

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง
ด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กรกฎาคม 2560

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง
ด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



ปริญญานิพนธ์
ของ
วรลี สินธุวา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

กรกฎาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง
ด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กรกฎาคม 2560

วราลี สินธุวา. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะ
บนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ; บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. ชีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ซึ่งพิจารณา 3 ด้าน ได้แก่ มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 17 คน และนักเรียนหญิง 27 คน ซึ่งเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 18 คน และนักเรียนหญิง 26 คนซึ่งเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) เก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ แบบสังเกตการสอน อีกทั้งใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเชิงลึกกับนักเรียนกลุ่มทดลอง 15 คน และกลุ่มควบคุม 15 คน เพื่อนำข้อมูลประกอบการวิเคราะห์มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้ง ผู้วิจัยใช้สถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย การทดสอบค่าที ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยหลังเรียนนักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุม และมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน อีกทั้งช่วยส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้ง โดยนักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 นอกจากนี้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

THE DEVELOPMENT OF A GENETICS TECHNOLOGY LEARNING UNIT USING
ARGUMENT-BASED INQUIRY WITH THE SWH TECHNIQUE TO ENHANCE
VIEW OF NATURE OF SCIENCE, ARGUMENTATION ABILITY AND
ACHIEVEMENT OF 12th GRADE STUDENTS



AN ABSTRACT
BY
WARALEE SINTHUWA

Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Master of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

July 2017

Waralee Sinthuwa. (2017). *The Development of a Genetics Technology Learning Unit Using Argument-Based Inquiry with the SWH Technique to Enhance View of Nature of Science, Argumentation Ability and Achievement of 12th Grade Students*.

Dissertation, M.Ed. (Science Education). Bangkok: Graduate school,
Srinakharinwirot University. Advisor: Assist. Prof. Dr. Theerapong Sangpradit.

The purpose of this study was to study the effects of the Genetics Technology Learning Unit in three aspects as follows: view of nature of science, argumentation ability and achievement of genetics technology. The sample were two groups of students: the experimental group was students from a classroom (forty-four students; seventeen males twenty-seven and females) who learned through the Genetics Technology Learning Unit using argument-based inquiry with the SWH technique. The control group was students from a classroom (forty-four students; eighteen males and twenty-six females) who learned with the 5E learning model. The research instruments included an argumentation ability questionnaire, a Views of Nature of Science questionnaire, achievement test and a classroom observation form. A semi-structure interview was used with fifteen experimental group students and fifteen experimental control students to confirm the NOS view and argumentation ability. Percentage, average and t-test were used for analysis.

The research results indicated that the learning unit enhanced the NOS views of student. After learning, the experimental group had a NOS view more relevant to to the scientific community than the control group. They also shifted their NOS views to more sophisticated views. In addition, it supported argumentation ability. The mean scores on argumentation ability of the experimental group was higher than the pretest score and the control group at a 0.01 level of significance. Furthermore, the achievement was higher than the control group and the criteria (50%) at a 0.01 level of significance.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วย
เทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ของ

วราลี สินธูวา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

งานวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี ด้วยความเมตตากรุณา เสียสละ และเอาใจใส่ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ สะท้อนความคิดเห็นต่องานวิจัยอย่างสร้างสรรค์เสมอมา และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจน ให้กำลังใจ และเป็นตัวอย่างที่ดีของความเป็นครู ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณท่าน อาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และ อาจารย์ ดร.พินิจ ขาววงษ์ ที่เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการเป็นกรรมการสอบปากเปล่า และให้คำแนะนำต่าง ๆ

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร อาจารย์ ดร. สุชาวัลย์ หาญขจรสุข และ ดร. ณัฐธิดา พรหมยอด ที่กรุณาให้คำแนะนำ ในการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนนวมวิชรธรรมสาริต ตลอดจนขอใจนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือกับการวิจัยเป็นอย่างดี ช่วยให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. ชนินันท์ พุกกะประมุข สำหรับคำแนะนำ ความห่วงใย และกำลังใจ ที่มีให้ผู้วิจัยอย่างต่อเนื่อง

กราบขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดี และให้กำลังใจมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. วิลเลียม ฟรานซ์ สตีเฟน ผู้ปลูกฝังอุปนิสัยให้ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน ตลอดจนให้คำแนะนำด้านพันธุศาสตร์ และเป็นแรงบันดาลใจในการทำวิจัยให้สำเร็จ

ขอบคุณนางขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ ที่เป็นผู้ร่วมทบทวนการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึง การแลกเปลี่ยนแนวคิดในการวิจัย และขอบคุณมิตรภาพ กำลังใจ จากเพื่อนร่วมรุ่น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้ความรักความอบอุ่น คุณงามความดี และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ บพกาří บวรพาจารย์ และผู้มีพระคุณ

วราลี สินธุวา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	6
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
สมมุติฐานของการวิจัย	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551	12
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษา	15
การโต้แย้ง	16
ความหมายของการโต้แย้ง	16
องค์ประกอบของการโต้แย้ง	17
บทบาทของการโต้แย้งกับวิทยาศาสตร์ศึกษา	18
การวัด และการประเมินความสามารถในการโต้แย้ง	20
การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง	21
ความหมายของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง	22
องค์ประกอบของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง	22
ความสัมพันธ์ของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งกับ	23
การนำการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งสู่ห้องเรียน	24
รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH	27
การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้	33
ความหมายของหน่วยการเรียนรู้	33
การจัดทำหน่วยการเรียนรู้	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	36
ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	36
ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	38
ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	40
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ศึกษา.....	53
การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	55
มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.....	58
เครื่องมือวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	60
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	63
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	63
การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	64
3 วิธีการวิจัย.....	66
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	66
รูปแบบการวิจัย.....	67
การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	68
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	69
หน่วยการเรียนรู้บูรณาการการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง.....	69
แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	79
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	81
แบบสังเกตการสอน.....	86
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	87
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	90

สารบัญ (ต่อ)

