). *OECD Annual Report 2006*. Retrieved from [https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-annual-report-2006\\_annrep-2006-en](https://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-annual-report-2006_annrep-2006-en)
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2009). *OECD Annual Report 2009*. Retrieved from <https://www.oecd.org/newsroom/43125523.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2013). *2013 Annual Report on the OECD Guidelines for Multinational Enterprises*. Retrieved from <https://www.oecd.org/corporate/mne/2013annualreportontheguidelinesformnes.htm>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2017). *Health at a Glance 2017 OECD Indicators*. Retrieved from <https://www.oecd.org/social/health-at-a-glance-19991312.htm>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2019). *Education at a Glance 2019 OECD Indicators*. Retrieved from [https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019\\_f8d7880d-en](https://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2019_f8d7880d-en)
- Osborne, & Duschl. (2002). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics. Science & Technology Education*, 3(3), 173-184.
- Ozcan, T., Yildirim, O., & Ozgur, S. (2012). *Determining of the university freshmen students' misconceptions and alternative conceptions about mitosis and meiosis*. *Procedia*, 46, 3677-3680.
- Reimers, F., & Tiburcio, L. (1993). *Education, Adjustment and Reconstruction: Options for*

- Change. A UNESCO Policy Discussion Paper*. Paris: SP France.
- Sampson, V. (2014). Argument-driven inquiry: Way to promote Learning during laboratory activities. *The Science Teacher*, 16-24.
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science Teachers and Scientific Argumentation: Trends in Views and Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 1-27.
- Sampson, V., & Clark, D. (2006). *Assessment of argument in science education: A critical review of the literature*. International Society of the Learning Sciences. Retrieved from <https://doi.org/10.22318/icls2006.655>
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95, 217-257.
- Serla Kusuma Arum, Sunardi Sunardi, & Herry Widyastono. (2021). The Effect of Implementing Student Team Achievement Division (STAD) Learning Model on Improving the Science Learning Achievement of Children with Emotional and Social Disorders. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(12), 139-143.
- Shirkey, D., & Bennett, A. (2003). *Motivational Strategy Guidelines Based On Self-Efficacy*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.610.2732&rep=rep1&type=pdf>
- Smith, M., & Steinhauer, J. (2018). Trends in Genetics. *Call press revie*, 34(1), 1-4.
- Solomon, J., & Aikenhead, G. (1994). *STS Education: International Perspectives on Reform*. *Ways of Knowing Science Series*. New York: Teachers College Press.
- Steinhauer, J. (2018). Why is genetics education so important? Trend in Genetics. *Call press revie*, 34(1), 1-4.
- Sufen Chen, Siti Jamiatul Husnaini, & Jing-Ju Chen. (2020). Effects of games on students' emotions of learning science and achievement in chemistry. *International Journal of Science Education*, 42(13), 2228-2231.
- Walker, J., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn in science:

- Argument-Driven Inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct argument and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596.
- Winstead, R. (2018). *What Happens If We Run Out? European seed*. Retrieved from <https://european-seed.com>
- Yager, R. E. (1992). *The Constructivist Learning Model: A Must of Sts Classroom The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the Word*. Virginia: Yager, Robert E.
- Yuenyong, C., & Narjaikaew, P. (2009). Scientific Literacy and Thailand Science Education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 335-349.
- Yuenyong, & Wongsila. (2019, June). Enhancing Grade 12 Students' Critical Thinking and Problem-Solving Ability in Learning of the STS Genetics and DNA Technology Unit. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(2), 215-235.
- Yuliana Wahyu, Suastra I. Wayan, Sadia I. Wayan, & Suarni Ni Ketut. (2020, July). The Effectiveness of Mobile Augmented Reality Assisted Stem-Based Learning on Scientific Literacy and Students' Achievement. *International Journal of Instruction*, 13(3), 343-356.
- Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socio-scientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
- เทพิกา รอดสการ. (2560). *ดนตรีกับการวิจัยเชิงปริมาณ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2554). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ Measurement and achievement test construction* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติกา ภาชีผล. (2559). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กนิษฐกานต์ เบญจพลาภรณ์, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และ จินตนา กล้าเทศ. (2563, กรกฎาคม - กันยายน). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสาร*

ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 22(3), 12-24.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัลยารัตน์ พรหมศร. (2561). *การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชินีบูรณะ จังหวัดนครปฐม ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามปลายเปิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กุลธิดา ชนาภิมุข, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และ ปราณี นางงาม. (2563, เมษายน - มิถุนายน). การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การเจริญเติบโตของพืช. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 22(2), 62-73.

จตุรภัทร มาศโสภิตา, และ มนต์วี วงษ์สะพาน. (2563, กันยายน - ธันวาคม). การศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*, 14(3), 168-176.

จันทร์แสง ประเสริฐศรี. (2561). *การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จิรกาญจน์ แผนกุล. (2562). *ผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่บูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงที่มีต่อความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จิรวรรณ หนูเจริญ, และ จรรยา ดาสา. (2566). ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารและโภชนาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารราชพฤกษ์*, 21(1), 91-105.

จุฑามาศ กันทะวัง, สมศิริ สิงห์หลพ, และ ธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2563, กรกฎาคม-ธันวาคม). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์*,



21(2), 17-32.

ชวนพิศ คณะพัฒน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ (LERRA) ตามแนวคิดการแก้ปัญหาทางและการวิพากษ์วิจารณ์ทางสังคม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทศพล สุวรรณพุ่ม, และ ธิตติยา บงกชเพชร. (2562, กรกฎาคม - ธันวาคม). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 11(2), 395-409.

ทับทิมใส, ศ. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทิตินา แคมมณี. (2561). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนากรณ ชูศรี. (2555). พันธุศาสตร์. สืบค้นจาก [http://geneties.blogspot.com/2012\\_07\\_01\\_archive.html](http://geneties.blogspot.com/2012_07_01_archive.html)

ธัญชนก ทาระเนตร. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ธาดา สืบหลินวงศ์, และ พ. ม., ส. พ. (2550). แนวทางจริยธรรมการทำวิจัยในคนไทย พ.ศ. 2550. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นนทกร อรุณพฤกษ์กุล. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

นันทยา อัครอารีย์. (2560). สิ่งที่คุณอาจไม่รู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์. นิตยสาร สสวท, 45(205), 8-13.

นิริรัตน์ อาโยวงษ์, และ วิมล สำราญวานิช. (2554, ตุลาคม - ธันวาคม). การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ Yuenyong (2006).

- วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 5(4), 21-28.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุศมาพร กันทะวัง. (2562). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม เพื่อส่งเสริมการรู้พันธุศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ประกิจ รัตนสุวรรณ. (2525). *การวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประสาธน์ เถลิงเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้อัตนศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัทมพร จันทชัยภูมิ. (2563). *ผลของหน่วยการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ปารจะมี เกตุวงษ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, และ ชำนาญ เขาวงกิตพิงศ์. (2561, กรกฎาคม-ธันวาคม). ผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้กับวิธีใช้สถานการณ์จำลอง เรื่อง แรงและความดันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคำเหมื่อนแก้วบำเพ็ญวิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 11(2), 155-170.
- พลอยนัลดดา ผาบไชย, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และ อนุสรณ์ วรสิงห์. (2563, กรกฎาคม-กันยายน). การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(3), 164-176.
- พัชรินทร์ ศรีคำ. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่องชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่มีต่อเจตคติ ทางสิ่งแวดล้อมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2557). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: แฮร์สออฟเคอร์มิสท์.

พินิจ ขำวงษ์, และ (2551). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ

วิทยาศาสตร์ [เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรให้สอดคล้องกับ  
บริบท]. กรุงเทพฯ: ชุมชนเมือง.

พริยะ วรรณะไทย. (2564). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พิมพ์พลอย ตามตระกูล. (2564). การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส ด้วยการ  
จัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 5. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

เพียงปรารค์ แสงนวล, ดวงเดือน สุวรรณจินดา, และ จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2566). ผลการจัดการ  
เรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนโดยกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบ  
นิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้  
ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนจะนะชนูปถัมภ์  
จังหวัดสงขลา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 23(1), 102-115.

ภคพร อิศระ. (2558). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบเสาะแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการ  
เรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิง  
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. วารสาร  
อิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 10(2), 249-260.

ภพ เลานไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

มนตรา ฟิ่งไพศาล. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
วิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่  
ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป.  
(ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

มนตรี จันตะมะ, สิริรญา กิจเกื้อกูล, และ มลิวรรณ นาคขุนทด. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัย  
เป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทาง  
วิทยาศาสตร์และทักษะการท างานร่วมกันเป็นทีม เรื่อง การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของ  
พืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 14(1), 141-157.

รัชดาภรณ์ เชื้อเล็ก. (2551). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพพหุ

ปัญหาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความความคิดสร้างสรรค์ทาง  
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ล้วน สายยศ, และ อังคนา สายยศ. (2536). เทคนิควิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ, และ อังคนา สายยศ. (2538). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ:  
สุวีริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ, และ อังคนา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ:  
สุวีริยาสาส์น.

ลี้อชา ลดาชาติ, และ โชคชัย ยืนยง. (2559). สิ่งทีครุวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จาก โครงการ  
ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. วารสารปาริชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 28(2), 108-137.

วิภา อาสิงสมานันท์, สุริย์พร สว่างเมฆ, และ มลิวรรณ นาคขุนทด. (2560, พฤษภาคม-สิงหาคม).  
การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ  
วิทยาศาสตร์. วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์, 12(35), 87-100.

วีระพันธ์ เจริญลิขิตกวิน. (2563, กรกฎาคม-ธันวาคม). ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา  
ครุวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 20(2), 154-165.

ศราวุธ จอมนำ. (2557). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่องอัตราส่วนและร้อยละที่มี  
ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
และคุณลักษณะไม่เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศศิธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แชนมณี, และ พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัย  
เกี่ยวกับการคิดจากประเทศซีกโลกตะวันตก. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้  
พื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2559. สืบค้นจาก [http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3\\_2559.pdf](http://www.newonetestresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM3_2559.pdf)

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2564). รายงานค่าสถิติพื้นฐาน การทดสอบ 9 วิชาสามัญ.  
สืบค้นจาก <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3841>

- สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ. (2561). *กระบวนการคิดเชิงคำนวณเพื่อสนับสนุนการสอน Coding กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์แนวใหม่ ของหลักสูตรฯ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560*. กรุงเทพฯ: สถาบัน.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2016). *เกี่ยวกับ PISA*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *การวัดผลและประเมินผล วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: วิพรินทร์ (1991) จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *ตัวอย่างข้อสอบ การประเมินผล นานาชาติ PISA และ TIMSS วิทยาศาสตร์*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786167235349/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ผลการประเมิน PISA 2012 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163621344/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ยกระดับผลการเรียนรู้วิทย์-คณิต*. สืบค้นจาก <https://www.ipst.ac.th/news/27587/20220530-news.html>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561a). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)*. สืบค้นจาก [https://drive.google.com/file/d/1XE2\\_ubzlwLNH5tSZjgsIM33eYdzq1YI/view](https://drive.google.com/file/d/1XE2_ubzlwLNH5tSZjgsIM33eYdzq1YI/view)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561b). *หนังสือแบบเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์* สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *นิยามความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ Science Literacy*. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy/>
- สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และ*



- ความมีเหตุผล ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต).  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐-๒๕๗๙*.  
กรุงเทพฯ: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่ม  
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา  
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุทธิดา จำรัส. (2560). การออกแบบและพัฒนาสื่อและกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มเพื่อชีวิต เศรษฐกิจ  
และสังคม. *Humanities, Social Sciences and arts*, 12, 150-161.
- สุพรรณษา หอมฤทธิ์. (2559). *การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสัปดาห์ชั้นเพื่อศึกษาแนวคิดที่  
คลาดเคลื่อนและการขาดความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 4*. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,  
กรุงเทพฯ.
- สุรางค์ ไคว้ตระกูล. (2544). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุริยวดี นีกรักษ์, อัญชลี สิริกุลขจร, และ สิริณา กิจเกื้อกูล. (2559, พฤษภาคม – สิงหาคม). การ  
พัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้  
ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม (STSE) เรื่อง สารประกอบ  
ไฮโดรคาร์บอน. *E-Journal, Silpakorn University*, 9(2), 1329-1332.
- สุวรรณ อัมพรदनัย. (2554). *แนวคิดเรื่อง อุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสังคม และสิ่งแวดล้อม*. (วิทยานิพนธ์  
ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อนาวิล สิ้นสิงห์. (2563). *การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อ  
พัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานและความสามารถในการให้  
เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การไทเทรตกรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*.  
(ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.







ภาคผนวก ก  
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

## รายนามผู้เชี่ยวชาญ

### 1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1) รศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ | ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์         |
| 2) อ.ดร.อัจฉรา ไชยสี ชูวีรัง   | ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 2) ดร.พิริยะ วรรณไทย           | ครูชำนาญการ<br>โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย                            |

### 2. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### และแบบแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1) ผศ.ดร.สุรียพร สว่างเมฆ  | ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร             |
| 2) อ.ดร.พินิจ ขำวงษ์       | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |
| 2) ดร.บุญรัตน์ กัณฑ์ไธสงค์ | ครูชำนาญการพิเศษ<br>โรงเรียนหนองบัวแดงวิทยา                     |

### 3. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสังเกตการสอน

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1) ผศ.ดร.ปริณดา ลิ้มปานนท์ พรหมรัตน์ | ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์<br>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  |
| 2) ผศ.ดร.สุรียพร สว่างเมฆ            | ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยนเรศวร             |
| 3) อ.ดร.ศิวพร ละม้ายนิล              | ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร |



ภาคผนวก ข  
การหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 19 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน: ปลูกัดเรื่องแสงเป็น สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	
2	สาระสำคัญและเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันและถูกต้อง	+1	+1	+1	1.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	
4	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	+1	+1	+1	1.00	
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	+1	+1	1.00	
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	0	+1	0.67	
7	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับกิจกรรมและจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	

ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	สาระสำคัญ	5	5	4	4.67	สาระสำคัญยาวเกินไป
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	
4	การวัดผลและประเมินผล	4	5	5	4.67	ส่วนของผลสัมฤทธิ์ยังไม่ชัดเจน อาจจะต้องมีเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์อีกครั้ง
5	ใบกิจกรรม	5	5	4	4.67	
6	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	5	4	4.67	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

-



ตาราง 20 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2						
การหาขนาดของดีเอ็นเอและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์: จมน้ำหรืออำพรางคคี						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	
2	สาระสำคัญและเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันและถูกต้อง	+1	+1	+1	1.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	
4	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	+1	+1	+1	1.00	
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการ ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	+1	+1	1.00	
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	0	+1	0.67	
7	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความ สอดคล้องกับกิจกรรมและจุดประสงค์การ เรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	

ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	สาระสำคัญ	5	5	5	5.00	
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.67	
3	กิจกรรมการเรียนรู้	4	5	4	4.33	
4	การวัดผลและประเมินผล	4	5	5	4.67	ส่วนของผลสัมฤทธิ์ยังไม่ชัดเจน อาจจะต้องมีเครื่องมือวัด ของผลสัมฤทธิ์อีกครั้ง
5	ใบกิจกรรม	5	5	5	5.00	
6	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	5	4	4.67	

#### ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

คนที่ 1 กิจกรรมน่าสนใจ เป็นประเด็นทางสังคม แต่เป็นประเด็นที่ยังไม่มีข้อสรุป ดังนั้น ตอนลงกิจกรรมครู อาจจะต้องอธิบายถึง การยังไม่มีข้อสรุปของข้อมูลที่เป็นจริง เป็นเพียงสมมติฐานของทุกๆหลักฐานในความเป็นจริง

คนที่ 3 สถานการณ์มีความซับซ้อนมากเกินไป ซึ่งเป็นกังวลในเรื่องของการทำความเข้าใจของนักเรียน

ตาราง 21 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3						
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี DNA: เนื้อหานี้เป็นเนื้อของวัวใช่หรือไม่						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	
2	สาระสำคัญและเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันและถูกต้อง	+1	+1	+1	1.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	
4	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	+1	+1	+1	1.00	
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการ ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	+1	+1	1.00	
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	+1	0	+1	0.67	
7	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความ สอดคล้องกับกิจกรรมและจุดประสงค์การ เรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	

ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	สาระสำคัญ	5	5	5	5.00	
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4.67	
4	การวัดผลและประเมินผล	4	5	5	4.67	ส่วนของผลสัมฤทธิ์ยังไม่ชัดเจน อาจจะต้องมีเครื่องมือวัด ของผลสัมฤทธิ์อีกครั้ง
5	ใบกิจกรรม	5	5	4	4.67	
6	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	5	4	4.67	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

-

ตาราง 22 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4						
ความปลอดภัยของเทคโนโลยี DNA และมุมมองทางสังคมและจริยธรรม: พ.ร.บ. GMOs ฉบับนี้เหมาะสมกับประเทศไทยหรือไม่						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ และสาระสำคัญ	+1	+1	+1	1.00	
2	สาระสำคัญและเนื้อหาในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันและถูกต้อง	+1	+1	+1	1.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	
4	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง	+1	+1	+1	1.00	
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการ ส่งเสริมความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	+1	+1	+1	1.00	
6	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	+1	0	+1	0.67	
7	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความ สอดคล้องกับกิจกรรมและจุดประสงค์การ เรียนรู้	+1	+1	+1	1.00	

ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมฯ						
ที่	รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				ข้อเสนอแนะ
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
1	สาระสำคัญ	5	5	4	4.67	สาระสำคัญยาวเกินไป
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	
3	กิจกรรมการเรียนรู้	4	4	5	4.33	
4	การวัดผลและประเมินผล	4	5	5	4.67	อาจจะต้องทำกิจกรรมให้หลากหลาย มากกว่าการอภิปราย เช่นการได้วาที่หรืองานแถลงข่าว เพื่อความน่าสนใจมากขึ้น
5	ใบกิจกรรม	5	5	5	5.00	
6	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	5	5	5.00	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

-



คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ  
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของข้อคำถาม