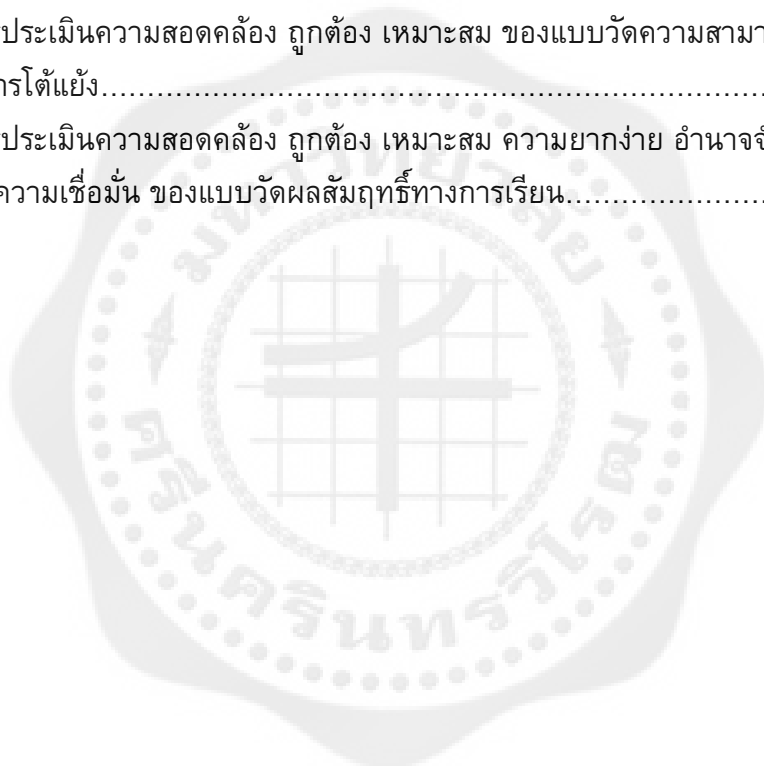
บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้.....	94
มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	94
ความสามารถในการโต้แย้ง.....	104
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์.....	112
 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	115
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	115
สมมติฐานในการวิจัย.....	115
วิธีดำเนินการวิจัย.....	116
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	116
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	117
อภิปรายผลการวิจัย.....	117
ข้อเสนอแนะ.....	123
 บรรณานุกรม.....	126
 ภาคผนวก.....	145
ภาคผนวก ก.....	146
ภาคผนวก ข.....	148
ภาคผนวก ค.....	180
ภาคผนวก ง.....	193
 ประวัติย่อผู้วิจัย.....	200

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สรุปผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	13
2 สรุปผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์....	14
3 รูปแบบการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (SWH) สำหรับครูและนักเรียน.....	26
4 บทบาทของครูและบทบาทของผู้เรียนในชั้นการเรียนรู้ต่าง ๆ.....	30
5 ลักษณะสำคัญทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษา มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน.....	49
6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และรูปแบบการสอนกับเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์.....	51
7 การวิเคราะห์วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	56
8 มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ในงานวิจัย.....	59
9 เครื่องมือประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	61
10 การเก็บข้อมูล.....	67
11 การกำหนดหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์แผนการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้.....	71
12 การวิเคราะห์จุดประสงค์และสาระการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้.....	73
13 ประเด็นการโต้แย้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์.....	76
14 รายละเอียดแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา.....	80
15 เกณฑ์ให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้ง.....	82
16 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	95
17 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน แต่ละประเด็น.....	96
18 คะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง.....	105
19 คะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และควบคุม.....	105
20 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียน.....	106
21 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	112

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
22 คะแนนเฉลี่ยเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ก่อนกับหลังเรียนในแต่ละประเด็น.....	113
23 คะแนนเฉลี่ยเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่ม.....	114
24 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ของกลุ่มทดลอง.....	114
25 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของหน่วยการเรียนรู้.....	181
26 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดมุมมองมองต่อ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.....	190
27 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดความสามารถ ในการโต้แย้ง.....	190
28 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	191



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนภาพแสดงแนวทางการโต้แย้ง.....	18
2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูล ข้อกล่าวอ้าง และคำสนับสนุน.....	18
3 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH	29
4 ขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้.....	35
5 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้ การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนา มุมมองต่อธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้งและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.....	70



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันหลายประเทศต่างให้ความสำคัญกับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความรู้ว่าโลกสามารถทำความเข้าใจได้ เข้าใจกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2545; American association of the advancement of science (AAAS). 1990; & NRC. 2008) สังเกตได้จากการบรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของหลายประเทศ (McComas; & Olson. 1998) และได้รับการสนับสนุนให้เป็นจุดประสงค์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตลอดศตวรรษที่ผ่านมา (Lederman. 2007) เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดการศึกษาระบบชาติของวิทยาศาสตร์ในเป้าหมายการศึกษาอย่างชัดเจนตั้งแต่ปี ค.ศ.1920 และมีการเชื่อมโยงกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ. 1960 และมีความสำคัญมากขึ้นเมื่อสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อเมริกัน (American Association for the Advancement of Science) ได้กำหนดให้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการรู้วิทยาศาสตร์ (Lederman. 1992)

ประเทศไทยเริ่มกำหนดจุดประสงค์การศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้อย่างชัดเจนในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 โดยระบุว่า เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเพื่อให้เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ อีกทั้งกำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ที่ 8 ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรเป็นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดยยังคงใจความในมาตรฐานการเรียนรู้ที่ 8 ไว้แต่มีการกำหนดตัวชี้วัดขึ้นเพื่อให้เกิดความชัดเจนแก่ผู้ปฏิบัติแต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะสื่อความหมายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ทำให้ครูเข้าใจว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือการสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การขาดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วย (ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทธกุล; และชาติรี ฝ่ายคำตา. 2556)

จากงานวิจัยทั้งในประเทศไทย และต่างประเทศที่ผ่านมารายงานว่านักเรียนทุกระดับชั้น ตั้งแต่ ระดับประถมศึกษา (Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002) ระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้น

และตอนปลาย (Lin; & Chiu. 2004; Khishfe. 2008; Sinthuwa; & Kanyaprasith. 2015 กาญจนมหาลี; และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2553) และระดับอุดมศึกษา (Murcia; Schibeci. 1999; Khalick; & Lederman. 2000) ส่วนมากยังมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน เช่น นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นการแสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ กิจการหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมต่อความรู้วิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส. 2552) อีกทั้งนักเรียนยังเชื่อว่าความรู้วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่คงทน ไม่เปลี่ยนแปลง และไม่เข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีส่วนในการสร้างองค์ความรู้ (Murcia; & chibeci.1999; Khisfe;& Khalick. 2002) มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นสิ่งที่น่ากังวลอย่างยิ่ง เพราะถ้านักเรียนขาดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์อาจส่งผลให้นักเรียนขาดการรู้วิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ (Chamrat. 2009)

นอกจากนี้ผลการสอบ PISA 2012 ส่วนการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ของนักเรียนในประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าครึ่งระดับ และนักเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน คือต่ำกว่าระดับ 2 จาก 6 ระดับเป็นจำนวนมากถึงหนึ่งในสาม หรือ 34% ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ ซึ่งเป็นสิ่งที่น่ากังวลอย่างยิ่งเนื่องจาก ระดับ 2 เป็นระดับพื้นฐานเบื้องต้นที่ แสดงว่า นักเรียนเริ่มรู้ และใช้ประโยชน์จากความรู้ในชีวิตจริงในอนาคตทำให้แสดงถึงคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ในตลาดแรงงานในอนาคต และความสามารถในการแข่งขันของชาติในประชาคมโลก ทั้งนี้ผลสอบ PISA 2015 สอดคล้องกับ PISA 2012 คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย 421 คะแนน อยู่ในช่วงลำดับที่ 51-57 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่าหนึ่งระดับ โดยมีนักเรียน ที่มีผลการประเมินไม่ถึงระดับ 2 46.7% รวมถึงจัดอยู่ในกลุ่มล่างที่มีผลการประเมินต่ำ และคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า PISA 2012

จากบทสรุปผลการประเมิน PISA 2012 และ 2015 พบว่าคะแนนการสอบในส่วนการรู้วิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลงในช่วง PISA 2012 ถึง PISA 2015 โดยข้อสอบ PISA ไม่ได้เน้นการถามเนื้อหาสาระโดยตรงแต่เน้นการประเมินความรู้ผู้เรียนครอบคลุมประเด็นต่างๆ เช่น การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การใช้วิทยาศาสตร์อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ หนึ่งในจุดเน้นที่สำคัญของการสอบ PISA ในส่วนการรู้วิทยาศาสตร์คือ มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผลการสอบของนักเรียนที่ต่ำ จึงแสดงถึงการขาดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ยิ่งไปกว่านั้นผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 และ 2559 พบว่า คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศในวิชาวิทยาศาสตร์ 33.40 คะแนน และ 31.62 คะแนน ตามลำดับ โดยปีการศึกษา 2559 มีคะแนนน้อยกว่าปีการศึกษา 2558 เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยของจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งลดลงจาก 36.08 เป็น 34.81 โดยมีคะแนนต่ำกว่า 50% เมื่อพิจารณาพุทธิพิสัย จึงสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ดังนั้นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผนวกกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์เพราะ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง (Shea. 2003) ประกอบกับมีการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในระดับคลินิกหลายรูปแบบ เช่น ฐานข้อมูลจีโนมออนไลน์ที่บ่งชี้ถึงสุขภาพ การกล่าวอ้างของผลิตภัณฑ์ดูแลผิวว่าได้รับการทดสอบทางพันธุกรรมสำหรับการลดริ้วรอย เป็นต้น (Abrams. 2015) อีกทั้งปัจจุบันสื่อต่าง ๆ ได้นำเสนอข่าวที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางพันธุศาสตร์ เช่น การอัมพฤกษ์ อาหารดัดแปรพันธุกรรม เป็นต้น เทคโนโลยีพันธุศาสตร์จึงเป็นเรื่องที่มีความท้าทายสำหรับสังคมในการโต้แย้ง การให้เหตุผล ในฐานะของประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม (Shea. 2003) แต่อย่างไรก็ตามการสอนพันธุศาสตร์ในโรงเรียนยังไม่สะท้อนถึงความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจในปัจจุบัน โดยเฉพาะความรู้เกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม ซึ่งในหนังสือเรียนไม่ได้ให้ความสำคัญ นำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ในเชิงลึกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา (Mills Shaw; et al. 2008) ดังนั้นการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิคการเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic technique; SWH) โดยมีการเชื่อมโยงประเด็นทางสังคมจะกระตุ้นให้เกิดการโต้แย้งในการเรียนพันธุศาสตร์ซึ่งเป็นการเตรียมพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ให้มีการรู้พันธุศาสตร์ (Genetics literacy) สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (Kampourakis; et al. 2014) นักการศึกษาจำนวนมากศึกษาการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้เนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ เช่น การสอนพันธุศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ สังคมร่วมกับการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาได้ โดยการนำประเด็นต่างๆ ให้ผู้เรียนสะท้อนแนวคิดเช่น อาหารดัดแปรพันธุกรรม การตรวจสอบยีน และสเต็มเซลล์ เป็นต้น (Lederman; Antink; & Bartos. 2014) อีกทั้งงานวิจัยหลายเรื่องได้สนับสนุนแนวทางการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ร่วมกับเนื้อหาทางพันธุศาสตร์ โดยใช้หลักฐานจากประวัติ