ตาราง 23 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการเรียนรู้	คำถาม ข้อที่	ระดับ พฤติกรรม	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ				แปล ผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
อธิบายหลักการสร้าง	1	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	2	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
โดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์	3	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
(เนื้อหา: พันธุวิศวกรรมและ	4	เข้าใจ	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
การโคลนนิ่ง)	5	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	6	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	7	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	8	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	9	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	10	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	11	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	12	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง	13	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
และอภิปรายการนำ	14	เข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไป	15	จำ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประยุกต์ ทั้งด้าน	16	เข้าใจ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
สิ่งแวดล้อม นิติ	17	เข้าใจ	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
วิทยาศาสตร์ การแพทย์							
การเกษตรและอุตสาหกรรม							
และข้อควรคำนึง ถึงด้าน							
ชีวจริยธรรม							
(เนื้อหา: การหาขนาดของ							
ดีเอ็นเอ และการหาลำดับ							
นิวคลีโอไทด์)							

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	คำถาม ข้อที่	ระดับ พฤติกรรม	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ				แปลผล
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	
สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำ เทคโนโลยีทาง ดีเอ็นเอไป ประยุกต์ ทั้งด้าน สิ่งแวดล้อม นิติ วิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึง ถึงด้าน ชีวจริยธรรม (เนื้อหา: การประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี ดีเอ็นเอ)	18	นำไปใช้	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	19	วิเคราะห์	+1	0	0	0.33	ไม่ผ่าน
	20	นำไปใช้	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	21	วิเคราะห์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	22	นำไปใช้	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	23	นำไปใช้	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	24	วิเคราะห์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	25	นำไปใช้	0	+1	+1	0.67	ผ่าน
	26	นำไปใช้	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	27	นำไปใช้	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำ เทคโนโลยีทาง ดีเอ็นเอไป ประยุกต์ ทั้งด้าน สิ่งแวดล้อม นิติ วิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึง ถึงด้าน ชีวจริยธรรม (เนื้อหา: ความปลอดภัย ของเทคโนโลยี ดีเอ็นเอ และ มุมมองทางสังคมและ จริยธรรม)	28	ประเมินค่า	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	29	วิเคราะห์	0	0	-1	-0.33	ไม่ผ่าน
	30	ประเมินค่า	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	31	วิเคราะห์	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
	32	วิเคราะห์	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
	33	ประเมินค่า	+1	0	+1	0.67	ผ่าน

## 2. การประเมินหาความยาก อำนาจจำแนกแบบทดสอบรายข้อ

ตาราง 24 วิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกข้อสอบรายข้อ

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการประเมินข้อสอบ	ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการประเมินข้อสอบ
1*	0.63	0.35	ผ่าน	17	0.45	0.60	ผ่าน
2*	0.68	0.35	ผ่าน	18	0.63	0.35	ผ่าน
3	0.68	0.25	ผ่าน	20*	0.58	0.55	ผ่าน
4*	0.63	0.35	ผ่าน	21	0.63	0.55	ผ่าน
5*	0.63	0.25	ผ่าน	22	0.58	0.25	ผ่าน
6	0.68	0.25	ผ่าน	23*	0.65	0.50	ผ่าน
7*	0.65	0.30	ผ่าน	24*	0.55	0.30	ผ่าน
8	0.58	0.25	ผ่าน	25*	0.58	0.45	ผ่าน
9*	0.68	0.45	ผ่าน	26	0.55	0.40	ผ่าน
10	0.63	0.15	ไม่ผ่าน	27*	0.63	0.45	ผ่าน
11*	0.63	0.25	ผ่าน	28*	0.68	0.35	ผ่าน
12*	0.60	0.50	ผ่าน	30*	0.50	0.30	ผ่าน
13	0.55	0.40	ผ่าน	31*	0.70	0.40	ผ่าน
14*	0.55	0.50	ผ่าน	32*	0.58	0.35	ผ่าน
15*	0.68	0.35	ผ่าน	33	0.70	0.50	ผ่าน
16*	0.53	0.25	ผ่าน				

\* ข้อสอบที่นำมาใช้ในการเก็บผลการวิจัย จำนวน 20 ข้อ

3. การประเมินหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 ของคูเดอริชาร์ดสัน

ตาราง 25 วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ

จำนวนข้อสอบ	20 ข้อ (จำนวนข้อสอบที่นำมาใช้เก็บผลวิจัยจริง)
จำนวนนักเรียน	40 คน
$\bar{x}$	12.28
S.D.	4.29
$S^2$	17.95
KR-20	0.76
การตีความ	เครื่องมือมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป)

คุณภาพของแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ  
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของข้อคำถาม

ตาราง 26 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สถานการณ์	ข้อคำถาม (รูปแบบคำถาม)	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ				
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	แปลผล
1. พันธุวิศวกรรมและการโคลนยีน	1. โคลนนิ่ง (PISA 2000)	1. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
		2. (เลือกตอบ)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		3. (เลือกตอบเชิงซ้อน)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. ฝีดายหนู (PISA 2003)	1. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		2. (เลือกตอบเชิงซ้อน)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		3. (เลือกตอบเชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การโคลน (PISA 2015)	1. (เขียนตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		2. (เขียนตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		3. (เลือกตอบเชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

ตาราง 26 (ต่อ)

ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	สถานการณ์	ข้อคำถาม (รูปแบบคำถาม)	สมรรถนะ ทาง วิทยาศาสตร์	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ					
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	แปล ผล	
2. การหา ขนาดของ ดี เอ็นเอ และ การหาลำดับ นิวคลีโอไทด์	4. แม่พิมพ์ บุญ	1. ( ใ ช้ ย น ตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
		2. (เลือกตอบ)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
		3. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
	5. ตัวชี้ข้าง	1. ( ใ ช้ ย น ตอบ)	A	0	+1	+1	0.67	ผ่าน	
		2. (เลือกตอบ)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
		3. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
	3. การ ประยุกต์ใช้ เทคโนโลยี ดีเอ็นเอ	6. แบบที่เร็ว ย่อยสลาย ไฟม	1. (เลือกตอบ)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
			2. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	0	0.67	ผ่าน
			3. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
7. วัคซีน COVID-19		1. (เลือกตอบ)	A	0	+1	+1	0.67	ผ่าน	
		2. (เลือกตอบ)	C	0	+1	+1	0.67	ผ่าน	
		3. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
8. แมรี่ มง ตากู (PISA 2015)		1. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
		2. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	
		3. ( ใ ช้ ย น ตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	



ตาราง 26 (ต่อ)

ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	สถานการณ์	ข้อคำถาม (รูปแบบคำถาม)	สมรรถนะ ทาง วิทยาศาสตร์	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ				
				คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	แปล ผล
4. ความ ปลอดภัยของ เทคโนโลยี ดีเอ็นเอ และ มุมมองทาง สังคมและ จริยธรรม	9. ข้าวโพดตัด แปลงพันธุกรรม (PISA 2015)	1. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		2. (เลือกตอบ)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		3. (เลือกตอบ)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
10. ปลาเรือง แสง สวยแต่ อันตราย	10. ปลาเรือง แสง สวยแต่ อันตราย	1. (เลือกตอบ)	C	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		2. (เลือกตอบ)	A	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
		3. (เลือกตอบ เชิงซ้อน)	B	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

## 2. ผลการประเมินความยาก อำนาจจำแนกแบบทดสอบรายข้อ

ตาราง 27 วิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกข้อสอบรายข้อ

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการประเมินข้อสอบ	ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการประเมินข้อสอบ
1.1*	0.68	0.35	ผ่าน	6.1*	0.70	0.30	ผ่าน
1.2*	0.63	0.35	ผ่าน	6.2*	0.60	0.40	ผ่าน
1.3*	0.68	0.25	ผ่าน	6.3*	0.43	0.65	ผ่าน
2.1	0.65	0.30	ผ่าน	7.1*	0.58	0.45	ผ่าน
2.2	0.65	0.30	ผ่าน	7.2*	0.58	0.55	ผ่าน
2.3	0.65	0.20	ผ่าน	7.3*	0.65	0.50	ผ่าน
3.1*	0.58	0.35	ผ่าน	8.1	0.55	0.30	ผ่าน
3.2*	0.68	0.35	ผ่าน	8.2	0.63	0.45	ผ่าน
3.3*	0.58	0.25	ผ่าน	8.3	0.55	0.30	ผ่าน
4.1	0.68	0.45	ผ่าน	9.1*	0.55	0.40	ผ่าน
4.2	0.63	0.15	ไม่ผ่าน	9.2*	0.53	0.45	ผ่าน
4.3	0.65	0.30	ผ่าน	9.3*	0.65	0.50	ผ่าน
5.1*	0.60	0.50	ผ่าน	10.1	0.65	0.40	ผ่าน
5.2*	0.55	0.40	ผ่าน	10.2	0.48	0.45	ผ่าน
5.3*	0.58	0.45	ผ่าน	10.3	0.65	0.50	ผ่าน

3. การประเมินหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 ของคูเดอริชาร์ดสัน

ตาราง 28 วิเคราะห์ความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ

จำนวนข้อสอบ	18 ข้อ 6 สถานการณ์ (จำนวนข้อสอบที่นำมาใช้เก็บผลวิจัยจริง)
จำนวนนักเรียน	40 คน
$\bar{x}$	10.78
S.D.	4.36
$S^2$	18.57
KR-20	0.79
การตีความ	เครื่องมือมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป)

คุณภาพของแบบสังเกตการสอน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตาราง 29 แบบสรุปการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบสังเกตการสอน

จุดประสงค์การสังเกตตาม ความมุ่งหมายของการวิจัย ข้อที่ 3	ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณา				แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3 เฉลี่ย		
เพื่อศึกษากระบวนการของ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อน ด้วยกลวิธีการโต้แย้งที่มีผล ต่อการส่งเสริมความฉลาด รู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4	1. การจัดห้องเรียน/ สภาพแวดล้อมของชั้นเรียน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	2. การจัดการเรียนรู้ของครู และพฤติกรรมของนักเรียนใน แต่ละชั้นของ ADI	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	3. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับ พฤติกรรมของนักเรียนด้าน การอธิบายปรากฏการณ์ใน เชิงวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	4. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับ พฤติกรรมของนักเรียนด้านการ ประเมินและออกแบบ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
	5. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับ พฤติกรรมของนักเรียนด้านการ แปลความหมายข้อมูลและ ประจักษ์พยานในเชิง วิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน



ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์	ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ชื่อหน่วย เทคโนโลยีดีเอ็นเอ	รหัสวิชา ว30241 ชื่อวิชา ชีววิทยา 1
เรื่อง การหาขนาดของดีเอ็นเอและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์: จมน้ำหรืออำพรางคดี	
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 3 ชั่วโมง	คุณครู นายคนารักษ์ กิจประเสริฐ

### ผลการเรียนรู้

11. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมนิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม

### สาระสำคัญ

การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ซึ่งเป็นเทคนิคการแยกโมเลกุลดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกันในสนามไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นรู้นแล้วเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐานที่ทราบขนาด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบหาความสัมพันธ์ทางสายเลือด การตรวจสอบดีเอ็นเอในที่เกิดเหตุกับดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยในคดีต่าง ๆ หรือการตรวจสอบอัตลักษณ์ของบุคคลหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ทำได้โดยใช้เครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบอัตโนมัติ (Automate sequence) ซึ่งได้ผลเป็น Short Tandem Repeats (STRs) ที่สามารถบอกได้ว่าดีเอ็นเอที่พบเป็นยีนใดโดยนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีการศึกษาไว้แล้ว และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หลายพิมพ์ดีเอ็นเอเพื่อพิสูจน์อัตลักษณ์ของบุคคล หรือวิเคราะห์การเกิดมิวเทชันและใช้ทำนายโครงสร้างและการทำงานของโปรตีนได้

### จุดประสงค์การเรียนรู้

**ด้านความรู้ ความเข้าใจ (K) นักเรียนสามารถ**

1. อธิบายหลักการและประโยชน์ของการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ
2. อธิบายหลักการและประโยชน์ของการหาลำดับนิวคลีโอไทด์



### ด้านทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนสามารถ

3. สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”
4. ประเมินและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบในเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”
5. แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเกี่ยวกับเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี” โดยใช้หลักฐานและประจักษ์พยานที่มีความน่าเชื่อถือ

### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) นักเรียน

6. แสดงออกถึงการมีระเบียบวินัยในการทำใบกิจกรรม
7. สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในกลุ่มเพื่อให้งานบรรลุผลสำเร็จ
8. แสดงออกถึงการมีความรับผิดชอบในการส่งงานตามเวลาที่กำหนด

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง)

## ชั่วโมงที่ 1

### ขั้นที่ 1 การระบุนาการงานและคำถามนำ

(15 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยเล่าบรรยายและให้นักเรียนดูภาพเหตุการณ์การเสียชีวิตของดาราท่านหนึ่งที่พลัดตกจากเรือลงไปในแม่น้ำเจ้าพระยา (เค้าจากเรื่องจริงนำมาแต่งเติมข้อมูล) และใช้คำถามกระตุ้นดังนี้

- จากเหตุการณ์ เจ้าหน้าที่ตำรวจตรวจสอบคดีนี้อย่างไรบ้าง (เช่น การพิสูจน์หลักฐานในบริเวณที่เกิดเหตุว่าพบร่องรอยการต่อสู้หรือไม่ ตรวจสอบลายนิ้วมือในวัตถุต้องสงสัย ตรวจสอบวัตถุพยานในที่เกิดเหตุว่าสอดคล้องกับคำให้การของพยานหรือผู้ต้องสงสัยหรือไม่ และมีการชันสูตรศพเพื่อหาสาเหตุของการเสียชีวิต โดยดูจากร่องรอยบาดแผลที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากใบพัดเรือซึ่งเป็นอุบัติเหตุหรือเกิดจากอาวุธมีคมชนิดอื่นที่มาจาก การต่อสู้หรือการฆาตกรรม พร้อมทั้งตรวจสอบคราบเลือดในที่เกิดเหตุว่าตรงกันหรือสอดคล้องกับบุคคลใดในเรือลำนั้นบ้าง)

- เจ้าหน้าที่ตำรวจทราบได้อย่างไรว่า คราบเลือดในที่เกิดเหตุตรงกันหรือสอดคล้องกับบุคคลใดในเรือดังกล่าว (เช่น ใช้วิธีการตรวจหาความสอดคล้องของดีเอ็นเอในคราบเลือดที่เกิดเหตุว่าตรงกันหรือสอดคล้องกับดีเอ็นเอของบุคคลใดในเรือหรือไม่ หากตรงกันก็อาจจะเป็นไปได้ว่าการเสียชีวิตของดาราท่านนี้อาจไม่ใช่อุบัติเหตุ)

- นักเรียนคิดว่า การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เกิดจากอุบัติเหตุหรือไม่ และเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (นักเรียนตอบตามความคิดเห็นของตนเอง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ)

2. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-6 คน และแจกใบกิจกรรมที่ 2.1 จมน้ำหรืออำพราง

คดี

3. ครูชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงหลักฐานและวัตถุพยานที่ได้เตรียมเอาไว้ให้นักเรียน

ดังนี้

ไต่สวนที่ 1 ภาพหลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ

ไต่สวนที่ 2 หลักฐานประวัติของผู้ต้องสงสัย

ไต่สวนที่ 3 หลักฐานจากหมู่เลือด (ชุดการทดลองตรวจพิสูจน์หมู่เลือดของผู้ต้องสงสัยและเลือดในที่เกิดเหตุ)

ไต่สวนที่ 4 หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์

4. ครูชี้แจงสิ่งที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องทำ คือ นักเรียนจะต้องออกแบบวิธีการหาคำตอบ และการเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานเพื่อตอบคำถามนำที่ว่า “จากสถานการณ์ดังกล่าว การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร”

## ขั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

(45 นาที)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนวิธีการที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นเพื่อตอบคำถามนำ โดยครูใช้คำถามกระตุ้น ดังนี้

- นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลหลักฐานใดบ้าง (เช่น ข้อมูลในที่เกิดเหตุ ผู้ต้องสงสัย(มีใครบ้าง) ผลการตรวจหมู่เลือด ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (คืออะไรและมีประโยชน์อย่างไร)

- นักเรียนจะรวบรวมข้อมูลหลักฐานนั้นอย่างไร (เช่น เชื่อมโยงเหตุการณ์กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบหมู่เลือด สืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับลายพิมพ์ดีเอ็นเอว่าคืออะไรและมีประโยชน์อย่างไร)

- ทำไมจึงเลือกที่จะหาคำตอบด้วยวิธีการเช่นนี้

- ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปสู่การตอบคำถามได้หรือไม่

จากนั้นลงมือปฏิบัติเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีครูคอยอำนวยความสะดวก

## ชั่วโมงที่ 2

### ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

(30 นาที)

6. ครูกระตุ้นนักเรียนเกี่ยวกับคำถามนำที่เราต้องการหาคำตอบอีกครั้ง จากนั้นชี้แจงเกี่ยวกับการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมมา แล้วนำมาสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) คำชี้แจงต่อหลักฐานหรือการให้เหตุผล โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง

7. นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล แปลผลข้อมูล และอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ในใบกิจกรรมที่ 2.2 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว “จมน้ำหรืออำพรางคดี”

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวของกลุ่มลงในกระดาษบรูฟ

ครูคอยกระตุ้นนักเรียน นักเรียนลองคิดด้วยว่าอะไรคือแนวความคิดตรงข้ามหรือต่อต้านแนวคิดของเรา ซึ่งนักเรียนควรคำนึงถึงเพื่อเตรียมชี้แจงหลักฐานที่มีต่อข้อกล่าวอ้างด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

### ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง

(20 นาที)

9. ครูชี้แจงกิจกรรมก่อนการโต้แย้ง ดังนี้ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือการโต้แย้งจากหลักฐาน ในการดำเนินกิจกรรมจะให้นักเรียนได้นำเสนอและประเมินข้อโต้แย้งชั่วคราวกับกลุ่มอื่นในชั้นเรียน และกลับมาแก้ไขข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง โดยให้สมาชิกของกลุ่ม 1 คนประจำอยู่ที่กลุ่มตนเองเพื่อนำเสนอแลกเปลี่ยนข้อโต้แย้ง ขณะที่สมาชิกที่เหลือไปยังกลุ่มต่าง ๆ เพื่อฟังและวิพากษ์คำอธิบายหรือข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้น