วิทยาศาสตร์ แบบจำลองทฤษฎีวิวัฒนาการ และประเด็นวิทยาศาสตร์สังคมกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการโต้แย้งซึ่งเป็นการฝึกฝนทางญาณวิทยา หรือ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนและช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งขึ้นด้วย (Pilar; & Aleixandre. 2014; Loannidis. 2011) นอกจากนี้ คาลิก และลีตเตอร์แมน (Khalick; & Lederman. 2000) ได้เสนอว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน โดยให้นักเรียนเผชิญกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยตรง ให้ผลดีกว่าการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้นทำให้ทราบว่า การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ให้ดีขึ้นนั้นควรจัดการเรียนการสอนที่ยึดนักเรียนเป็นสำคัญ มีการเชื่อมโยงกับประเด็นทางสังคมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม หรือสะท้อนแนวคิดของตนในการจัดการเรียนการสอน และเทคโนโลยีพันธศาสตร์ เป็นเนื้อหาที่มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ยังใช้รูปแบบการบรรยายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางในงานวิจัยข้างต้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง ทอม คอร์ดโคแรนได้สะท้อนถึง สภาพปัญหาของห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจากการบรรยายพิเศษเรื่องการปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ (สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.2555) โดยระบุประเด็นที่ควรปรับปรุงในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น การสอนที่เน้นการท่องจำเป็นหลัก การขาดปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับผู้เรียน การขาดการสร้างแรงจูงใจ และแรงบันดาลใจให้กับผู้เรียน และรูปแบบการเรียนรู้ซึ่งสำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์แนะนำให้ครูใช้คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) แต่จากงานวิจัยพบว่า การนำการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเพียงรูปแบบเดียวมาใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ไม่สามารถส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน เพราะ มีลักษณะเป็นขั้นตอนการสอนในเชิงกว้าง มีความสอดคล้องกับสภาพจริงค่อนข้างน้อยโดยขึ้นอยู่กับครูผู้สอน (Herron. 1971; Shulman; & Tamir. 1973) อีกทั้งพบว่าครูนำไปใช้อย่างขาดความเข้าใจ เช่น ขึ้นรับความสนใจครูละเลยในการกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ และนำคำถามมาใช้ในขั้นต่อไป การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ถูกมองว่าเป็นเพียงการสอน 5 ขั้นตอน ดังนั้นนักเรียนจึงขาดโอกาสที่จะเรียนโดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างแท้จริง (Faikhamta; & Ladachart. 2016) ซึ่งเป็นกระบวนการ

ที่คล้ายการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ที่จะนำไปสู่การพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Khalick. 2013)

นักการศึกษาได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry learning) เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนกระตือรือร้นในการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการไตร่ตรองและเจรจา ต่อรองโดยภายใต้โครงสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ นักเรียนได้รับสิทธิ์ในการคิด และขับเคลื่อนการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีโอกาสในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง อีกทั้งเป็นการพัฒนาญาณวิทยาขององค์ความรู้วิทยาศาสตร์ (Prawat. 1992; Hand. 2008; Driver; Newton; & Osborne. 2000; Dusch. 2008; Cavagnetto. 2010) ตลอดจนเป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนดังนี้ การสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Knowledge construction) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติ การตั้งคำถาม (Questioning) การแก้ปัญหา (Problem solving) และการให้เหตุผล (Reasoning) อีกทั้งเป็นการส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกัน และผู้สอน โดยมีการใช้ภาษาในการสื่อสารเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ กล่าวโดยสรุปการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry learning) ให้มีความสำคัญกับกรอบแนวคิดในการเรียนรู้ การเจรจาต่อรอง และการใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (Promyod.2013) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง ช่วยส่งเสริมทักษะการใช้เหตุผล และกระตุ้นให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดผ่านการเจรจาต่อรอง (Norton-Meier; et al. 2008) อีกทั้งการสอนการโต้แย้งช่วยส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (McDonald. 2010) โดยส่งเสริมให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด สามารถนำหลักฐานมาสนับสนุนความคิดของตน และให้ผลดีกับนักเรียนแม้ในกลุ่มที่มีผลการเรียนต่ำ (Yerrick. 2000)

ทั้งนี้หนึ่งในเทคนิคการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry learning) สู่ห้องเรียนคือการเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic technique; SWH) โดยมีลักษณะเด่นคือ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มของนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน (Kingir; Gebanb; & Gunel. 2012) ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของกลุ่มประชากรที่มีเกรตวิชาชีววิทยาในภาคการศึกษาที่ผ่านมาหลากหลาย นอกจากนี้การเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ (Lederman. 2004) ประกอบกับ การเรียนวิทยาศาสตร์รูปแบบนี้คือ การเรียนรู้ในการพูดถึงวิทยาศาสตร์ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ดึงดูดใจผู้เรียนสู่วิทยาศาสตร์ โดยการอภิปรายและสะท้อนแนวคิดคล้ายกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับ SWH ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้

สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ประกอบหลักฐาน (Evidence) อ่านแนวคิดผู้อื่น (Reading) เพื่อทบทวน เปรียบเทียบกับเพื่อน และสะท้อนแนวคิด (Reflection) จึงมีความเป็นไปได้ที่ SWH จะช่วยพัฒนา มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Lemke. 1990) แต่อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยการใช้ SWH พบว่า ขั้นตอนการอ่านทบทวน (Reading) นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือจึงไม่เกิดการเปรียบเทียบแนวคิด ตนกับเพื่อน ทำให้การเรียนรู้ไม่ครบตามขั้นตอน (Egan. 2013) อีกทั้งการสรุปความรู้ และการ สะท้อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การ สืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ซึ่งผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นโดยผสานจุดเด่นของรูปแบบการ เรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง กับเทคนิค SWH และศึกษาผลของการใช้หน่วยการเรียนรู้ต่อ มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถ ในการโต้แย้ง ตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ให้สูงขึ้น โดยรูปแบบ การเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ เรียนการสอน มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน และครูผ่านการเจรจาต่อรอง มีการนำเหตุผลประกอบหลักฐาน มาโต้แย้งตามแนวทางการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งหน่วยการ เรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจะนำไปสู่แนวทางการสร้างหน่วยการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเอง การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญรวมถึงการส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการโต้แย้งควบคู่กับความ เข้าใจที่ลึกซึ้งในเนื้อหาวิชา