10. นักเรียนดำเนินกิจกรรมการโต้แย้งตามที่ได้ชี้แจงไว้ ครูคอยเดินดูแต่ละกลุ่มเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวอย่งที่ดีของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ใช้คำถามในการวิพากษ์ เช่น นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลมาได้อย่างไร ข้อมูลใดบ้างที่ไม่เหมาะกับข้อกล่าวอ้าง จงอธิบายว่าข้อกล่าวอ้างนี้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใด และทำไมหลักฐานนั้นจึงสำคัญ

11. เมื่อทำกิจกรรมเสร็จ นักเรียนกลับเข้ากลุ่มตนเอง อภิปรายร่วมกันถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกลุ่มอื่น ครูกระตุ้นนักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแก้ไขข้อโต้แย้งโดยอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลหรือวิเคราะห์ข้อมูลใหม่เพิ่มเติม

**ขั้นที่ 5 การอภิปรายผลที่ชัดเจนและการสะท้อนกลับ****(10 นาที)**

12. นักเรียนเล่าประสบการณ์ของตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ทั้งในด้านการสืบเสาะหาความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ (1) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อตอบคำถามนำ (2) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องใช้เพื่อชี้แจงหรือให้เหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

13. ครูอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ได้แก่ การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอและการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ ดังนี้

13.1 การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอเป็นกระบวนการในการวิเคราะห์ดีเอ็นเอโดยใช้วิธีเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส ซึ่งเป็นการแยกขนาดดีเอ็นเอ ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยให้ดีเอ็นเอเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นแผ่นวุ้นที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า โมเลกุลดีเอ็นเอที่มีประจุลบ (Cathode) จะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก (Anode) จากนั้นนำโมเลกุลดีเอ็นเอขนาดต่าง ๆ ที่ถูกแยกในสนามไฟฟ้าไปเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐานที่ทราบขนาด (DNA molecular weight marker) ก็จะทำให้ทราบขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอที่ต้องการศึกษา สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบหาความสัมพันธ์ทางสายเลือด การตรวจสอบดีเอ็นเอในที่เกิดเหตุกับดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยในคดีต่าง ๆ หรือการตรวจสอบอัตลักษณ์ของบุคคลหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

13.2 การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ทำได้โดยใช้เครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบอัตโนมัติ (Automate sequence) ซึ่งจะได้ผลเป็น STR ที่สามารถบอกได้ว่าดีเอ็นเอที่พบเป็นยีนใดโดยนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีการศึกษาไว้แล้ว และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์การเกิดมิวเทชันและใช้ทำนายโครงสร้างและการทำงานของโปรตีนได้

14. นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของการสำรวจตรวจสอบที่นักเรียนได้ออกแบบและดำเนินการ จากนั้นครูให้แนวทางและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อการปรับปรุงในครั้งต่อไป

**ชั่วโมงที่ 3****ขั้นที่ 6 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ****(20 นาที)**

15. ครูชี้แจงว่า ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้ข้อโต้แย้งของกลุ่มที่ผ่านการประเมินโดยเพื่อนและแก้ไขปรับปรุงในกิจกรรมการโต้แย้งมาแล้ว ซึ่งนักเรียนจะต้องถ่วงรอกความคิดและเขียนมาในรายงานไม่เกิน 1 หน้ากระดาษ A4 ตามประเด็นดังนี้

1) คำถามที่นักเรียนกำลังพยายามหาคำตอบคืออะไร และทำไม

2) นักเรียนทำอะไรบ้าง และทำไมจึงทำเช่นนั้น

3) คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

16. นักเรียนแต่ละคนลงมือเขียนรายงาน (ใบกิจกรรมที่ 2.3 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ)

### ขั้นที่ 7 การตรวจสอบโดยเพื่อน

(20 นาที)

17. นักเรียนส่งรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตัวจริงและสำเนาจำนวน 3 ชุด โดยไม่ต้องระบุชื่อ และให้ครูกำหนดรหัสในรายงาน

18. ครูสุ่มแจกสำเนาให้นักเรียนแต่ละคน คนละ 3 ชุดที่แตกต่างกัน และชี้แจงให้นักเรียนช่วยกันประเมินรายงานแต่ละฉบับร่วมกันตามประเด็นในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน

19. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการประเมินรายงานแต่ละฉบับร่วมกัน เมื่อเสร็จสิ้นแล้วรวบรวมส่งครู

### ขั้นที่ 8 การปรับปรุงและส่งรายงาน

(20 นาที)

20. ครูคืนรายงานพร้อมผลในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อนให้นักเรียนที่เป็นเจ้าของ

21. นักเรียนแต่ละคนทบทวนรายงานของตนเอง โดยพิจารณาจากข้อเสนอแนะในแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน จากนั้นแก้ไข ปรับปรุง โดยเฉพาะคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้มีความน่าเชื่อถือและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หากจุดใดไม่แก้ไขเขียนเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ทำตามคำแนะนำ

22. นักเรียนส่งรายงานพร้อมเขียนชื่อของตนเองบนกระดาษรายงาน และที่แก้ไขแบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อนแล้วให้กับครู

### สื่อการสอน/แหล่งการเรียนรู้

- สื่อ Power Point เรื่อง การหาขนาดของดีเอ็นเอ และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์
- หนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 2, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ
- ใบกิจกรรมที่ 2.1 จมน้ำหรืออัมพรางคดี

- ใบกิจกรรมที่ 2.2 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว “จมน้ำหรืออำพรางคดี”
- ใบกิจกรรมที่ 2.3 รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”
- แบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน
- หลักฐานและวัตถุพยานที่ได้เตรียมเอาไว้ให้กับนักเรียน แบ่งหลักฐานออกเป็น 4 ประเภท (ลิงค์หลักฐาน: <https://shorturl.asia/1Bq6z>) ดังนี้
  - ภาพหลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ
  - หลักฐานประวัติของผู้ต้องสงสัย
  - หลักฐานจากหมู่เลือด (ชุดการทดลองตรวจพิสูจน์หมู่เลือดของผู้ต้องสงสัยและเลือดในที่เกิดเหตุ) ประกอบด้วย 1) แผ่นสไลด์ จำนวน 8 แผ่นและกระดาษกรอง 2) ไม้จิ้มฟัน จำนวน 8 อัน 3) กระดาษกรองจำนวน 8 แผ่น 4) คู่มือการตรวจเลือด จำนวน 1 ชุด 5) แบบบันทึกการตรวจสอบผลเลือด 1 ชุด 6) ตัวอย่างเลือดที่พบในที่เกิดเหตุและเลือดผู้ต้องสงสัย (ประกอบด้วยหมู่ A ทำจาก สีส้มอาหาร+นม, หมู่ B ทำจากสีผสมอาหาร+น้ำส้มสายชู, หมู่ AB ทำจากหมู่ A+หมู่ B และหมู่ O ทำจากน้ำ+สีผสมอาหาร) 7) น้ำยาตรวจหมู่เลือดแอนติบอดี A และแอนติบอดี B (ประกอบด้วยแอนติบอดี A ทำจากสีผสมอาหาร+น้ำส้มสายชู และแอนติบอดี B ทำจากสีผสมอาหาร+ซูปเปอร์กลูต)
  - หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์

### ชิ้นงาน/ภาระงาน/หลักฐานของการเรียนรู้

- การสำรวจตรวจสอบข้อมูลหลักฐานเกี่ยวกับ จมน้ำหรืออำพรางคดี
- การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว “จมน้ำหรืออำพรางคดี”
- รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”

### การวัดและการประเมินผล

รายการ	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
1. อธิบายหลักการและประโยชน์ของการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1	- แบบประเมินความรู้	- ได้คะแนนตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป
2. อธิบายหลักการและประโยชน์ของการหาลำดับนิวคลีโอไทด์	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1	- แบบประเมินความรู้	- ได้คะแนนตั้งแต่ 2 คะแนนขึ้นไป



รายการ	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่าน
3. สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.3	- แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	- ระดับดีขึ้นไป
4. ประเมินและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบในเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1 - ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.3	- แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	- ระดับดีขึ้นไป
5. แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเกี่ยวกับเหตุการณ์ “จมน้ำหรืออำพรางคดี” โดยใช้หลักฐานและประจักษ์พยานที่มีความน่าเชื่อถือ	- ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.1 - ตรวจใบกิจกรรมที่ 2.3	- แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	- ระดับดีขึ้นไป
5. แสดงออกถึงการมีระเบียบวินัยในการทำงาน	- สังเกตการทำงานและพฤติกรรม	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	- ระดับดีขึ้นไป
6. สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในกลุ่มเพื่อให้งานบรรลุผลสำเร็จได้			
7. แสดงออกถึงการมีความรับผิดชอบในการส่งงานตามเวลาที่กำหนด			



## ใบกิจกรรมที่ 2.1 จมน้ำหรืออำพรางคดี

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

### บทนำ

ดาราท่านหนึ่งพลัดตกจากท้ายเรือลงไปในแม่น้ำเจ้าพระยาเสียชีวิต โดยเจ้าหน้าที่ได้มีการเก็บกู้ศพดาราคณดังกล่าวเพื่อไปชันสูตร ปรากฏว่าพร่องรอยบาดแผลเป็นรอยของมีคมกรีดลึกลงไปบริเวณต้นขาด้านขวา เป็นสาเหตุให้ดาราคณดังกล่าวไม่สามารถว่ายน้ำได้และจมน้ำเสียชีวิต โดยบนเรือลำนั้นได้มีบุคคลอื่นอีก 7 คน ที่อยู่ในเหตุการณ์และทุกคนให้ปากคำไปในทางเดียวกันว่าดาราคณดังกล่าวตกเรือลงไปเอง และบาดแผลที่เกิดขึ้นก็น่าจะเกิดจากใบพัดเรือ โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจพิสูจน์หลักฐานได้พบคราบเลือดบนเรือที่เกิดเหตุจึงได้เก็บและนำไปตรวจหาขนาดของดีเอ็นเอและหาลำดับนิวคลีโอไทด์ต่อไป

### ภาระงาน

ให้นักเรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามนำที่ว่า “การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร”

**คำถามนำ** การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร

### สื่อ วัสดุ และอุปกรณ์

1. หลักฐานและวัตถุพยานที่ได้เตรียมเอาไว้ให้นักเรียน มี 4 ประเภท ดังนี้
  - หลักฐาน 1 พยานหลักฐานในที่เกิดเหตุ
  - หลักฐาน 2 ประวัติและคำให้การของผู้ต้องสงสัย
  - หลักฐาน 3 คราบเลือดในที่เกิดเหตุและตัวอย่างเลือดจากผู้ตายและผู้ต้องสงสัย (ชุดการทดลองตรวจพิสูจน์หมู่เลือด)
  - หลักฐาน 4 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส จากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์

### พยานหลักฐานในที่เกิดเหตุ

1. เจ้าหน้าที่ได้พบมีดเบื่อนเลือดในที่เกิดเหตุ จึงได้ส่งตรวจลายนิ้วมือบนด้ามมีดที่สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ พบว่า มีลายนิ้วมือของผู้ตายปรากฏอยู่เพียงคนเดียว เจ้าหน้าที่จึงได้เก็บคราบเลือดที่เบื่อนบนใบมีดไปตรวจสอบต่อไป

2. หลังจากที่ยังมหาหลักฐานได้น้ำ เจ้าหน้าที่ได้พบแก้วไวน์ที่แตกแล้ว อยู่บนพื้นดินใต้น้ำ บริเวณที่เรือจอดอยู่พอดี จึงได้ส่งตรวจลายนิ้วมือบนแก้วไวน์ และลดยคราบเลือดที่สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ พบว่า ไม่เจอลายนิ้วมือของใครเลยและไม่พบคราบเลือดบนแก้วไวน์นั้นด้วย ซึ่งเจ้าหน้าที่สันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากวัตถุพยานชิ้นดังกล่าวแช่น้ำเป็นเวลานานเกินไป จนเกิดการชะล้างร่องรอยต่าง ๆ ออกไป

3. เจ้าหน้าที่พบขวดไวน์สองขวดที่ถูกเปิดไว้แล้ว จึงได้นำไปตรวจหาลายนิ้วมือ ปรากฏว่าพบลายนิ้วมือของผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 คนที่ 3 คนที่ 5 และลายนิ้วมือของผู้ตายบนขวดไวน์ทั้งสองขวด นอกจากนี้ยังพบตัวยาไดอะซีแพม ซึ่งเป็นยานอนหลับที่อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์เท่านั้นถูกละลายอยู่ในไวน์ขวดที่ 1 ส่วนขวดที่ 2 ไม่พบสารละลายใดเลย

4. จากการชันสูตรพลิกศพเป็นเพศหญิงอายุ 37 ปี สูง 167 ซม. สวมชุดว่ายน้ำน้ำบอดี้สูท และมีเลือดคูลมสีน้ำตาลสวมทับด้านนอกเต็มตัว โดยกระดูก ฟันครบไม่มีรอยแตกหัก บริเวณศีรษะไม่พบบาดแผล และรอยชำรุด

นอกจากนี้ตรวจพบเมทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 93 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ในตัวอย่างน้ำจากในลูกตา และไม่พบสารเสพติดและสารมอมเมา พบเพียงสารไดอะซีแพม และพบโคลนในหลอดลม

สภาพบาดแผลภายนอกร่างกายรวม 26 บาดแผล แบ่งเป็นบาดแผล 10 กลุ่ม

บาดแผลที่ 1 เป็นแผลขนาดใหญ่ที่สุดที่ต้นขาขวาด้านใน ฉีกขาด ขอบค่อนข้างเรียบลึกถึงชั้นกล้ามเนื้อและบางส่วนถึงกับฉีกขาด และบาดแผลกลุ่มนี้ จะใช้ในการงอขา

กลุ่มที่ 2 บาดแผลฉีกขาดค่อนข้างเรียบ เป็นแผล ขี้อับเข้าขวา 3 แผล

กลุ่มที่ 3 บาดแผลถลอกแนวยาวน่องขวา และแผลขนานกัน 5 แผล

กลุ่มที่ 4 แนวแผลถลอกแนวยาวต้นขาซ้ายด้านในแนวเฉียงขนานกัน 3 แผล

กลุ่มที่ 5 บาดแผลฉีกขาดขี้อับเข้าซ้าย 2 แผล

กลุ่มที่ 6 บาดแผลถลอกเป็นแนวยาวจากขี้อับเข้าซ้ายถึงน่องซ้ายด้านใน 7 แผล

กลุ่มที่ 7 บาดแผลถลอกที่เข้าซ้ายด้านนอกและด้านนอก

กลุ่มที่ 8 บาดแผลฟกช้ำบริเวณด้านนอก

กลุ่มที่ 9 บาดแผลฟกช้ำเข้าซ้าย

กลุ่มที่ 10 บาดแผลฟกช้ำบริเวณข้างซ้าย

บาดแผลทั้ง 10 กลุ่ม มีการเก็บ นำเนื้อเยื่อไปตรวจสอบพบว่าเม็ดเลือดแดงในเนื้อเยื่อแสดงว่า 26 บาดแผลบนศพเกิดก่อนการเสียชีวิตทั้งหมด

จากข้อมูลระบุถึงสาเหตุของบาดแผลว่า มีการวิเคราะห์กลุ่มบาดแผลทั้งหมด โดยพบบาดแผล

ขนาดใหญ่ที่สุดบริเวณขาคาด้านในมีขนาดกว้าง 7 ซม. ยาว 26 ซม. มุมบนและล่างบาดแผลลึก 1.5 ซม. และกลางแผลลึก 4.5 ซม. เมื่อเทียบกับขนาดองศา และใบพัดเรือมีขนาดเข้ากันได้กับบาดแผล เมื่อเย็บบาดแผล และจำลองบาดแผลบนดินน้ำมันจะได้พบรอยโค้งเว้าในลักษณะเดียวกัน จึงเชื่อว่าบาดแผลเกิดการถูกใบเรือปั่น

ส่วนบาดแผลเล็กๆ ที่เกิดขึ้นได้มีจำลองพบว่า ระยะและขนาดสอดคล้องกับการปั่นของใบพัดเรือ ทำให้เกิดบาดแผลข้างซ้ายและขวา มุมองศาของบาดแผลบนศพ เชื่อว่า ถูกใบพัดปั่น

แพทย์สรุปสาเหตุการเสียชีวิตของดาราท่านนี้คือ "ขาดอากาศหายใจจากการจมน้ำ"

### ประวัติและคำให้การของผู้ต้องสงสัย

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1** เพศ หญิง อายุ 30 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ นักแสดง ความสัมพันธ์กับผู้ตาย เพื่อนในวงการบันเทิง

คำให้การ: ดิฉันเคยทำงานแสดงร่วมกันกับผู้เสียชีวิตมาได้ 4-5 ปีที่แล้ว แต่พอ 1 ปีให้หลังมา ดิฉันก็ไม่ค่อยได้ติดต่อกับผู้ตายอีกเลยเนื่องจากดิฉันเองก็หันไปทำธุรกิจความงามเราเลยไม่ค่อยได้คุยกัน จนเมื่อคืนนี้ผู้ตายได้โทรมาหาดิฉัน เราได้ถามสารทุกข์สุกดิบกัน ผู้ตายเองก็ได้บ่นกับดิฉันถึงเพื่อนผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 ที่ชอบมาขอยืมเงินกับเธออยู่เป็นประจำ จนตอนนี้ดิฉันคิดว่าผู้ตายมากกว่า 2 ล้าน จากนั้นผู้ตายจึงชวนดิฉันมากินข้าวบนเรือลำนี้ด้วยกัน ด้วยความที่คิดถึงเพื่อนดิฉันจึงตอบตกลงและได้มาอยู่ในเรือลำที่เกิดเหตุนี้ ดิฉันเสียใจมากที่รู้ว่าเพื่อนสุดที่รักของดิฉันได้จากไปแล้ว

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2** เพศ ชาย อายุ 36 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ รับจ้างขับเรือ ความสัมพันธ์กับผู้ตาย ไม่มี

คำให้การ: ผมได้รับการจ้างจากผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 ให้มาขับเรือลำที่เกิดเหตุนี้ในราคา 3,600 ต่อชั่วโมง โดยเส้นทางการเดินเรือตั้งแต่ท่าพระจันทร์จนถึงเอเชียทีค ระยะทางประมาณ 12 กิโลเมตร ไปถึงก็ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งในขณะที่ผมกำลังขับเรือผ่านสะพานพุทธ อยู่ดี ๆ ก็ได้ยินเสียงเหมือนคนตกน้ำลงไป และผมได้ยินเสียงของผู้ต้องสงสัยคนที่ 4 ตะโกนบอกผมมาว่า มีคนตกเรือ เมื่อหันหลังไปก็พบกับผู้ต้องสงสัยคนที่ 1, 4, 5, 7 อยู่ที่ท้ายเรือ ผมจึงเลี้ยวหัวเรือกลับไปดู พวกเขาทุกคนช่วยกันหาผู้ตายและผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 เป็นคนโทรหาหน่วยกู้ภัยและตำรวจ โดยก่อนเกิดเหตุผมสังเกตเห็นทุกคนกำลังดื่มไวน์อย่างสนุกสนาน มีเพียงผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 ที่ไม่ได้ดื่มไวน์เนื่องจากเขาแพ้แอลกอฮอล์ จึงยื่นแก้วไวน์ที่ได้รับมาให้กับผมดื่มแทน

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3** เพศ ชาย อายุ 28 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ นักร้อง ความสัมพันธ์กับผู้ตาย แฟนผู้ตาย

คำให้การ: ผมกับผู้ตายเราคบกันเป็นแฟนมาได้ 3 ปีแล้ว เราเจอกันครั้งแรกที่ร้านอาหารแถวสะพานพุทธใกล้กับที่เกิดเหตุในครั้งนี้ หลังจากนั้นผมกับเขาก็คุยกันจนเป็นแฟนกัน ผมไม่เคยทะเลาะอะไรกับเขาเลย ผมยอมเขาทุกอย่าง เพราะผมรักเขามาก ผู้ตายเป็นคนที่สวยงามจึงมีผู้ชายหลายคนมาจีบแต่เธอก็ไม่เคยสนใจเพราะเธอเองก็รักผมมากเช่นกัน เราไว้ใจกันและมักจะเล่าทุกอย่างให้ฟังกัน อย่างวันนี้ที่เราตัดสินใจมา

กินข้าวกันบนเรือลำนี้ก็เพราะเธอได้ยินข่าวว่าผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 ซึ่งเคยเป็นเพื่อนรักของผู้ตาย เธอป่วยเป็นโรคซึมเศร้าและกินยานอนหลับเป็นประจำตามแพทย์สั่ง เนื่องจากเธอมีอาการหนักมากจากความเครียดในเรื่องธุรกิจของเธอที่กำลังจะล้มละลาย ผู้ตายจึงอยากจะชวนเขามากินข้าวด้วยเพื่อให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือเท่าที่จะทำได้ แต่ก็ไม่ได้คิดเลยว่าวันนี้จะเป็นวันสุดท้ายของผู้ตาย

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 4** เพศ หญิง อายุ 33 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ ผู้จัดการตราความสัมพันธกับผู้ตาย เพื่อนสนิทผู้ตาย

คำให้การ: ดิฉันเป็นผู้จัดการของผู้ตายมาได้สัก 6 ปี ตั้งแต่ดิฉันยังไม่ท้องลูกคนแรกผู้ตายเป็นคนดีมาก เขารับลูกสาวดิฉันเป็นบุตรบุญธรรมและส่งเสริมเลี้ยงดูลูกสาวดิฉันเป็นอย่างดีจนตอนนี้ลูกสาวได้เข้าเรียนโรงเรียนนานาชาติเพราะความช่วยเหลือจากผู้ตาย ส่วนเหตุการณ์ในวันนี้ผู้ตายได้นัดเพื่อน ๆ มาร่วมกินข้าวบนเรือด้วยกันเนื่องจากผู้ตายไม่ค่อยได้เจอเพื่อนมานานมากแล้ว อีกอย่างผู้ตายอยากคืนดีกับแฟนของเขาด้วย เนื่องจากแฟนของผู้ตายเป็นคนชอบหึงหวงผู้ตายและมักมีปากเสียงกันบ่อย ๆ แต่สิ่งที่ไม่คาดคิดก็เกิดขึ้น ในขณะที่เกิดเหตุดิฉันเห็นผู้ตายรับแก้วไวน์จากผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 จากนั้นเธอก็เดินไปทำยเรือเพื่อไปปัสสาวะ จากนั้นดิฉันก็ได้ยินเสียงดังตุ้ม!!! ดิฉันและผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 รีบไปดูและพบว่าผู้ตายตกลงไปในน้ำแล้ว จึงตะโกนบอกให้ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2 รีบหันหัวเรือกลับไปแต่ก็พบว่าไม่ทันเสียแล้ว

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 5** เพศ ชาย อายุ 37 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ นักธุรกิจ ความสัมพันธกับผู้ตาย เพื่อนผู้ตายสมัยมัธยม

คำให้การ: ผมกับผู้ตายเราเป็นเพื่อนสนิทกันมาตั้งแต่มัธยมแล้ว จริง ๆ แล้วเราเคยเป็นแฟนกันด้วย แต่ก็เลิกกันไป 4 ปีแล้ว จนเมื่อสี่เดือนที่แล้วผู้ตายติดต่อกลับมาว่าเขาสนใจในธุรกิจสังหาริมทรัพย์ที่ผมดำเนินการอยู่ เราจึงลงทุนร่วมกัน ธุรกิจของเรากำลังไปได้ดี ผมจึงชวนเธอมากินข้าวบนเรือนี้ที่ผมจ้างมา เพื่อเฉลิมฉลองความสำเร็จของธุรกิจเรา ผู้ตายก็ขอชวนเพื่อน ๆ ของเขามาด้วย ซึ่งผมก็ไม่ได้ว่าอะไร แต่ผมก็ไม่คิดว่าเขาจะชวนผู้จัดการชู้โกงคนนั้นมาด้วย เพราะผู้ตายเคยเล่าให้ผมฟังว่าผู้จัดการคนนี้เคยโกงเงินและแอบรับงานเองโดยผู้ตายไม่รู้เรื่อง ผู้ตายจึงต้องการที่จะเปลี่ยนผู้จัดการใหม่ซึ่งก็คือผู้ต้องสงสัยคนที่ 7 ให้มาทำหน้าที่แทน โดยก่อนเกิดเหตุผมได้รับแก้วไวน์จากผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 ที่รินให้กับทุกคนบนเรือ เราทุกคนสนุกสนานกันมาก แต่ก็ไม่คิดว่าผู้ตายจะจากไปเร็วเพียงนี้ ผมว่างานนี้มีคนรวยเพราะมรดกที่ผู้ตายทำไว้ให้ลูกสาวแน่ ๆ

**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 6** เพศ ชาย อายุ 32 ปี หมู่เลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ ค้าขายออนไลน์ ความสัมพันธกับผู้ตาย แฟนของเพื่อนผู้ตาย (ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1)

คำให้การ: ผมเป็นแฟนของผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 โดยส่วนตัวแล้วผมเองไม่ค่อยรู้จักกับผู้ตายสักเท่าไร แต่แฟนของผมเป็นเพื่อนรักของผู้ตาย เธอเป็นคนดีมากขนาดแฟนผมป่วยเป็นซึมเศร้าผู้ตายกับแฟนของเขายังพาแฟนผมไปหาหมอเพื่อรักษา เพราะตอนนั้นผมกับแฟนประสบปัญหาทางการเงินอย่างมาก อย่างไรก็ตามวันนี้ผู้ตายก็ชวนแฟนกับผมไปกินข้าวด้วยกันบนเรือ ในตอนนั้นผมเห็นผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 รินไวน์ให้กับทุกคน แต่ผมเองแพ้แอลกอฮอล์จึงดื่มไม่ได้ เลยนำไปให้คนขับเรือ ไม่นานผมก็ได้ยินเสียงแก้วแตกที่ท้ายเรือ เมื่อหันไปดูก็พบผู้ต้องสงสัยคนที่ 1, 3, 4, 5, 7 และผู้ตายยืนอยู่ที่ท้ายเรือ ดูเหมือนพวกเขาจะมีปากเสียงกัน และสังเกตเห็นผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 และ 5 มีเลือดไหลออกมาจากมือก่อนที่ผู้ตายจะจมน้ำหายไป



**ผู้ต้องสงสัยคนที่ 7** เพศ หญิง อายุ 35 ปี หมูเลือด กำลังตรวจสอบ อาชีพ นางแบบ

ความสัมพันธ์กับผู้ตาย แฟนของเพื่อนผู้ตาย (ผู้ต้องสงสัยคนที่ 5)

คำให้การ: ดิฉันขึ้นมาบนเรือนี้ได้เพราะดิฉันเป็นแฟนของผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 เขานัดผู้ตายและเพื่อน ๆ มาทานข้าวกันบนเรือลำนี้ ส่วนตัวดิฉันไม่รู้จั๊กกับผู้ตายเลย แต่ดิฉันสังเกตเห็นความปกติของแฟนฉันกับผู้ตายที่เขาดูสนิทสนมกันมากเกินไป และแฟนของผู้ตายก็ดูท่าจะไม่พอใจกับสิ่งที่เกิดขึ้น เขาจึงเดินเขาไปหาผู้ตายสองต่อสองที่ทำยเรือและมีปากเสียงกัน ผู้ตายได้โยนแก้วไวน์ทิ้งจนแตกและใช้มีดแทงเข้าไปโดนมือของผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 จนเลือดไหลออกมา ทุกคนรวมถึงดิฉันพยายามเข้าไปห้ามปราม จนทั้งคู่แยกย้ายกันไป ก่อนที่ผู้ตายจะเดินโซเซไปทำยเรือและตกลงไปในน้ำ แต่ก็แปลกนะคะที่ทุกคนบนเรือไม่มีใครร้องให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นเลย ถ้าเป็นเพื่อนของดิฉันเองคงตามวมไปหลายวัน

**ประวัติของผู้ตาย** เพศ หญิง อายุ 37 ปี หมูเลือด A อาชีพ นักแสดง

ข้อมูลส่วนตัว: ผู้ตายเป็นดาราที่มีชื่อเสียงมาก เขาเคยเป็นแฟนกับผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 ก่อนที่จะเลิกกันไปเพราะมือที่สามอย่างผู้ต้องสงสัยคนที่ 7 ซึ่งเป็นแฟนของเขาในปัจจุบันจนเป็นข่าวโด่งดังมากในช่วงนั้น เพราะทั้งผู้ตายและผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 และ 7 เคยเป็นเพื่อนรักกันมาก่อน หลังจากนั้นผู้ตายจึงได้รู้จักและคบหาดูใจกับผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 ผ่านทางผู้จัดการที่เป็นผู้ต้องสงสัยคนที่ 4 ซึ่งเป็นบุคคลที่ทำให้ทั้งคู่ได้รู้จักกัน และเคยมีข่าวว่าแฟนของเขากับผู้จัดการเคยแอบคบหากันลับหลังดาราสาวคนนี้ และเชื่อว่าดาราสาวคนนี้รู้เรื่องทุกอย่าง ไม่เพียงแค่นั้นดาราสาวยังรับลูกสาวที่คาดว่าน่าจะเกิดจากการแอบคบหากันอย่างลับ ๆ ของผู้จัดการและแฟนหนุ่มมาเป็นบุตรบุญธรรมและเขียนมอบมรดกทุกอย่างให้กับลูกสาวคนนี้ ก่อนที่จะตัดสินใจให้ผู้ต้องสงสัยคนที่ 7 มาเป็นผู้จัดการส่วนตัวคนใหม่ ส่วนผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 และ 6 เคยเป็นเพื่อนสนิทของผู้ตาย และผู้ตายกับผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 เคยทะเลาะกันและเลิกคบหากันไปสักกระยะหนึ่ง ก่อนที่ทั้งคู่จะกลับมาคบหากันเนื่องจากผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 ได้เล่าเรื่องของผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 เกี่ยวกับอาการของโรคซึมเศร้าที่เขาเป็นและสถานะทางการเงินที่ไม่สู้ดีนักของทั้งคู่ ผู้ตายจึงยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือ ซึ่งทั้งผู้ตายและแฟนของผู้ตายได้เคยพาผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 พบแพทย์เพื่อรักษาและให้ยานอนหลับชนิดไดอะซีแพมแก่ผู้ป่วยเพื่อช่วยลดอาการเครียด ซึ่งผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 มักจะเก็บยานี้ไว้ในกระเป๋าที่ผู้ตายและแฟนของผู้ตายร่วมกันซื้อให้ในวันเกิดปีที่แล้ว ส่วนผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 ที่จริงแล้วเขาเป็นพ่อของลูกสาวของผู้จัดการดาราสาวคนนี้

**คราบเลือดในที่เกิดเหตุและตัวอย่างเลือดของผู้ตายและผู้ต้องสงสัย**

คราบเลือดในที่เกิดเหตุ  
 ตัวอย่างเลือดผู้ตาย  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 1  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 2  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 3  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 4  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 5  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 6  
 ตัวอย่างเลือดของผู้ต้องสงสัยคนที่ 7



2. อุปกรณ์ในการนำเสนอหน้าชั้นเรียนของนักเรียน เช่น กระดาษบรูฟ ปากกาเคมี กระดานไวท์บอร์ด ปากกาไวท์บอร์ด

**การออกแบบวิธีการหาคำตอบและรวบรวมข้อมูลหลักฐาน**

1. หลักฐานที่ต้องใช้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง (นักเรียนคิดว่าหลักฐานที่ต้องการเพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบ มีอะไรบ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ออกแบบขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน (นักเรียนมีขั้นตอนในการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถืออย่างไร)

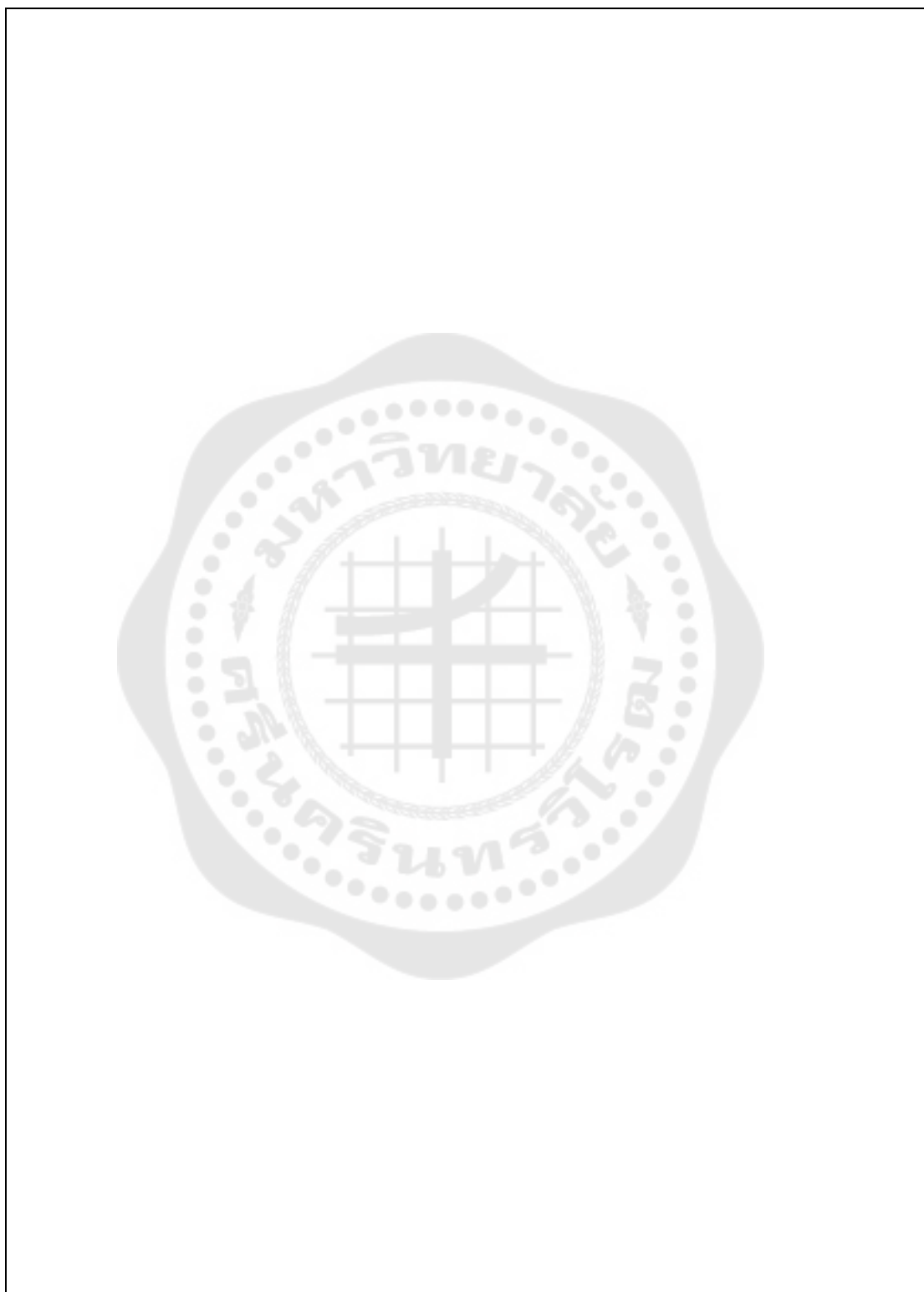
.....

.....

.....