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะ บนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH โดยพิจารณาจาก

1.1 มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical nature of scientific knowledge) และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge)

1.2 ความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนจากหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยี พันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง

1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจากหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยี พันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผู้สอนได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์
2. ผู้สอนวิชาชีววิทยา และวิทยาศาสตร์นำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง
3. นักเรียนมีโอกาสนำมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง ซึ่งนำไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 148 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 63 คน และนักเรียนหญิง 85 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งมาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักเรียนกลุ่มดังกล่าว เพราะนักเรียนทั้ง 2 ห้องมีปริมาณเท่ากัน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา คละกัน เช่นเดียวกับกลุ่มประชากร

กลุ่มทดลองคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 17 คน และนักเรียนหญิง 27 คน ที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง

เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่จัดการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

กลุ่มควบคุมคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 18 คน และนักเรียนหญิง 26 คน ที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่จัดการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1.1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

2. ตัวแปรตาม แบ่งเป็นดังนี้

2.1 มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.2 ความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ หมายถึง หน่วยการเรียนรู้ประเภทที่เป็นประเด็นสำคัญ (Issue) จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ วิชาชีววิทยา 4 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 16 คาบ (คาบละ 50 นาที)

2. มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนในการอธิบาย ตีความ และขยายความเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้อ้างอิงกรอบแนวคิดจาก ลีดเดอร์แมน และคนอื่นๆ (Lederman; et al. 2002; อังคณา ปัทมพงศา. 2005) โดยเลือกศึกษา 3 ประเด็นที่สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และรูปแบบการเรียนรู้ดังนี้

2.1 การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) หมายถึง ความรู้

ความชำนาญ ประสบการณ์เดิม ความเชื่อส่วนบุคคล และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการตีความและการอนุมานของนักวิทยาศาสตร์ดังนั้นจึงมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical nature of scientific knowledge) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ซึ่งใช้การสืบเสาะหาความรู้ ผ่านการแก้ปัญหา สังเกต สืบค้น ตรวจสอบ ซึ่งสามารถสร้างเครื่องมือเพื่อขยายขอบเขตการสังเกตได้ หรือกล่าวได้ว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อความถูกต้องและการยอมรับจากสังคมวิทยาศาสตร์

2.3 มิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge) วิทยาศาสตร์อยู่ในฐานะกิจการของมนุษย์ซึ่งดำเนินอยู่ภายใต้บริบทของวัฒนธรรมและนักวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรม ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่องานทางวิทยาศาสตร์

มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเป็นคำถามแบบอัตนัย 6 ข้อ

3. การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งหมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ซึ่งผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น โดยมีพื้นฐานจากการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และเทคนิคการเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic approach; SWH) โดยรูปแบบดังกล่าวประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่จุดประกายความคิด (Beginning idea) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ขั้นโต้แย้ง (Argumentation) และขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflection)

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยวัดพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน ตามหลักทฤษฎีของ บลูม (Bloom; et al. 1956) ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์

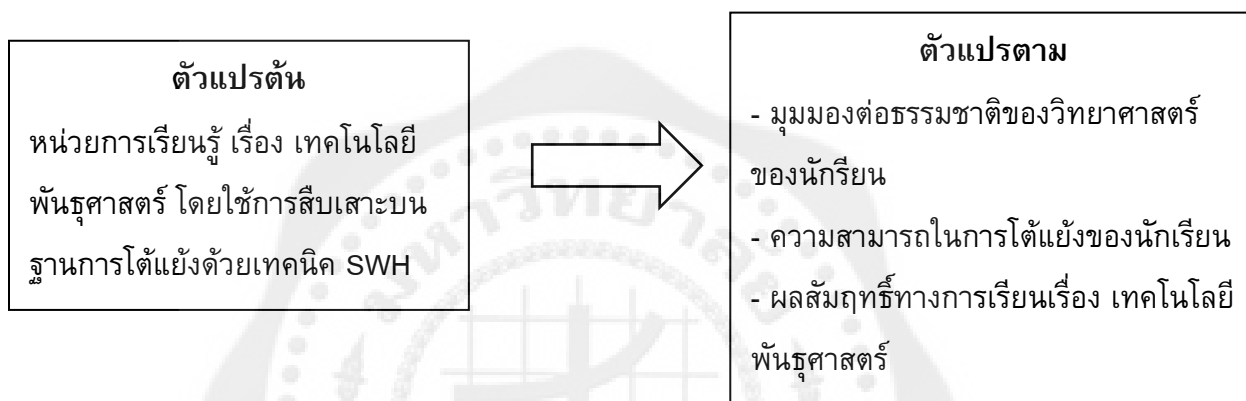
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวัดได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. ความสามารถในการโต้แย้ง หมายถึงความสามารถในการแสดงแนวคิดที่แตกต่างระหว่างบุคคล 2 ฝ่าย โดยนำข้อมูล สถิติ หลักการ เหตุผล การอ้างถึงแนวคิดของผู้รู้ เพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองและคัดค้านแนวคิดของอีกฝ่ายหนึ่ง และระบบในข้อสรุปนั้น มีความสามารถในการชักจูง และใช้เป็นขั้นตอนของการนิรนัยเหตุผลตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป สำหรับข้อมูลที่ใช้ันั้นเรียกว่าหลักฐานสนับสนุนการโต้แย้ง ส่วนข้อสรุปจะเรียกว่า ข้อกล่าวอ้างของการโต้แย้ง และหลักฐาน

สนับสนุนการโต้แย้งจะเป็นการให้เหตุผลสำหรับข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้ง (Besnard; & Hunter. 2008)

ความสามารถในการโต้แย้งวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนด 3 สถานการณ์สำหรับการโต้แย้ง และคำถามรูปแบบอัตนัย 12 ข้อ ซึ่งพัฒนาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ ลิน และมินท์ซ (Lin; & Minitze. 2010)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังเรียน มากกว่ากลุ่มควบคุม และมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (Thailand's Basic Education Curriculum B.E. 2551)
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษา (Theories of the Study)
3. การโต้แย้ง (Argumentation)
4. การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry approach)
5. รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH
6. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ (Learning unit development)
7. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)
8. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement)

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

ประเทศไทยได้นำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาใช้ทุกชั้นเรียน ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555 ซึ่งหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้พัฒนาขึ้นโดยมีหลักสูตรดังกล่าวเป็นแนวคิดพื้นฐานและมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบต่างๆของหลักสูตรดังนี้

1.1 หลักการที่สำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

เป็นหลักสูตรที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่อหาสอดคล้องต่อความต้องการของท้องถิ่น ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร การคิด และการแก้ปัญหา

1.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- 1.2.1 ความสามารถในการสื่อสาร
- 1.2.2 ความสามารถในการคิด
- 1.2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 1.2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- 1.2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

1.3 มาตรฐานการเรียนรู้ เนื้อหาของหน่วยการเรียนรู้สอดคล้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.3.1 สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่ ว 1.2 ม.4-6/2 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.3.2 สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจ ตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูลแปลความหมายข้อมูลและประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้าง คำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหา ในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูล และประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่ การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

นอกจากนี้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีทาง DNA ในหลักสูตรรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม โดยมีผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ดังตาราง 1

ตาราง 1 สรุปผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
1.สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีทาง DNA และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ	1.สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความหมายของเทคโนโลยีทาง DNA 2.สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ 3.สืบค้นข้อมูล อภิปราย และเปรียบเทียบการโคลนนิ่งโดยอาศัยพลาสมิดและเทคนิคพีซีอาร์ 4.สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายความหมายของจีโนม และการศึกษาจีโนม
1.สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีทาง DNA และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ	5. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีทาง DNA ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ 6. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายความปลอดภัยของเทคโนโลยีทาง DNA และมุมมองทางสังคมจริยธรรม

ที่มา: สสวท. (2554). คู่มือครู ชีววิทยา เล่ม 4.

จากการวิเคราะห์ประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 สามารถสรุปเป็นผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ดัง ตาราง 2

ตาราง 2 สรุปผลการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
1.อธิบาย และสะท้อน มุมมองต่อธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ มติประชาคมวิทยาศาสตร์	1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยม ของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการลงความเห็นจากข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ 2. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้อง ประกอบด้วยการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ 3. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าสังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อความรู้ทาง วิทยาศาสตร์

1.4 แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์

การนำเนื้อหาด้านพันธุศาสตร์จากหลักสูตรสู่ห้องเรียนนั้น งานวิจัยพบว่า นักเรียน บางส่วนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังนี้ ยีนเป็นส่วนประกอบของอัลลีล อัลลีลเป็นส่วนประกอบของยีน ยีน และอัลลีลเหมือนกัน การจำลองดีเอ็นเอเกิดขึ้นในระยะโพรเฟส การสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ เกิดขึ้นเฉพาะในสัตว์เท่านั้นไม่พบในพืช โครโมโซม และดีเอ็นเออยู่แยกกันในนิวเคลียส (Tekkaya. 2002) สอดคล้องกับ สาเก และคนอื่น ๆ (Saka;et al. 2006) ซึ่งศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่าง ยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม พบว่านักเรียนเข้าใจว่ายีนมีโครงสร้างแตกต่างจากดีเอ็นเอ และ บางส่วนเข้าใจว่าดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของยีน และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ลีวีส ลีช และ โร บินสัน (Lewis;Leach; & Robinson.2000) ที่รายงานว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องตำแหน่ง ของยีน โดยเข้าใจว่ายีนอยู่ในเซลล์ และมีเพียงส่วนน้อยที่ตอบว่ายีนอยู่ในโครโมโซม และผู้เรียนมี แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกาย ฟิโนไทป์ และลักษณะทางพันธุกรรม โดยนักเรียนเข้าใจว่า ลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ต้องเห็นได้แต่กำเนิดเท่านั้น นอกจากนี้นักเรียนขาดความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเพราะ เนื้อหาดังกล่าวถูกแยกออกจากกันทั้งที่เป็นพื้นฐานเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม อีกทั้ง ยังมีผลการวิจัยแสดงถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนอีกมากมาย เช่น การจำลองดีเอ็นเอเกิดขึ้น ในระยะโพรเฟส ยีน และอัลลีลเป็นสิ่งเดียวกัน และยีนเพียงอย่างเดียวสามารถกำหนดลักษณะที่ ซับซ้อนได้ (Tekkaya. 2003)

นอกจากนี้ยังพบว่าการสอนพันธุศาสตร์ในโรงเรียนไม่สะท้อนถึงความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์สนใจในปัจจุบัน โดยเฉพาะความรู้เกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม (Socio-scientific issue) ซึ่งในหนังสือเรียนไม่ได้ให้ความสำคัญ นำไปสู่ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ในเชิงลึกทั้งระดับมัธยมศึกษา (Mills Shaw; et al. 2008) และอุดมศึกษา (Smith and Knight. 2012) ดังนั้นการนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคมกระตุ้นให้เกิดการโต้แย้งมาใช้ในการเรียนพันธุศาสตร์จะเป็นการเตรียมพลเมืองในศตวรรษที่ 21 ให้มีการรู้พันธุศาสตร์ (Genetics literacy) ซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (Kampourakis; et al. 2014)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษา (Theories of the Study)