#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป



(ข้อมูลสำหรับครู)  
ใบกิจกรรมที่ 2.1 จมน้ำหรืออำพรางคดี

---

1. หลักฐานที่ต้องใช้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง
  - หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ
  - หลักฐานประวัติของผู้ต้องสงสัย
  - หลักฐานจากการตรวจหมู่เลือด
  - หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์
2. ขั้นตอนในการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูล
  1. ระบุประเด็นคำถามของการสำรวจตรวจสอบว่า การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร
  2. ระบุสมมติฐานว่า ถ้าดาราท่านนี้เสียชีวิตจากการฆาตกรรม ดังนั้นหลักฐานและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ตรวจสอบได้ควรจะสนับสนุนและเชื่อมโยงไปถึงการระบุตัวฆาตกร
  3. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานและวัตถุพยานทั้ง 4 ประเภท ดังนี้
    - 3.1 หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ
    - 3.2 หลักฐานประวัติของผู้ต้องสงสัย
    - 3.3 หลักฐานจากหมู่เลือด โดยนำตัวอย่างเลือดมาตรวจสอบการทำปฏิกิริยากับน้ำยาทดสอบแอนติบอดีทั้งชนิด A และ B แล้วดูการตกตะกอนของเลือดตัวอย่าง ถ้าหมู่เลือด O จะไม่เกิดการตกตะกอนกับแอนติบอดี A และ B หมู่เลือด AB จะตกตะกอนกับแอนติบอดีทั้ง A และ B ส่วนหมู่เลือด A ตกตะกอนกับแอนติบอดี A และหมู่ B ตกตะกอนกับ แอนติบอดี B
    - 3.4 หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ โดยสืบค้นเพื่อศึกษาว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอคืออะไร มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร และมีประโยชน์ในการบ่งบอกอะไรได้บ้างจาก 3 แหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ
  4. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ
  5. สร้างข้อสรุปและประเมินความสอดคล้องของข้อมูลหลักฐานและความเพียงพอในการตอบประเด็นคำถาม
3. หลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
  1. หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ (ตั้งเอกสาร)

2. หลักฐานประวัติและคำให้การ (ดังเอกสาร)

3. หลักฐานจากหมู่เลือด คราบเลือดในที่เกิดเหตุเป็นของคนที่หมู่เลือด AB เนื่องจากทำปฏิกิริยากับแอนติบอดีทั้งชนิด A และ B โดยเกิดการตกตะกอนของเลือด ส่วนหมู่เลือดของผู้ต้องสงสัยและผู้ตายเป็นดังนี้

ผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 หมู่เลือด AB	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 2 หมู่เลือด O
ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 หมู่เลือด A	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 4 หมู่เลือด AB
ผู้ต้องสงสัยคนที่ 5 หมู่เลือด O	ผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 หมู่เลือด B
ผู้ต้องสงสัยคนที่ หมู่เลือด B	ผู้ตาย หมู่เลือด A

4. หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์

ลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากการวิเคราะห์ DNA ด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟรีซิสของสถาบันนิติวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) กล่าวถึง การสร้างลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากการวิเคราะห์ DNA ด้วยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ดังนี้

1. การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอเป็นการแยกขนาด DNA ด้วยกระแสไฟฟ้า โดยให้ DNA เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นแผ่นวุ้นที่อยู่ภายใต้สนามไฟฟ้า โมเลกุล DNA จะเป็นโมเลกุลที่มีประจุลบ (cathode) ซึ่งเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวก (anode) เมื่อให้โมเลกุลขนาดต่าง ๆ แยกในสนามไฟฟ้าเปรียบเทียบกับเคลื่อนที่ของโมเลกุล DNA ที่ทราบขนาด (DNA molecular weight marker) ก็จะทำให้ทราบขนาดของโมเลกุล DNA ที่ต้องการศึกษา

2. การหาลำดับนิวคลีโอไทด์ทำได้โดยใช้เครื่องหาลำดับนิวคลีโอไทด์แบบอัตโนมัติ (Automate sequence) ซึ่งจะได้ผลเป็น STR ที่สามารถบอกได้ว่าดีเอ็นเอที่พบเป็นยีนใดโดยนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีการศึกษาไว้แล้ว และสามารถนำมาใช้วิเคราะห์การเกิดมิวเทชันและใช้ทำนายโครงสร้างและการทำงานของโปรตีนได้

3. การตรวจพิสูจน์หลักฐานดีเอ็นเอทางนิติวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ความรู้และความเข้าใจในเรื่องการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ เพื่อตรวจสอบหาความสัมพันธ์ของดีเอ็นเอในที่เกิดเหตุ เนื่องจากแต่ละคนจะมีขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ และลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงสามารถช่วยระบุตัวตนของบุคคลได้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป

1. หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ บ่งชี้ว่า การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เกิดจากการขาดอากาศหายใจจากการจมน้ำและไม่สามารถว่ายน้ำได้ เนื่องจากพบบาดแผลขนาดใหญ่ที่ต้นขาซึ่ง



เกิดจากของมีคมอย่างเช่นใบพัดเรือ แต่ยังพบสิ่งที่น่าสงสัยอยู่คือรอยคราบเลือดบนมิดที่มีลายนิ้วมือของผู้ตายซึ่งอยู่ในเรือเป็นของใคร และเหตุใดจึงพบสารไดอะซีแพมซึ่งเป็นยานอนหลับชนิดรุนแรงอยู่ในเลือดของผู้ตายและขวดไวน์ขวดที่ 1

2. หลักฐานจากประวัติผู้ต้องสงสัย บ่งชี้ว่าทุกคนมีแรงจูงใจในการฆาตกรรมดาราสาวท่านนี้ โดยเฉพาะคนที่ 1, 3, 5 และ 7 ที่มีคำให้การไม่ค่อยสอดคล้องกันและพูดถึงแรงจูงใจของแต่ละคนที่อาจจะเป็นผู้ฆาตกรรมท่านนี้ แต่คำให้การที่ตรงกันคือ ผู้ตายผู้ต้องสงสัยทั้ง 7 คนนี้ ขึ้นเรือไปทานข้าวร่วมกัน หลังจากนั้นมีการทะเลาะกันเกิดขึ้นจนถึงขั้นเลือดตกยางออก และผู้ตายได้เดินไปทำเรือจากนั้นจึงตกลงไปในน้ำ ก่อนที่ทุกคนจะพยายามช่วยกันหาศพท่านนี้และแจ้งเจ้าหน้าที่ตำรวจเพื่อดำเนินการช่วยเหลือต่อไป จนในที่สุดก็พบว่าร่างของดาราสาวท่านนี้เสียชีวิตในน้ำ

3. จากการตรวจพิสูจน์หมู่เลือดของผู้ต้องสงสัยและเลือดในที่เกิดเหตุ พบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุเป็นหมู่เลือด AB จึงมีความเป็นไปได้ว่าคราบเลือดที่อยู่บนมิดนั้นเป็นของผู้ต้องสงสัยคนที่ 1 และ 4 แต่ผู้ต้องสงสัยคนที่ 6 ให้การว่า ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 และ 5 มีเลือดไหลออกบริเวณฝ่ามือ นอกนั้นไม่พบร่องรอยหรือบาดแผล จึงอาจเป็นไปได้ว่าคราบเลือดที่พบอาจจะไม่ใช่เลือดของใครเพียงคนเดียวคนหนึ่ง แต่อาจจะเป็นเลือดที่ผสมกันระหว่างคนสองคนที่มีหมู่เลือด A และ B

4. หลักฐานจากลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ พบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุมีลายพิมพ์ดีเอ็นเอตรงกับเลือดตัวอย่างที่เก็บมาจากผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 ซึ่งเป็นแฟนของผู้ตาย

## ใบกิจกรรมที่ 2.2

### การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว “จมน้ำหรืออำพรางคดี”

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

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันเขียนข้อโต้แย้งชั่วคราวเกี่ยวกับเหตุการณ์การเสียชีวิตของ ดาราท่านนี้ว่าเป็นการจมน้ำหรือไม่ อย่างไร

คำถามนำ	
ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป	
หลักฐาน	คำชี้แจงต่อหลักฐาน

**(ข้อมูลสำหรับครู)**  
**ใบกิจกรรมที่ 2.2**  
**การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว “จมน้ำหรืออำพรางคดี”**

<p><b>คำถามนำ</b></p> <p>การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร</p>	
<p><b>ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป</b></p> <p>การเสียชีวิตของดาราท่านนี้ไม่ใช่อุบัติเหตุ แต่เป็นการฆาตกรรมโดยผู้ต้องสงสัยคนที่ 3</p>	
<p><b>หลักฐาน</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคราบเลือดในที่เกิดเหตุและบุคคลต้องสงสัยทั้ง 7 คน ของสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ พบว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอของคราบเลือดในที่เกิดเหตุตรงกับผู้ต้องสงสัยคนที่ 3</li> <li>ประวัติและคำให้การของคน ที่ 3 บ่งบอกว่ามีบาดแผลที่ฝ่ามือ แต่อ้างว่าเกิดจากมีดทำครัวที่บ้าน บาดแผล คำให้การของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันว่าผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 มีแรงจูงใจในการก่อคดีฆาตกรรม</li> <li>หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ และผลการชันสูตรศพก็พบว่าผู้ตายได้รับสารไดอะซีแพมซึ่งเป็นยานอนหลับชนิดรุนแรงที่ถูกละลายอยู่ในขวดไวน์ที่ผู้ตายดื่ม จึงทำให้ผู้ตายหมดสติและตกลง</li> </ol>	<p><b>คำชี้แจงต่อหลักฐาน</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>บุคคลแต่ละคนจะมีขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงสามารถช่วยระบุตัวตนของบุคคลได้ โดยหลักฐานจากการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอพบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุเป็นของผู้ต้องสงสัยคนที่ 3</li> <li>ในการสืบสวนข้อมูลจากคำให้การของผู้ต้องสงสัย หากคำให้การของแต่ละคนมีความขัดแย้งหรือไม่ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการสืบสวนข้อมูลจากทางอื่น เช่น วัตถุพยาน ข้อมูลทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อตรวจสอบสอดคล้องของข้อมูลทั้งหมดว่าเป็นไปในทิศทางใด ซึ่งจากข้อมูลของคำให้การจากผู้ต้องสงสัยทั้ง 7 คนพบว่า ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 บ่งบอกว่ามีบาดแผลที่ฝ่ามือ แต่อ้างว่าเกิดจากมีดทำครัวที่บ้านบาดแผล คำให้การของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันว่าผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 มีแรงจูงใจในการก่อคดีฆาตกรรม</li> <li>สารไดอะซีแพมเป็นวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทประเภท 4 ตาม พระราชบัญญัติวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท พ.ศ. 2559 โดยจะออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง ในทางการแพทย์ใช้ยานี้</li> </ol>

<p>ไปในน้ำก่อนที่จะถูกใบพัดเรือ กรีดขาค้นเป็นแผลขนาดใหญ่จึง ทำให้ไม่สามารถว่ายน้ำและ เสียชีวิตได้</p> <p>4. หลักฐานจากการตรวจหมู่เลือด พบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุ น่าจะเป็นของคน 2 คนที่มีหมู่ เลือด A และ B เนื่องจากไม่พบ ร่องรอยบาดแผลของคนที่มีหมู่ เลือด AB แต่พบบาดแผลจาก คนที่มีหมู่เลือด O และ B ดังนั้น หมู่เลือด A น่าจะมาจากเลือด ของผู้ตาย ส่วนหมู่เลือด B น่าจะ มาจากผู้ต้องสงสัยคนที่ 3</p>	<p>เป็นยากล่อมประสาทหรือสงบประสาท (Tranquilizer) ทำให้จิตใจสงบ ใช้สำหรับรักษา อาการผิดปกติทางอารมณ์ หรือรักษาอาการนอน ไม่หลับ เนื่องจากไดอะซีแพมเป็นยานอนหลับชนิด รุนแรง โดยจากหลักฐานผลการชันสูตรศพพบว่า หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุและผลการชันสูตร ศพก็พบว่ามีสารไดอะซีแพมอยู่ในเลือดของผู้ตาย นอกจากนี้ยังพบสารดังกล่าวละลายอยู่ในขวดไวน์ ที่ผู้ตายดื่ม จึงทำให้เชื่อได้ว่าผู้ตายน่าจะถูกวางยา โดยบุคคลใดบุคคลหนึ่งและการเสียชีวิตไม่น่าจะ เกิดการอุบัติเหตุ</p> <p>4. การพิสูจน์หลักฐานของหมู่เลือดช่วยในการ พิจารณาความเกี่ยวข้องของหลักฐานและตัวบุคคล ได้ โดยหลักฐานจากการตรวจหมู่เลือดพบว่าคราบ เลือดในที่เกิดเหตุน่าจะเป็นของคน 2 คนที่มีหมู่ เลือด A และ B เนื่องจากไม่พบร่องรอยบาดแผล ของคนที่มีหมู่เลือด AB แต่พบบาดแผลจากคนที่มี หมู่เลือด O และ B ดังนั้นหมู่เลือด A น่าจะมาจาก เลือดของผู้ตาย ส่วนหมู่เลือด B น่าจะมาจากผู้ต้อง สงสัยคนที่ 3</p> <p>ดังนั้นจากหลักฐานและวัตถุพยานทั้งหมดจึง สามารถสรุปได้ว่า การเสียชีวิตของดาราท่านนี้ ไม่ใช่อุบัติเหตุ แต่เป็นการฆาตกรรมโดยผู้ต้อง สงสัยคนที่ 3</p>
--	---

## ใบกิจกรรมที่ 2.3

### รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”

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

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนรายงานการโต้แย้งให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. คำถามที่นักเรียนกำลังพยายามหาคำตอบคืออะไร และทำไม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนทำอะไรบ้าง และทำไมจึงทำเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ข้อมูลสำหรับครู)

ใบกิจกรรมที่ 2.3

## รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ “จมน้ำหรืออำพรางคดี”

1. คำถามที่นักเรียนกำลังพยายามหาคำตอบคืออะไร และทำไม

การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือหรือไม่ เนื่องจากการเสียชีวิตของดาราท่านนี้มีข้อสงสัยหรือมีพิกฎหลายประการ เช่น ร่องรอยบาดแผลที่ต้นขาของศพ คำให้การของบุคคลในที่เกิดเหตุ รอยคราบเลือดในที่เกิดเหตุ ซึ่งหลักฐานเหล่านี้ไม่สอดคล้องกัน

2. นักเรียนทำอะไรบ้าง และทำไมจึงทำเช่นนั้น

ระบุประเด็นคำถามของการสำรวจตรวจสอบ การเสียชีวิตของดาราท่านนี้เป็นอุบัติเหตุหรือไม่ อย่างไร ระบุสมมติฐานว่า ถ้าดาราท่านนี้เสียชีวิตจากการฆาตกรรม ดังนั้นหลักฐานและประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ที่ตรวจสอบได้ควรจะสนับสนุนและเชื่อมโยงไปถึงการระบุตัวของฆาตกร รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับหลักฐานและวัตถุพยานทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ หลักฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุ หลักฐานประวัติของผู้ต้องสงสัย หลักฐานจากหมู่เลือด โดยนำตัวอย่างเลือดมาตรวจสอบการทำปฏิกิริยากับน้ำยาทดสอบแอนติบอดีทั้งชนิด A และ B แล้วดูการตกตะกอนของเลือดตัวอย่าง ถ้าหมู่เลือด O จะไม่เกิดการตกตะกอนกับแอนติบอดี A และ B หมู่เลือด AB จะตกตะกอนกับแอนติบอดีทั้ง A และ B ส่วนหมู่เลือด A ตกตะกอนกับแอนติบอดี A และหมู่ B ตกตะกอนกับ แอนติบอดี B หลักฐานลายพิมพ์ดีเอ็นเอจากสถาบันนิติวิทยาศาสตร์โดยสืบค้นเพื่อศึกษาว่าลายพิมพ์ดีเอ็นเอคืออะไร มีวิธีการตรวจสอบอย่างไร และมีประโยชน์ในการบ่งบอกอะไรได้บ้าง จากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำมาสร้างข้อสรุปและประเมินความสอดคล้องของข้อมูลหลักฐานและความเพียงพอในการตอบประเด็นคำถาม

3. คำอธิบายต่อประเด็นคำถามของนักเรียนคืออะไร (คำตอบ หลักฐาน และเหตุผลหรือแนวคิดที่ใช้สนับสนุนคำตอบ)

การเสียชีวิตของดาราท่านนี้ไม่ใช่อุบัติเหตุ แต่เป็นการฆาตกรรมโดยผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 เนื่องจาก

1. การตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอเป็นการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอโดยการแยกขนาด DNA ด้วยกระแสไฟฟ้า ซึ่งแต่ละคนจะมีขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว จึงสามารถช่วยระบุตัวตนของบุคคลได้ โดยหลักฐานจากการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอพบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุเป็นของผู้ต้องสงสัยคนที่ 3



2. ในการสืบสวนข้อมูลจากคำให้การของผู้ต้องสงสัย หากคำให้การของแต่ละคนมีความขัดแย้งหรือไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการสืบสวนข้อมูลจากทางอื่น เช่น วัตถุพยาน ข้อมูลทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อตรวจสอบสอดคล้องของข้อมูลทั้งหมดว่าเป็นไปในทิศทางใด ซึ่งจากข้อมูลของคำให้การจากผู้ต้องสงสัยทั้ง 7 คนพบว่า ผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 บ่งบอกว่ามีบาดแผลที่ฝ่ามือ แต่อ้างว่าเกิดจากมีดทำครัวที่บ้านบาดมือ คำให้การของผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันว่าผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 มีแรงจูงใจในการก่อคดีฆาตกรรม

3. สารไดอะซีแพมเป็นวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตประสาทประเภท 4 ตาม พระราชบัญญัติวัตถุออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาท พ.ศ. 2559 โดยจะออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง ในทางการแพทย์ใช้ยานี้เป็นยากล่อมประสาทหรือสงบประสาท (Tranquilizer) ทำให้จิตใจสงบ ใช้สำหรับรักษาอาการผิดปกติทางอารมณ์ หรือรักษาอาการนอนไม่หลับ เนื่องจากไดอะซีแพมเป็นยานอนหลับชนิดรุนแรง โดยจากหลักฐานผลการชันสูตรศพพบว่า หลักรฐานแวดล้อมในที่เกิดเหตุและผลการชันสูตรศพก็พบว่ามีสารไดอะซีแพมอยู่ในเลือดของผู้ตาย นอกจากนี้ยังพบสารดังกล่าวละลายอยู่ในขวดไวน์ที่ผู้ตายดื่ม จึงทำให้เชื่อได้ว่าผู้ตายน่าจะถูกวางยาโดยบุคคลใดบุคคลหนึ่ง และการเสียชีวิตน่าจะไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ