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีด้านการจัดการเรียนรู้พบว่าทฤษฎีที่สอดคล้องกับงานวิจัย ได้แก่ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา และทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Anderson.2002; Weiss; Pasle; Smith; Banilower; & Heck. 2003; Portes; & Ochs.2003; Barrow.2006; Haney; & McArthur. 2002) ซึ่งอยู่บนฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Learning Theory) (Woolfolk. 2004) ซึ่งเน้นการจัดการเรียนรู้โดยยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered orientation) (Hand; Treagust; & Vance. 1997) โดยเชื่อว่า นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ ๆ หรือสิ่งที่พบ กับความรู้เดิม โดยผ่านทางปฏิสัมพันธ์ระหว่างสังคม และผู้เรียนด้วยกัน (Glaserfeld.1995; Driver; et al. 2000; Berland; & Reiser. 2009) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีแนวคิดมาจาก ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive development theory) ซึ่งอธิบายถึงการเรียนรู้ของบุคคล ว่าใช้กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยหลังจากที่ได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ จะนำไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ที่มีอยู่ ถ้ามีความขัดแย้งกัน จะเกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) (Piaget. 1978) ซึ่งผู้เรียนสามารถตอบสนองได้ 3 ลักษณะดังนี้ 1) ไม่ยอมรับข้อมูล หรือ หาเหตุผลมาหักล้าง และยึดความคิดในโครงสร้างทางปัญญาของตน 2) เรียนรู้ข้อมูลที่ได้รับโดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและปรับโครงสร้างทางปัญญา ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย 3) นิ่งเฉยกับข้อมูลที่ได้รับ (ศศิธร วิริยะสินันท์ ทิศนา ขัมมณี; และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2544: 32-33)

ในขณะที่ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย ได้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ไว้คล้ายกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา คือข้อมูลที่มีความหมายถูกเก็บไว้เป็นเครือข่ายข้อเท็จจริงที่สัมพันธ์กับแนวคิด ซึ่งเรียกว่าโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ถ้าข้อมูลใหม่ที่ได้รับสอดคล้องกับโครงสร้างทางปัญญาเดิมผู้เรียนจะเรียนรู้ ทำความเข้าใจ และเก็บรักษาไว้ได้ดีกว่าข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับโครงสร้างทางปัญญา (Slavin.1988)

จากทฤษฎีการเรียนรู้ทั้งสองนั้น แสดงถึงการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และจดจำได้ตื้นนั้น ครูควรเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมในโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียน และหลีกเลี่ยงรูปแบบการสอนที่ไม่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์กับความรู้เดิม เช่น การเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote learning)

นอกจากนี้สังคมก็มีส่วนในการสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Driver; et al.1994; Driver; et al. 2000) โดยเริ่มจากนักเรียนสร้างคำอธิบายของตนและนำหลักฐานซึ่งผ่านการตรวจสอบแล้วมาสนับสนุน (NRC.1996) ทำให้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีความหมาย (Henriques. 1997; Windschitl. 2002) โดยภาษาเป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นสื่อแนวคิด และสื่อสารกับผู้อื่นรวมถึงการเจรจาต่อรองเพื่อหาคำอธิบายของปรากฏการณ์ (Norris; & Phillip.2003; Yore. 2004) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ในฐานะของกิจการทางสังคม (Social enterprise) โดยความรู้วิทยาศาสตร์ใหม่จะยังไม่เป็นที่ยอมรับของสาธารณชนจนกระทั่งข้อกล่าวอ้าง (Claims) จะได้รับการวิพากษ์วิจารณ์จากสังคมของนักวิทยาศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนต้องเตรียมตัวสำหรับชีวิตจริงโดยการฝึกโต้แย้ง และเจรจาทอรองกับเพื่อนร่วมชั้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือนักเรียนจะได้รับโอกาสให้สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลกด้วยตนเองผ่านการมีส่วนร่วมในการตรวจสอบ ซึ่งทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Learning Theory) ช่วยสนับสนุนให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ดังกล่าว (Hand. 2008)

3. การโต้แย้ง (Argumentation)

3.1 ความหมายของการโต้แย้ง

การโต้แย้ง คือ ทักษะในการสร้างคำอธิบาย และอ้างเหตุผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งเกิดจากคนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป หรือกลุ่มบุคคลที่มีทัศนคติที่แตกต่างกัน (Kuhn.1991; Driver;et.al. 2000; Kuhn; & Udell.2003) หรือกระบวนการสนทนาในที่สาธารณะซึ่งมุ่งค้นหาตำแหน่งทางเลือก โดยสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งรวบรวมไว้เพื่อสนับสนุนในแต่ละประเด็น ทางเลือกและข้อมูลที่เหมาะสมในการสนับสนุนแต่ละประเด็น (Falk; & Brodsky. 2013)

นอกจากนี้การโต้แย้งคือ พื้นฐานดั้งเดิมของการสื่อสารวิทยาศาสตร์ แต่ละสังคมวิทยาศาสตร์มีมุมมองที่เชื่อมโยงกับความรู้ การให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือ รูปแบบของการโต้แย้ง และใช้หลักฐานที่หลากหลายพิสูจน์ความรู้ หรือข้อกล่าวอ้าง การใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ แบบจำลอง และทฤษฎีที่ครอบคลุม เป็นพื้นฐานในการแปลข้อมูล การโต้แย้งพร้อมกับการแสดงหลักฐาน และการอธิบายวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องประกอบไปด้วยการสังเกตหลักฐานเกี่ยวกับธรรมชาติ สาเหตุทางกายภาพ ช่วยให้การทอรองถูกต้องขึ้น ทั้งนี้ข้อโต้แย้ง และความรู้ที่กล่าวอ้างต้องเป็นไปตามหลักตรรกวิทยา เคารพกฎของหลักฐาน เปิดโอกาสให้วิพากษ์วิจารณ์ รายงานวิธีการ และมีการเผยแพร่ความรู้ การโต้แย้งที่มีประสิทธิภาพจะนำมาซึ่งความเข้าใจธรรมชาติของโลก และสร้างความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับ (NRC. 1996)