4. การพิสูจน์หลักฐานของหมู่เลือดช่วยในการพิจารณาความเกี่ยวข้องของหลักฐานและตัวบุคคลได้ โดยหลักฐานจากการตรวจหมู่เลือดพบว่าคราบเลือดในที่เกิดเหตุน่าจะเป็นของคน 2 คนที่มีหมู่เลือด A และ B เนื่องจากไม่พบร่องรอยบาดแผลของคนที่มีหมู่เลือด AB แต่พบบาดแผลจากคนที่มีหมู่เลือด O และ B ดังนั้นหมู่เลือด A น่าจะมาจากเลือดของผู้ตาย ส่วนหมู่เลือด B น่าจะมาจากผู้ต้องสงสัยคนที่ 3





เกณฑ์การประเมินความรู้ เรื่อง การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
การหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอ	สามารถอธิบายหลักการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอได้ ถูกต้อง ชัดเจน และครบทุกขั้นตอน	สามารถอธิบายหลักการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนที่สำคัญหนึ่งขั้นตอน	สามารถอธิบายหลักการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอได้ถูกต้องแต่ยังไม่ชัดเจนที่สำคัญตั้งแต่ 2 ขั้นตอนขึ้นไป	ไม่สามารถอธิบายหลักการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอได้อย่างถูกต้อง
การหาลำดับนิวคลีโอไทด์	สามารถอธิบายหลักการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้อง ชัดเจน และครบทุกขั้นตอน	สามารถอธิบายหลักการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนที่สำคัญหนึ่งขั้นตอน	สามารถอธิบายหลักการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจนที่สำคัญตั้งแต่ 2 ขั้นตอนขึ้นไป	ไม่สามารถอธิบายหลักการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้อย่างถูกต้อง

## แบบประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง : ครูประเมินจากใบกิจกรรมที่ 2.1 และ 2.3 ร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

รายการ	ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน				
		4	3	2	1	0
สร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ "จมน้ำหรืออำพรางคดี"	<b>สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์</b>					
	คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป					
	หลักฐาน					
	เหตุผล					
ประเมินและออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบในเหตุการณ์ "จมน้ำหรืออำพรางคดี"	<b>สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์</b>					
	การวางแผนและการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ					
แปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเกี่ยวกับเหตุการณ์ "จมน้ำหรืออำพรางคดี" โดยใช้หลักฐานและประจักษ์พยานที่มีความน่าเชื่อถือ	<b>สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์</b>					
	การแปลงข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น					
	การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุป					
	การแยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์กับที่มาจากการพิจารณาจากสิ่งอื่น					
	การประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และประจักษ์พยานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย					
<b>รวม</b>						

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## เกณฑ์การประเมินความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์

### 1. สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (claim)	ไม่มีคำกล่าวอ้าง ไม่ลงข้อสรุป หรือลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง	คำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เช่น <i>ดาราท่านนี้</i>	ระบุคำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์ เช่น <i>ดาราท่านนี้เสียชีวิตจากการฆาตกรรม แต่ ไม่ได้เกิดจากอุบัติเหตุ</i>
ข้อความที่เป็นคำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนด	เช่น <i>ดาราท่านนี้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุ</i>	เช่น <i>ดาราท่านนี้ไม่ได้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุ</i>	เช่น <i>ดาราท่านนี้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุ</i>
หลักฐาน (evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลนี้จะต้องเหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป	ไม่ระบุหลักฐาน หรือหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (หลักฐานที่ระบุไม่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป) เช่น <i>ผลการชันสูตรศพผู้ตายที่ระบุว่าเกิดจากการขาดอากาศหายใจ</i>	ระบุหลักฐานได้เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป อาจใช้หลักฐานบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ประกอบด้วย 4 หลักฐาน ได้แก่ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ การตรวจหมู่เลือดที่ชี้ชัดว่าผู้ต้องสงสัยคนที่ 3 เป็นฆาตกร พยานแวดล้อม และประวัติ/คำให้การ
เหตุผล (reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐานที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมและเพียงพอตามหลักการทางวิทยาศาสตร์	ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป นั้น เช่น <i>เนื่องจากผลการชันสูตรศพพบว่าบาดแผลที่ขาของผู้ตายซึ่งเกิดจากใบพัดเรือ จึงทำให้ผู้ตายว่ายน้ำไม่ได้และจมน้ำเสียชีวิต</i>	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป มีการเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์ บางส่วนแต่ไม่เพียงพอ เช่น <i>หมู่เลือดสามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นเลือดของใคร และใช้เป็นหลักฐานในการเชื่อมโยงผู้เสียหายผู้ต้องสงสัยและสถานที่เกิดเหตุไว้ได้</i>	ให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป รวมถึงใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ เช่น <i>ขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวแต่ละคนสามารถช่วยระบุตัวตนของบุคคลได้ หมู่เลือดสามารถบ่งบอกได้ว่า เป็นเลือดของใคร และใช้เป็นหลักฐานในการเชื่อมโยงผู้เสียหายผู้ต้องสงสัยและสถานที่เกิดเหตุไว้ได้</i>



หมายเหตุ ปรับมาจาก McNeill and Krajcik (2011)

## 2. สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ระดับคะแนน			
1	2	3	4
ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี	ดีมาก
- ออกแบบการสำรวจ ตรวจสอบโดยมีการเก็บ ข้อมูลหลักฐานที่ไม่ เกี่ยวข้องเป็นส่วนใหญ่ หรือมีรายละเอียดเพียง เล็กน้อยเกี่ยวกับ หลักฐานที่ใช้	- ออกแบบการสำรวจ ตรวจสอบโดยระบุหลักฐานที่ ต้องการ แต่ไม่ครบ - อธิบายขั้นตอนการเก็บ รวบรวมข้อมูล - ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสม	- ออกแบบการสำรวจ ตรวจสอบโดยระบุหลักฐานที่ ต้องการครบ - อธิบายขั้นตอนการรวบรวม ข้อมูลที่มีรายละเอียดเพียงพอ สำหรับการทำซ้ำได้ - อธิบายข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อตอบคำถาม	- ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับกา เก็บข้อมูลหลักฐานที่เกี่ยวข้อง ครบทุกหลักฐาน - อธิบายรายละเอียดของ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มี รายละเอียดเพียงพอสามารถ ทำซ้ำได้ - อธิบายหรือให้เหตุผลกา เลือกเก็บหลักฐานเพื่อตอบ คำถามโดยมีรายละเอียด ครบคลุม - ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและรวบรวมข้อมูลที่มี สอดคล้องกันจากการทดลอง หลายครั้ง (ตามความ เหมาะสม) อย่างเป็นระบบ
- อธิบายขั้นตอนการเก็บ รวบรวมข้อมูลไม่ สมบูรณ์ซึ่งเป็นอุปสรรค ต่อการทำซ้ำ		- ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและรวบรวมข้อมูลที่มี สอดคล้องกันจากการทดลอง หลายครั้ง (ตามความ เหมาะสม) อย่างเป็นระบบ	- อธิบายหรือให้เหตุผลกา เลือกเก็บหลักฐานเพื่อตอบ คำถามโดยมีรายละเอียด ครบคลุม - ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและรวบรวมข้อมูลที่มี สอดคล้องกันจากการทดลอง หลายครั้ง (ตามความ เหมาะสม) อย่างเป็นระบบ
- อธิบายหลักฐานที่ใช้ ตอบคำถามโดยมี รายละเอียดน้อยมาก			- ประเมินความสอดคล้องหรือ ความแม่นยำของข้อมูล ตลอดจนความเหมาะสมของ กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล
- ใช้วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ไม่ เหมาะสม			

ปรับมาจาก Science and Engineering Practice (SEP) Rubric จาก <https://www.nvcc.edu/osi>

/\_docs/ academic - assessment/clo/science-and-engineering-practice-rubric.pdf

### 3. สมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	0	1	2
การแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น	ไม่สามารถเปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อใช้ในการนำเสนอได้	สามารถสามารถเปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปอีกรูปแบบหนึ่งได้ เพื่อใช้ในการนำเสนอได้ แต่ยังไม่สอดคล้องกับประเด็นคำถาม	สามารถเปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปอีกรูปแบบหนึ่งเพื่อใช้ในการนำเสนอได้ และสอดคล้องกับประเด็นคำถาม
การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และลงข้อสรุป	ไม่สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุปได้	สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุปได้ แต่ยังไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์	สามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลงข้อสรุปได้ถูกต้องสมบูรณ์
แยกแยะระหว่างข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยาน และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การพิจารณาสิ่งอื่น โดยที่มาจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	ไม่สามารถแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การพิจารณาสิ่งอื่น โดยตัดสินใจเลือกใช้หลักฐานสนับสนุนที่มาจากสิ่งอื่นทุกรายการ	สามารถแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การพิจารณาสิ่งอื่น ได้บางส่วน โดยตัดสินใจเลือกใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์บางรายการ	สามารถแยกแยะข้อโต้แย้งที่มาจากประจักษ์พยานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กับที่มาจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การพิจารณาสิ่งอื่น โดยตัดสินใจเลือกใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ทุกรายการ





## เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก (3)	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
ระเบียบวินัย	ทำงานด้วยความเป็นระเบียบเรียบร้อย ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด	ทำงานไม่ค่อยเรียบร้อย ตั้งใจ ปฏิบัติกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด	ทำงานไม่เรียบร้อย ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด	ทำงานไม่เรียบร้อย ไม่ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด
การทำงานร่วมกับผู้อื่น	แสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล	แสดงความคิดเห็นแต่ไม่ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น	ไม่แสดงความคิดเห็น แต่ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น	ไม่แสดงความคิดเห็น และไม่ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
ความรับผิดชอบ	ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรม และส่งงานตรงเวลา 3 ครั้ง	ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรม และส่งงานตรงเวลา 2 ครั้ง	ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรม และส่งงานตรงเวลา 1 ครั้ง	ไม่ตั้งใจปฏิบัติตามกิจกรรม ไม่ติดตามงานและไม่ส่งงาน

### ระดับคุณภาพของการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คะแนนที่ได้ (เต็ม 9 คะแนน)	ระดับคุณภาพรวม
7-9	ดีมาก
4-6	ดี
3-5	พอใช้
ต่ำกว่า 3	ปรับปรุง

## แบบประเมินรายงานการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อน

ผู้รับการประเมิน .....

เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
<b>ส่วนที่ 1 เป้าหมาย</b>				
ผู้เขียนได้อ้างถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบ				
ผู้เขียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบครบถ้วนครอบคลุมหรือไม่				
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบว่ามีประโยชน์หรือทำให้ค้นพบสิ่งใดหรือไม่				
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ..... ..... .....				
<b>ส่วนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ</b>				
ผู้เขียนได้อธิบายถึงวิธีการทำงานของเขาเองหรือไม่				
ผู้เขียนใช้วิธีการหรือกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ชัดเจนเหมาะสมต่อการใช้ข้อมูลที่แสดงหรือไม่				
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ..... ..... .....				
<b>ส่วนที่ 3 ข้อโต้แย้ง</b>				
ผู้เขียนได้แสดงคำอธิบายที่ชัดเจนและเพียงพอในการตอบประเด็นคำถามหรือสถานการณ์หรือไม่				
คำอธิบายข้อกล่าวอ้างของผู้เขียนสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับผลการสำรวจตรวจสอบหรือไม่				
ผู้เขียนใช้หลักฐานหรือข้อมูลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่				
ผู้เขียนมีหลักฐานเพียงพอในการสนับสนุนคำอธิบายของข้อกล่าวอ้างหรือไม่				



เกณฑ์	ไม่ผ่าน	พอใช้	ดี	ดีมาก
หลักฐานของผู้เขียนมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้องเหมาะสมหรือไม่				
คำอธิบายของผู้เขียนเหมาะสมต่อหลักฐานหรือข้อมูลทั้งหมดหรือไม่				
การให้เหตุผลของผู้เขียนเหมาะสมและเพียงพอหรือไม่				
คำอธิบายของผู้เขียนสอดคล้องกับข้อมูลการวิพากษ์ในชั้นเรียนครบถ้วนหรือไม่				
ผู้เขียนได้แสดงข้อความในเชิงลบหรือไม่เหมาะสมออกมาหรือไม่				
อธิบายถึงสาเหตุที่นักเรียนประเมินให้รายงานนี้ไม่ผ่านหรือพอใช้ ..... ..... .....				
<b>การเขียนรายงาน</b>				
เนื้อหาของรายงานแสดงความคิดของผู้เขียน และให้ข้อมูลเชิงลึกหรือไม่				
รายงานมีข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดครบถ้วน หรือไม่				
ผู้เขียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง เข้าใจง่ายเหมาะสมต่อรายงานหรือไม่				

ที่มา: Walker, Sampson Zimmerman (2011)

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

## แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. ข้อใดเป็นการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้กระบวนการพันธุวิศวกรรม
  - ก. การตัดต่อหางหมูไปแทนที่หางของสุนัขที่ขาดหายไป
  - ข. การตัดต่อเนื้อเยื่อดวงตาของลิงเข้าไปแทนที่เนื้อเยื่อดวงตาของมนุษย์ที่ตาบอด
  - ค. การตัดต่อนิวเคลียสของเซลล์ไข่แม่แกะตัวดำและแทนที่ด้วยนิวเคลียสของแม่แกะตัวขาว เพื่อสร้างแกะดอลลี
  - ง. การตัดต่อยีนของของแมงกะพรุนเรืองแสงเข้าไปในยีนของต้นแคโรท เพื่อป้องกันการกัดกินของแมลงและศัตรูพืช
2. บุคคลในข้อใดที่มีแนวคิดในการนำกระบวนการทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
  - ก. ดีสร้างแกะดอลลี โดยเลือกใช้กระบวนการโคลนนิ่ง
  - ข. คู่สร้างช้างที่มี 3 หัว โดยการฉายรังสีแกมมาไปที่เซลล์ของช้าง
  - ค. เด่นสร้างแมวเรืองแสง โดยนำยีนเรืองแสงของแมงกะพรุนมาใส่
  - ง. เต๋อสร้างกิ้งก่าที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ โดยตัดต่อคลอโรพลาสต์ใส่เซลล์ของกิ้งก่า
3. ข้อใดเป็นสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
  - ก. กูเหลื่อมเผือกที่ไม่สามารถสร้างพิษได้
  - ข. ลูกแมวโคลนนิ่งที่มีลายเหมือนเสือโคร่ง
  - ค. ปลากัดหม้อที่มีลายเหมือนธงชาติไทย
  - ง. วัณมที่ผลิตโกรทฮอร์โมนของมนุษย์ได้
4. พิจารณาข้อมูลต่อไปนี้
  1. เชื่อมต่อสาย ดีเอ็นเอ จาก ดีเอ็นเอ ต่างโมเลกุลด้วยเอนไซม์ ดีเอ็นเอ ligase
  2. ตัดสาย ดีเอ็นเอ ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ
  3. ตัดสาย ดีเอ็นเอ ในโมเลกุลอื่นด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ
  4. เกิดเป็นดีเอ็นเอ สายผสมหรือรีคอมบิแนนท์





ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอได้ถูกต้อง

ก. 1 → 2 → 3 → 4	ข. 2 → 3 → 1 → 4
ค. 1 → 3 → 2 → 4	ง. 2 → 1 → 3 → 4

5. ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถึงการโคลนยีนได้ถูกต้องมากที่สุด

- ก. โคลนยีนเปรียบได้กับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
- ข. การโคลนยีนเปรียบได้กับการถ่ายฝากตัวอ่อน
- ค. การโคลนยีนเปรียบได้กับการแบ่งตัวของพารามีเซียม
- ง. การโคลนยีนเปรียบได้กับการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไป

6. ข้อใดคือผลที่ได้จากการโคลนยีนโดยใช้พลาสมิดของแบคทีเรีย

- ก. 
- ข. 
- ค. 
- ง. 

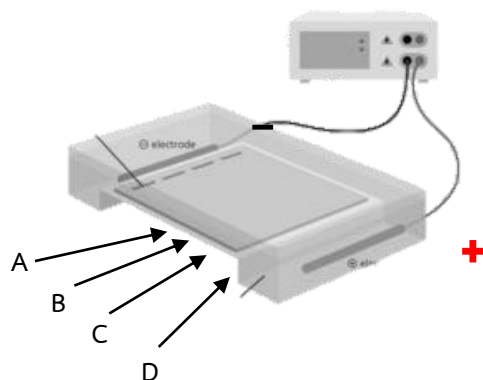
7. “นำ.....(A).....ไปเพิ่มจำนวนด้วย.....(B)..... ซึ่งทำให้ได้สารพันธุกรรมที่มีปริมาณมากในเวลาอันสั้น แม้ว่ามีสารพันธุกรรมตั้งต้นเพียงเล็กน้อย” จากข้อความดังกล่าว A และ B คือข้อใดตามลำดับ

- ก. ดีเอ็นเอ ต้นแบบ, เทคนิค PCR
- ข. ดีเอ็นเอ รีคอมบิแนนท์, เทคนิค PCR
- ค. ดีเอ็นเอ ต้นแบบ, พลาสมิดของแบคทีเรีย
- ง. ดีเอ็นเอ รีคอมบิแนนท์, พลาสมิดของแบคทีเรีย

8. หากนักเรียนเป็นเจ้าหน้าที่นิติวิทยาศาสตร์และต้องการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอ ที่ได้จากหยดเลือดของผู้ต้องสงสัยในที่เกิดเหตุคดีปล้นชิงทองด้วยเทคนิค PCR ซ้ำ ๆ จำนวน 5 รอบ เพื่อให้เพียงพอต่อการทำลายพิมพ์ดีเอ็นเอ อยากทราบว่า ดีเอ็นเอที่เพิ่มขึ้นด้วยเทคนิค PCR มีจำนวนเท่าใด

- ก. มีดีเอ็นเอ 10 ชุด
- ข. มีดีเอ็นเอ 16 ชุด
- ค. มีดีเอ็นเอ 32 ชุด
- ง. มีดีเอ็นเอ 64 ชุด

9.



จากรูปภาพเป็นการหาขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิคเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ข้อใดเรียงลำดับแถบขนาดของโมเลกุลดีเอ็นเอจากตำแหน่ง A, B, C และ D ได้ถูกต้องตามลำดับ

- ก. ข. 
  
ค. ง.

10. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับการหาขนาดของโมเลกุล ดีเอ็นเอ

- ก. ต้องอาศัยตัวกลางที่เป็นรู้น  
ข. ต้องอาศัยความต่างศักย์ของสนามไฟฟ้า  
ค. ต้องอาศัยแสงยูวีเพื่อให้มองเห็นโมเลกุลของดีเอ็นเอที่เรืองแสง  
ง. ต้องอาศัยสีย้อมซาฟรานีนเพื่อให้โมเลกุลของดีเอ็นเอติดสีน้ำเงิน

11. บุคคลใดมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอในการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ได้ถูกต้องที่สุด

- ก. นายแพทย์สมัครค้นพบเครื่องหมาย ดีเอ็นเอที่มีลึกลงกับแอลลีลที่ก่อโรคจะสามารถพัฒนาไปสู่การผลิตยาที่ต้านทานโรคนั้นได้  
ข. แพทย์หญิงสมพรค้นพบเซลล์มะเร็งที่ตับระยะที่สามของคนไข้ ด้วยวิธีหาตำแหน่งของยีนที่ผิดปกติบนโครโมโซมของเซลล์ตับของคนไข้  
ค. นายแพทย์สมานค้นพบว่าสมชายและสมหมายเป็นฝาแฝดกันจริง เนื่องจากตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์แล้วพบว่ามีความเหมือนกันทุกประการ  
ง. แพทย์หญิงสมศรีค้นพบว่าในน้ำยาขนมจันที่แม่ค้าบอกว่าได้ผสมเนื้อปลากรายลงไป แท้ที่จริงแล้วมันคือเนื้อของสัตว์อื่นที่ไม่ได้ใช่ปลา แต่ไม่สามารถระบุชนิดของเนื้อได้ เนื่องจากการตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์นั้นไม่สามารถระบุถึงตัวตนของสิ่งมีชีวิตได้

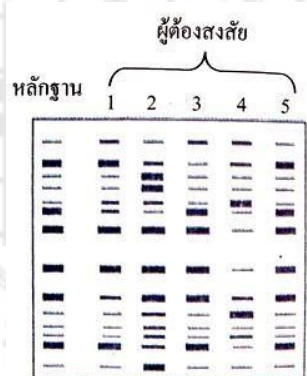
12. ข้อใดเป็นการประยุกต์ใช้พันธุวิศวกรรมในด้านการเกษตร

- ก. การโคลนนิ่งแกะ
- ข. การผสมเทียมปลาตะเพียน
- ค. การถ่ายฝากตัวอ่อนของลูกวัว
- ง. การปลูกถ่ายยีนเรืองแสงของลูกหมู

13. โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งต้องการเอนไซม์ลิเพสและเอนไซม์โปรตีเอสสำหรับใช้ในการผลิตผงซักฟอกเป็นจำนวนมาก แต่ปรากฏว่าเอนไซม์ดังกล่าวพบได้ในร่างกายของมนุษย์ หากนักเรียนเป็นเจ้าของโรงงานดังกล่าว นักเรียนจะประยุกต์ใช้วิธีการใดในการผลิตเอนไซม์นี้

- ก. การโคลน
- ข. พันธุวิศวกรรม
- ค. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
- ง. การเพิ่มจำนวน ดีเอ็นเอ ด้วยเทคนิค PCR

14. จากคดีฆาตกรรมหญิงรายหนึ่ง ซึ่งพบเนื้อเยื่อผิวหนังของฆาตกรที่อยู่ในซอกเล็บของเหยื่อ จึงนำไปตรวจหาลายพิมพ์ ดีเอ็นเอ พร้อมกับลายพิมพ์ ดีเอ็นเอ ของผู้ต้องสงสัยจำนวน 5 คน ดังภาพ



ผู้ต้องสงสัยหมายเลขใดที่มีลายพิมพ์ ดีเอ็นเอ ใกล้เคียงกับหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุมากที่สุด

- ก. หมายเลข 1
- ข. หมายเลข 2
- ค. หมายเลข 3
- ง. หมายเลข 5

15. ในการตรวจสอบหลักฐานจากคดีฆาตกรรมพบคราบเลือดของฆาตกรในที่เกิดเหตุ นักเรียนจะเลือกใช้วิธีการใดในการตรวจสอบ ดีเอ็นเอ ดังกล่าว

- ก. พันธุวิศวกรรม
- ข. การโคลนยีนในแบคทีเรีย
- ค. การจำลองตัวของ ดีเอ็นเอ
- ง. การโคลนยีนโดยใช้เทคนิค PCR

16. หากเมรดาต้องการสร้างยีสต์ที่สามารถย่อยสลายพลาสติกได้ นักเรียนคิดว่าเมรดาควรทำอย่างไร

ก. ตัดต่อยีนของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายพลาสติกเข้าไปในยีนของยีสต์

ข. คัดเลือกสายพันธุ์ของยีสต์ที่มีความแข็งแรงและมีความสามารถในการย่อยสลายพลาสติก

ค. นำยีสต์ไปฉายรังสีแกมมา เพื่อทำให้เกิดการมิวเทชันจึงจะสามารถย่อยสลายพลาสติกได้

ง. ใส่สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของพลาสติกลงไปในการเลี้ยงยีสต์เพื่อกระตุ้นให้เกิดการกลายพันธุ์จนสามารถย่อยสลายพลาสติกได้

17. “ยูภาเป็นนักพันธุวิศวกรรมที่ได้รับมอบหมายให้ทำการตัดต่อพันธุกรรมในสัตว์ทดลองขนาดใหญ่ โดยทุกครั้งที่ทำการทดลองยูภาคมักจะจดบันทึกรายละเอียดในทุกขั้นตอนของการทดลอง และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง ยูภาจะทำการการุณยฆาต (วิธีที่ทำให้สัตว์ตายอย่างสงบและรวดเร็ว) สัตว์ทดลองทุกตัว ยกเว้นตัวที่ประสบความสำเร็จ ซึ่งจะนำไปขยายพันธุ์ต่อให้กับเกษตรกร” จากบทความข้างต้น ยูภาได้ปฏิบัติตามหลักชีวจริยธรรมหรือไม่ เพราะเหตุใด

ก. ปฏิบัติ เนื่องจากมีการจดบันทึกรายละเอียดของการทดลองทุกขั้นตอน

ข. ปฏิบัติ เนื่องจากมีการทำการุณยฆาตในสัตว์ทดลองเพื่อป้องกันการแพร่กระจาย

ค. ไม่ปฏิบัติ เนื่องจากการทดลองในสัตว์ที่มีขนาดเล็กได้รับการยอมรับมากกว่าการทดลองในสัตว์ที่มีขนาดใหญ่หรือมนุษย์

ง. ไม่ปฏิบัติ เนื่องจากการทำการุณยฆาตต้องทำในสัตว์ทดลองทุกตัว เพื่อป้องกันการหลุดรอดและการแพร่กระจายของสัตว์ทดลองเหล่านั้นไปสู่ภายนอก



18. บริษัทแห่งหนึ่งได้มีการสัมภาษณ์นายเอ และเรียกดูฐานข้อมูลจีโนมหรือรหัสพันธุกรรมของนายเอ ซึ่งมีแนวโน้มที่นายเอจะเป็นมะเร็งสูง บริษัทจึงปฏิเสธการรับนายเอเข้าทำงาน และได้นำข้อมูลของนายเอแจ้งไปยังบริษัทเครือข่าย ดังนั้นนายเอจึงตัดสินใจดำเนินคดีกับบริษัทดังกล่าว จากเหตุการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าการกระทำของใครถูกต้อง เพราะเหตุใด

- ก. บริษัท เนื่องจากมีสิทธิเรียกดูฐานข้อมูลจีโนมหรือรหัสพันธุกรรมของนายเอ
- ข. นายเอ เนื่องจากบริษัทไม่มีสิทธิเรียกดูฐานข้อมูลจีโนมหรือรหัสพันธุกรรมของนายเอ
- ค. บริษัท เนื่องจากบริษัทมีสิทธิ์เผยแพร่ข้อมูลจีโนมหรือรหัสพันธุกรรมของนายเอให้กับบริษัทในเครือข่ายเดียวกัน ซึ่งไม่ใช่บุคคลอื่น
- ง. นายเอ เนื่องจากบริษัทไม่มีสิทธิ์เผยแพร่ข้อมูลจีโนมหรือรหัสพันธุกรรมของนายเอให้กับบุคคลอื่น แม้จะเป็นบริษัทในเครือข่ายเดียวกัน

19. หากนักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำพันธุวิศวกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งขึ้นมา นักเรียนจะต้องทำสิ่งใดเป็นลำดับแรก

- ก. จัดบันทึกข้อมูลการปฏิบัติต่อสิ่งมีชีวิตไว้เป็นหลักฐานอย่างครบถ้วน
- ข. ศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากมีสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ เป็นจำนวนมาก
- ค. ศึกษาวิธีการทำพันธุวิศวกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นจากเอกสารและงานวิจัย
- ง. คำนึงถึงการทดลองกับกับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กก่อนที่จะนำไปใช้กับสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่

ใหญ่

20. ในการตัดต่อพันธุกรรมของต้นมะละกอเพื่อให้ทนต่อโรคใบด่างได้ (i) นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองภายในสถานีวิจัยซึ่งสถานที่ปิด โดยในระหว่างที่ทำการทดลอง (ii) นักวิทยาศาสตร์ได้มีการจัดบันทึกข้อมูลของการทดลองอย่างละเอียด จนประสบความสำเร็จ จากนั้นจึง (iii) นำมะละกอจีเอ็มโอไปแจกจ่ายแก่ชาวบ้านเพื่อเพิ่มผลผลิต ก่อนที่จะนำ (iiii) ไปวางขายที่ตลาดโดยมีการระบุข้อมูลบนฉลากสินค้าว่าเป็นพืชจีเอ็มโอ เพื่อให้ผู้บริโภคตัดสินใจ” จากข้อความดังกล่าวประโยคในข้อใดขัดต่อหลักชีวจริยธรรมมากที่สุด

- ก. i
- ข. ii
- ค. iii
- ง. iv

**แบบวัดความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ**  
**สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

สถานการณ์ที่ 1 โคลนนิ่ง (PISA 2000)

**โคลนนิ่ง**

อ่านบทความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

เครื่องสำเนาชีวิต

<p>ถ้ามีการเลือกยอดสัตว์แห่งปี พ.ศ.2540 ดอลลี่จะต้องได้รับตำแหน่งนี้อย่างแน่นอน ดอลลี่เป็นแกะสัญชาติสก๊อตที่เห็นในรูปข้างล่างนี้ แต่ดอลลี่เป็นไม่ใช่แกะธรรมดา ดอลลี่เป็นสำเนา (clone) ของ</p> <p>5 แกะอีกตัวหนึ่ง การโคลนนิ่ง (cloning) หมายถึง การทำสำเนาจากต้นฉบับ นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการสร้างแกะ (ดอลลี่) ให้เหมือนกับแกะที่เป็นต้นฉบับทุกอย่าง</p> <p>นักวิทยาศาสตร์ชาวสก็อตชื่อ เอียน วิลมุต</p> <p>10 เป็นคนออกแบบเครื่องทำสำเนาแกะ เขานำชิ้นส่วนเล็ก ๆ จากต่อมน้ำนมของแกะตัวเมียที่โตเต็มที่ (แกะตัวที่ 1) จากชิ้นส่วนเล็ก ๆ นี้</p>	<p>เขาแยกเอานิวเคลียสออก แล้วก็ปลูกถ่ายนิวเคลียสนี้ลงไปเซลล์ไข่ของแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 2) ที่แยกเอาสิ่งนี้อาจเป็นตัวกำหนดคุณลักษณะของแกะ</p> <p>15 ตัวที่ 2 ออกแล้ว จากนั้นจึงนำไข่จากแกะตัวที่ 2 นี้ไปปลูกถ่ายลงในแกะตัวเมียอีกตัวหนึ่ง (แกะตัวที่ 3)</p> <p>แกะตัวที่ 3 ตั้งท้องและคลอดออกมาเป็นดอลลี่</p> <p>20 นักวิทยาศาสตร์บางคนคิดว่า ภายใน 2-3 ปี นี้เป็นไปได้ที่จะมีการโคลนนิ่งมนุษย์ แต่รัฐบาลหลายประเทศได้ตัดสินใจออกกฎหมายห้ามการทำโคลนนิ่งมนุษย์แล้ว</p>
---	---



**คำถามข้อ 1:** ดอลลี่เหมือนแกะตัวใด (การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์)

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| ก. แกะตัวที่ 1 | ข. แกะตัวที่ 3  |
| ค. แกะตัวที่ 2 | ง. พ่อของดอลลี่ |



**คำถามข้อ 2:** “สัตว์ที่เกิดจากการโคลนจะเป็นเพศผู้หรือเพศเมียก็ได้ ไม่สามารถกำหนดได้ล่วงหน้า” ข้อสรุปนี้ถูกต้องหรือไม่ จงให้เหตุผลประกอบ (การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์)

.....
.....
.....
.....
.....

**คำถามข้อ 3:**

ช้างแมมมอธเป็นสิ่งมีชีวิตที่สูญพันธุ์ไปแล้วประมาณ 10,000 ปี มีความเป็นไปได้ที่จะสกัดสารพันธุกรรมจาก ซากแมมมอธและนำไปโคลน และอาศัยแม่ช้างที่มีสายพันธุ์ใกล้เคียงกันเป็นแม่อุ้มบุญ

เฮนดริก พอยนาร์ นักพันธุศาสตร์ด้านวิวัฒนาการ กล่าวว่า การโคลนสัตว์ที่สูญพันธุ์เคยทำกันมาแล้ว เช่น การโคลนแพะบูคารโดที่สูญพันธุ์ไปแล้วเมื่อปี พ.ศ.2543 โดยนำเอาสารพันธุกรรมจากเซลล์ผิวหนังจากซากแพะบูคารโด ไปใส่ในเซลล์ไข่ของแพะสายพันธุ์อื่นที่ได้นำเอาสารพันธุกรรมออกหมดแล้ว แต่แพะที่โคลนได้ก็ตายในเวลาไม่นานหลังคลอดเนื่องจากติดเชื้อที่ปอด ซึ่งอาการผิดปกตินั้นถือเป็นเรื่องปกติในสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการโคลน

จากบทความข้างต้น คำถามต่อไปนี้อาจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่

จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้” ในแต่ละคำถาม (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

คำถามต่อไปนี้อาจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่	ได้ หรือ ไม่ได้
3.1 ช้างสายพันธุ์ใดเหมาะจะนำมาเป็นแม่อุ้มบุญให้กับช้างแมมมอธ	ได้ / ไม่ได้
3.2 การตรวจสอบความผิดปกติของสารพันธุกรรมของเอ็มบริโอช้างแมมมอธทำได้หรือไม่	ได้ / ไม่ได้

### สถานการณ์ที่ 3 ตัวช้าง

ประเทศไทยมีการจัดตั้งพระราชบัญญัติสัตว์พาหนะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2482 เพื่อควบคุมจำนวนสัตว์ที่นำมาใช้เป็นพาหนะในการเดินทางหรือการขนส่ง และป้องกันการลักลอบนำสัตว์ป่ามาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช้าง ซึ่งเป็นสัตว์ประจำชาติของประเทศ กระทรวงมหาดไทยจึงได้มีการจัดทำทะเบียนสัตว์พาหนะ หรือตัวช้างขึ้นมา โดยเป็นข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับตำหนิ รูปพรรณ หรือลักษณะสัณฐานโดยเฉพาะของสัตว์พาหนะแต่ละตัวซึ่งอาจแตกต่างกันไป แต่ก็ยังพบปัญหาการลักลอบนำช้างป่ามาสวมสิทธิ์ตัวช้างของช้างตัวเดิมที่ตายไป หรือนำไปขายเป็นช้างเถื่อน ส่งผลให้ช้างป่าในประเทศไทยมีจำนวนน้อยลง ในปี พ.ศ. 2561 คณะรัฐมนตรีจึงได้มีการประชุมเพื่อหารือเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว และมีการออกกฎหมายบังคับใช้อย่างเข้มงวด

**คำถามข้อ 1:** นักเรียนคิดว่า เพราะเหตุใดจึงยังสามารถพบการสวมสิทธิ์ตัวช้างได้อยู่ (การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์)

.....
.....
.....
.....

**คำถามข้อ 2:** ในการแก้ไขปัญหาการสวมสิทธิ์ตัวช้าง ได้มีสัตวแพทย์กลุ่มหนึ่งเสนอให้มีการเพิ่มเติมข้อมูลอัตลักษณ์ของช้างลงในทะเบียนสัตว์พาหนะด้วยการตรวจหาขนาดของดีเอ็นเอ และการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ เพื่อจัดทำเป็นลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างแต่ละตัว ซึ่งจะช่วยป้องกันการสวมสิทธิ์ตัวช้างที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ หลักฐานในข้อใดที่สัตวแพทย์กลุ่มนี้ควรนำมาใช้สนับสนุนการเพิ่มข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างลงในตัวช้าง (การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์)

ก. ชาวในหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งรายงานว่ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอช้างมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับมากกว่าวิธีอื่น

ข. บทความวิจัยรายงานว่ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างสามารถระบุตัวตนหรืออัตลักษณ์ของช้างแต่ละตัวได้ไม่ซ้ำกัน

ค. นักวิทยาศาสตร์รายงานว่ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอช้างสามารถทำได้ในเฉพาะห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประชาชนทั่วไปไม่สามารถเข้าถึงได้

ง. คนขายเครื่องตรวจสอบกล่าวว่า ลายพิมพ์ดีเอ็นเอช้างเป็นวิธีการตรวจสอบอัตลักษณ์ของช้างที่มีประสิทธิภาพสูง มีความรวดเร็ว และใช้ทรัพยากรในการดำเนินการน้อย

**คำถามข้อ 3:** จังหวัดสุรินทร์ เป็นจังหวัดแรกที่มีการปรับปรุงทะเบียนสัตว์พาหนะหรือตัวช้าง โดยมีการเก็บข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้าง ทีมสัตวแพทย์นำเลือดของช้างทั้งช้างบ้านและช้างป่ามาตรวจหาขนาดของดีเอ็นเอ และลำดับนิวคลีโอไทด์ จากนั้นสุ่มข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างบ้านและช้างป่าจำนวนหนึ่ง แล้วทำการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง และลงข้อสรุป จากวิธีการตรวจสอบข้างต้น คำถามใดเป็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เจ้าหน้าที่ต้องการหาคำตอบ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อ (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

คำถามทางวิทยาศาสตร์	ใช่ หรือ ไม่ใช่
3.1 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างป่าและช้างบ้านเหมือนกันหรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่
3.2 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างสามารถป้องกันการสวมสิทธิตัวช้างได้หรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่
3.3 งบประมาณที่ได้รับเพียงพอต่อการจัดทำฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของช้างในจังหวัดสุรินทร์หรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่

#### สถานการณ์ที่ 4 แบคทีเรียย่อยสลายโฟม

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องของการจัดการขยะยังคงเป็นประเด็นปัญหาที่ยังแก้ไขไม่จบสิ้น เนื่องด้วยปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น ประกอบกับชนิดของขยะที่ใช้เวลานานในการย่อยสลายหรือไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ทั้งนี้ ปัญหาหนึ่งในการจัดการขยะประเภทโฟมหรือโพลียูรีเทน คือการที่ต้องใช้พลังงานจำนวนมาก วัสดุโฟมหรือ พลาสติกจะไม่ยอมละลายเมื่อถูกความร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโพลียูรีเทนส่วนใหญ่จะไปจบที่หลุมฝังกลบขยะซึ่งสามารถปล่อยสารเคมีที่เป็นอันตรายออกมาได้ ในปี 2013 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ร่วมกันศึกษาและสร้างแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่กัดกินโพลียูรีเทน ซึ่งจะช่วยให้วัสดุโฟมหรือพลาสติกในสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ

**คำถามข้อ 1:** จากบทความข้างต้น คำว่า "สร้าง" หมายถึงเทคนิคหรือวิธีการใด (การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์)

- ก. การโคลน
- ข. พันธุวิศวกรรม
- ค. การหาขนาดของดีเอ็นเอ
- ง. การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์



### คำถามข้อ 2:

เพราะเหตุใดแบคทีเรียตามธรรมชาติจึงไม่สามารถย่อยสลายโฟมได้ (การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์)

- ก. โฟมมีขนาดใหญ่จึงใช้เวลานานในการย่อยสลาย
- ข. โฟมเป็นสารเคมีที่แบคทีเรียไม่สามารถสร้างน้ำย่อยมาย่อยได้
- ค. โฟมมีคุณสมบัติเป็นเบสซึ่งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย
- ง. โฟมไม่สามารถให้พลังงานแก่แบคทีเรียได้ แบคทีเรียจึงไม่ย่อยสลายโฟม

**คำถามข้อ 3:** หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายโฟมได้สำเร็จ และก่อนที่จะปล่อยแบคทีเรียนี้ออกไป นักเรียนคิดว่าควรมีวิจัยเพื่อตอบคำถามเหล่านี้หรือไม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อ (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

คำถามนี้ควรมีการวิจัยก่อนที่จะปล่อยแบคทีเรียออกไปหรือไม่	ใช่ หรือ ไม่ใช่
3.1 แบคทีเรียชนิดนี้ใช้เวลาในการย่อยสลายโฟมนานเท่าใด	ใช่ / ไม่ใช่
3.2 แบคทีเรียชนิดนี้จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่
3.3 วิธีการใดที่สามารถกำจัดแบคทีเรียชนิดนี้ได้เหมาะสมตามธรรมชาติ	ใช่ / ไม่ใช่
3.4 ภูมิภาคใดที่มีการทิ้งขยะประเภทโฟมมากที่สุด	ใช่ / ไม่ใช่

### สถานการณ์ที่ 5 วัคซีน COVID-19

การระบาดของหนักของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) จนมีผู้ป่วยทั่วโลกหลายล้านคน มีผู้เสียชีวิตหลายแสนคน (ข้อมูล ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2563) ซึ่งกระทบกับวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชน สิ่งที่คุณคนรอคอยคือ ยาที่ดีและวัคซีนป้องกันโรค อย่างไรก็ตามก็ยังมีการพัฒนาวัคซีนได้หลายวิธีการเช่น วิธีการสร้างแบบวัคซีน Recombinant เป็นการตัดส่วนหนึ่งของยีนไวรัสเข้ากับสิ่งมีชีวิตเช่นแบคทีเรีย ยีสต์ เพื่อสร้างโปรตีนขึ้นมาแล้วเอาส่วนนั้นมาทำเป็นวัคซีน หรือวิธีการสร้างแบบ mRNA วัคซีน ซึ่งเป็นแนวทางใหม่ที่ทำได้ง่าย และรวดเร็ว โดยในปัจจุบันมีความพยายามในการใช้วิธีสร้างสายพันธุ์กรรม เรียกว่า วัคซีน mRNA และ วัคซีน DNA โดยใช้อนุพันธ์ของอาร์เอ็นเอหรือดีเอ็นเอ ที่ให้ผลต่อการแปลโค้ดสร้างโปรตีน ในส่วนที่ใช้ป้องกันโรคโควิด 19 แล้วให้เซลล์ของร่างกายมนุษย์สร้างโปรตีนตัวนี้ขึ้นมาเพื่อป้องกันโรค วัคซีน mRNA อาจจะเหนือกว่า วัคซีน DNA เพราะสลายไปเองได้ วัคซีนชนิดนี้ยังอยู่ในขั้นทดลองในหนู ถ้าจะนำมาใช้ในคน คงต้องใช้เวลาเป็นปี ถึงแม้ว่าขั้นตอนในการผลิตจะทำได้ง่ายกว่ามาก

**คำถามข้อ 1:** เพราะเหตุใดวัคซีนจึงสามารถป้องกันเชื้อโรคได้ (การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์)

- ก. วัคซีนจะช่วยกระตุ้นให้ร่างกายผลิตเม็ดเลือดแดงที่จับกับเชื้อโรคได้
- ข. วัคซีนจะช่วยกระตุ้นให้ร่างกายผลิตแอนติบอดีเพื่อต่อต้านเชื้อโรคได้
- ค. วัคซีนเป็นยาปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ในการทำลายและฆ่าของเชื้อโรคให้ตายได้
- ง. วัคซีนเป็นตัวเชื้อโรคที่ตายแล้ว เมื่อฉีดเข้าไปจะทำให้เชื้อโรคตัวอื่น ๆ ตายตาม

**คำถามข้อ 2:** จากข้อความที่ว่า “คงต้องใช้เวลานานเป็นปี” นักเรียนคิดว่าข้อใดที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด (การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์)

- ก. การผลิตวัคซีนใช้เวลาานเนื่องจากมีกำลังคนน้อย
- ข. การผลิตวัคซีนใช้เวลาานเนื่องจากยังขาดกำลังเงินที่ใช้ลงทุน
- ค. การผลิตวัคซีนใช้เวลาานเนื่องจากมีการทดลองในหลายระดับ
- ง. การผลิตวัคซีนใช้เวลาานเนื่องจากการขออนุมัติจากหน่วยงานรัฐบาล

**คำถามข้อ 3:** หากเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) เกิดการกลายพันธุ์และสามารถพบการแพร่กระจายของสายพันธุ์นี้ได้ในทวีปแอฟริกา โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีทะเลทราย นักเรียนคิดว่าในการวิจัยเพื่อพัฒนาวัคซีนโควิดในครั้งนี้ ควรมีการตั้งประเด็นคำถามของการวิจัยเหล่านี้หรือไม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อ (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ควรมีการตั้งประเด็นคำถามของการวิจัยเหล่านี้หรือไม่	ใช่ หรือ ไม่ใช่
3.1 เพราะเหตุใดเชื้อโควิดถึงยังไม่หมดไป	ใช่ / ไม่ใช่
3.2 เชื้อโควิดสายพันธุ์นี้สามารถทนต่อความร้อนได้มากกว่าเดิมใช่หรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่
3.3 ประเทศไทยมีโอกาสพบเชื้อโควิดสายพันธุ์นี้หรือไม่	ใช่ / ไม่ใช่
3.4 ลักษณะแอนติเจนของเชื้อโควิดสายพันธุ์นี้เป็นอย่างไร	ใช่ / ไม่ใช่

## สถานการณ์ที่ 6 ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม (PISA 2015)

### ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมควรถูกห้าม

กลุ่มอนุรักษ์พันธุ์พืชและสัตว์ป่ากำลังเรียกร้องให้ยกเลิกข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม (GM)

ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมถูกออกแบบมาไม่ให้เกิดผลกระทบจากการใช้สารฆ่าวัชพืชชนิดใหม่ซึ่งฆ่าข้าวโพดพันธุ์ดั้งเดิมได้ด้วย สารฆ่าวัชพืชชนิดใหม่นี้จะฆ่าวัชพืชเกือบทุกชนิดในไร่ข้าวโพด

นักอนุรักษ์บอกว่า เนื่องจากวัชพืชเป็นอาหารของสัตว์เล็ก ๆ โดยเฉพาะแมลง การใช้ สารฆ่าวัชพืชชนิดใหม่กับข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมจะเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม แต่ผู้สนับสนุนการใช้ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมบอกว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้แสดงว่าสิ่งนี้จะไม่เกิดขึ้น

ต่อไปนี้เป็นรายละเอียดของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวถึงในบทความข้างบน มีการปลูกข้าวโพด 200 แปลงทั่วประเทศ แต่ละแปลงถูกแบ่งเป็นสองส่วน ครึ่งหนึ่งปลูกข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมที่ใช้สารฆ่าวัชพืชชนิดใหม่ ส่วนข้าวโพดพันธุ์ดั้งเดิมที่ใช้สารฆ่าวัชพืชชนิดเดิมถูกปลูกแปลงอีกครึ่งหนึ่งที่เหลือ จำนวนแมลงที่พบในแปลงข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมที่ใช้สารฆ่าวัชพืชชนิดใหม่มีจำนวนพอ ๆ กับแมลงในแปลงที่ปลูกข้าวโพดพันธุ์ดั้งเดิมที่ใช้สารฆ่าวัชพืชชนิดเดิม

**คำถามข้อ 1:** ในการทดลองนี้ นักเรียนคิดว่า ปัจจัยเหล่านี้ตั้งใจทำให้แตกต่างกันในการศึกษาหรือไม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อ (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ปัจจัยนี้ตั้งใจทำให้แตกต่างกันในการศึกษาหรือไม่	ใช่ หรือ ไม่ใช่
1.1 จำนวนของแมลงในสิ่งแวดล้อม	ใช่ / ไม่ใช่
1.2 ชนิดของสารฆ่าวัชพืชที่ใช้	ใช่ / ไม่ใช่

**คำถามข้อ 2:** ข้าวโพดถูกปลูกในที่ต่าง ๆ 200 แปลงทั่วประเทศ เพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงใช้พื้นที่ปลูกมากกว่าหนึ่งแห่ง (การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

- ก. เพื่อเกษตรกรจำนวนมาก จะได้ลองปลูกข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม
- ข. เพื่อดูว่าข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมจะเจริญเติบโตได้มากเพียงใด
- ค. เพื่อให้ข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมครอบคลุมพื้นที่ให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ง. เพื่อให้มีสภาพที่แตกต่างกันหลาย ๆ แบบในการเจริญเติบโตของข้าวโพด

คำถามข้อ 3: จากบทความข้างต้น ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุด (การแปลความหมาย ข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์)

- ก. แมลงตายเพราะข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรม
- ข. ข้าวโพดพันธุ์ดั้งเดิมสามารถต้านทานสารฆ่าวัชพืชได้
- ค. สามารถนำข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมไปปลูกในพื้นที่จริงได้เลย เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
- ง. หากนำข้าวโพดดัดแปลงพันธุกรรมไปปลูกในพื้นที่จริงจะมีผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติ จึงไม่ควรนำไปปลูก




**แบบสังเกตการสอน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ**  
**ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**


โรงเรียน..... รายวิชา..... วันที่.....  
ผู้สังเกต..... แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

**คำชี้แจง** ให้ผู้สังเกตบันทึกและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ของครู พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยตนเอง และระหว่างนักเรียนกับครูผู้สอนตามสภาพจริง โดยมีประเด็นการบันทึก ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้กับกระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร

บันทึกผลการสังเกต


## 2. การจัดห้องเรียน/ สภาพแวดล้อมของชั้นเรียน

บันทึกผลการสังเกต	บันทึกการสะท้อนความคิดของผู้สังเกต
	



## 3. การจัดการเรียนรู้ของครู และพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละชั้นของ ADI

บันทึกผลการสังเกต		บันทึกการสะท้อน ความคิดของผู้สังเกต
ชั้นที่ 1 การระบุภาระงานและคำถามนำ		
การจัดการเรียนรู้ของครู	พฤติกรรมของนักเรียน	
ชั้นที่ 2 การออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูล		
การจัดการเรียนรู้ของครู	พฤติกรรมของนักเรียน	
ชั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว		
การจัดการเรียนรู้ของครู	พฤติกรรมของนักเรียน	

บันทึกผลการสังเกต		บันทึกการสะท้อน ความคิดของผู้สังเกต
ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง		
การจัดการเรียนรู้ของคุณ	พฤติกรรมของนักเรียน	
ขั้นที่ 5 การอภิปรายที่ชัดเจนและสะท้อนคิด		
การจัดการเรียนรู้ของคุณ	พฤติกรรมของนักเรียน	
ขั้นที่ 6 การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ		
การจัดการเรียนรู้ของคุณ	พฤติกรรมของนักเรียน	

บันทึกผลการสังเกต		บันทึกการสะท้อน ความคิดของผู้สังเกต
ขั้นที่ 7 การตรวจสอบโดยกลุ่มเพื่อน		
การจัดการเรียนรู้ของครู	พฤติกรรมของนักเรียน	
ขั้นที่ 8 การปรับปรุงและส่งรายงาน		
การจัดการเรียนรู้ของครู	พฤติกรรมของนักเรียน	

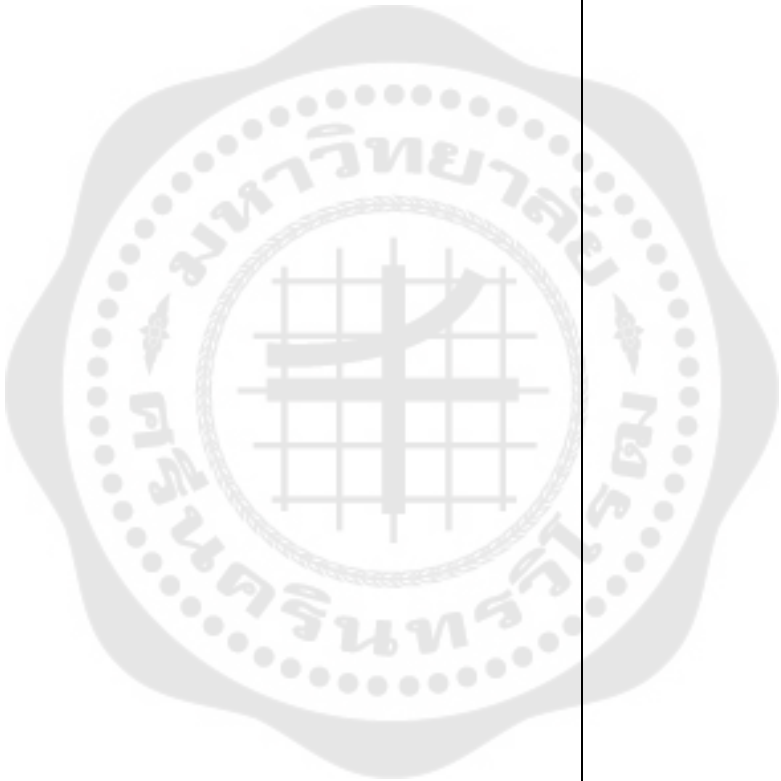
4. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

บันทึกผลการสังเกต	บันทึกการสะท้อนความคิดของผู้สังเกต

5. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

บันทึกผลการสังเกต	บันทึกการสะท้อนความคิดของผู้สังเกต

6. การจัดการเรียนรู้ที่ครูใช้กับพฤติกรรมของนักเรียนด้านการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์

บันทึกผลการสังเกต	บันทึกการสะท้อนความคิดของผู้สังเกต
	



ภาคผนวก ง  
ใบรับรองโครงการวิจัย





ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

21 กันยายน 2565

เรื่อง ขออนุญาตผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 385/2565E

เรียน นาย คณารักษ์ กิจประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-385/2565

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการ  
โต้แย้ง ที่มีต่อความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 385/2565E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำ  
ในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้  
คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2565 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number SWUEC/E/G-385/2565

Date of Approval 21 กันยายน 2565 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)

Date of Expiration 21 กันยายน 2566

Continuing Review ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 21 กันยายน 2566)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ใคร่ขอความกรุณาให้ผู้วิจัย  
ส่งรายงานความก้าวหน้าของงานวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการ  
มาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate  
of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-385/2565) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรีพร กัทธสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430

โทรสาร 0-2259-1822



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย  
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 385/2565E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ที่มีต่อความ ฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นาย คณารักษ์ กิจประเสริฐ

สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 21 กันยายน 2565
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 21 กันยายน 2565
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 21 กันยายน 2565
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2	วัน/เดือน/ปี 21 กันยายน 2565

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หินตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกู)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภีทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-385/2565

วันที่ให้การรับรอง : 21/09/2565

วันหมดอายุใบรับรอง : 21/09/2566

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	คนารักษ์ กิจประเสริฐ
วัน เดือน ปี เกิด	6 กันยายน 2536
สถานที่เกิด	กาญจนบุรี
วุฒิการศึกษา	กศ.บ. วิทยาศาสตร์-ชีววิทยา