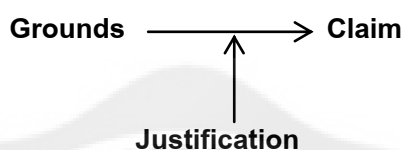
การโต้แย้งแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ วิเคราะห์ (Analytical) วิจารณ์ (Dialectical) และ วาทวิทยา (Rhetorical) การโต้แย้งแบบวิเคราะห์เป็นสิ่งที่มีความหมายทั้งอุปนัย และนิรนัยจากชุดของหลักฐานสู่ข้อสรุปโดยอยู่ในรูปแบบการอ้างเหตุผล (Syllogism) เช่น a เท่ากับ b และ b เท่ากับ c ดังนั้น a เท่ากับ c ในขณะที่การโต้แย้งแบบวิจารณ์ (Dialectical arguments) เกิดขึ้นระหว่างการสนทนา หรือ อภิปรายซึ่งเกี่ยวข้องกับเหตุผลซึ่งแสดงถึงสิ่งที่ไม่เป็นจริงอย่างชัดเจน ทั้งหมดนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความรู้และความน่าจะเป็น แต่ขึ้นอยู่กับ การพิสูจน์ข้อโต้แย้งของข้อกล่าวอ้าง และการคัดค้านการโต้แย้งแบบวาทวิทยา (Rhetorical) เป็นสุนทรพจน์โดยธรรมชาติ และเป็นการใช้เทคนิคทางวาทกรรมในการชักชวนผู้ฟัง การโต้แย้งรูปแบบนี้ให้ความสำคัญกับการชักชวนโดยนำเสนอกรณีที่ น่าสนใจมากกว่ากรณีทางเลือก (Duschl; Ellenbogen; & Erduran.1999; Eemeren; et al. 1996)

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการโต้แย้ง (Argumentation) คือ คำอธิบาย การสนทนา หรือการสื่อสารระหว่างบุคคล หรือกลุ่มบุคคลซึ่งมีแนวคิดแตกต่างกัน เพื่อหาข้อสรุปจากข้อมูล หลักฐานต่าง ๆ ที่มาสนับสนุน และมีการเปิดโอกาสให้วิพากษ์วิจารณ์ได้ โดยแบ่งเป็น 3 รูปแบบได้แก่ วิเคราะห์ (Analytical) วิจารณ์ (Dialectical) และ วาทวิทยา (Rhetorical)

3.2 องค์ประกอบของการโต้แย้ง

องค์ประกอบของการโต้แย้ง (The structure of argumentation) ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ทำให้เกิดการสนับสนุน ตรวจสอบ และวิจารณ์ การโต้แย้งเป็นกระบวนการสนทนาที่มากพร้อมกับความท้าทาย ซึ่งต้องระบุดูขอบเขตที่สามารถสร้างและตรวจสอบได้ โดยแนวทางของการโต้แย้ง (Line of argument) ประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ หัวข้อเฉพาะ หรือประเด็นต่างๆ 2) สาเหตุ (Grounds) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) การให้เหตุผล (Justification) คือ เหตุผลที่อธิบายว่าสาเหตุนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (Falk และ Brodsky. 2013) ดังภาพประกอบ 1 สอดคล้องกับโครงสร้างการโต้แย้งของโทลมิน และ คนอื่น ๆ (Toulmin.1958; Cheng; & Chen. 2009; Macagno; & Konstantinidou. 2012; Evagorou; & Osborne. 2013) แต่รูปแบบการโต้แย้งของโทลมินแตกต่างโดยมีองค์ประกอบเพิ่มเติม ได้แก่ คำสนับสนุน (Backing) สภาวะของความเป็นไปได้ (Qualifier) และการคัดค้าน (Rebuttal) ทั้งนี้มีการใช้คำที่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อสรุปที่ได้รับการโต้แย้ง และข้อมูลซึ่งระบุข้อเท็จจริง หรือ สิ่งที่เราวางไว้เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับข้อกล่าวอ้าง 2) ข้อมูล (Data) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือ เป็นข้อเท็จจริงที่จัดเรียง 3) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) คือ คำอธิบายว่าข้อกล่าวอ้างถูกสนับสนุนโดยข้อมูลอย่างไร ซึ่งเปรียบเหมือนสะพานเชื่อมระหว่าง ข้อมูลและข้อกล่าวอ้าง 4) คำสนับสนุนเหตุผล (Backing) คือ สิ่งที่เราสนับสนุนเหตุผลเพิ่มเติมทำให้เห็นว่าเหตุผลนั้นถูกต้อง 5) สภาวะของความเป็นไปได้ (Qualifier) คือ การกล่าวถึงความเป็นไปได้เมื่อพิจารณาจากข้อกล่าวอ้าง ข้อมูล เหตุผล และหลักฐาน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป โดยมีรูปแบบ เช่น ความน่าจะเป็น ความเป็นไปได้ บางที เป็นต้น ซึ่งบ่งชี้ว่าข้อกล่าวอ้างนั้นไม่แน่นอน หรือเป็นสากล 6) การคัดค้าน

(Rebuttal) เปรียบเทียบที่อยู่นอกเหนือข้อกล่าวอ้าง ซึ่งอาจมีน้ำหนักมากกว่าข้อกล่าวอ้าง ดังภาพประกอบ 2 ในขณะที่ ลิน และมินท์ซ (Lin; & Minitze. 2010) ได้เสนอองค์ประกอบการโต้แย้งที่เหมาะสมกับการจัดการการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์คล้ายกับทอลมิน ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) เหตุผล (Warrant) 3) การโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง (Counterarguments) 4) การโต้แย้งเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Supportive argument) 5) หลักฐาน (Evidence) ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นการโต้แย้งในหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นคือ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบในการโต้แย้งดังกล่าวเป็นเป้าหมายในการพัฒนา



ภาพประกอบ 1 แผนภาพแสดงแนวทางการโต้แย้ง (Line of argument)

ที่มา: A. Falk and L. Brodsky. (2013). Scientific Argumentation as a Foundation for The Design of Inquiry-Based Science Instruction. p. 29.



ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อมูล ข้อกล่าวอ้าง และคำสนับสนุน

ที่มา: Hitchcock: David; & Bart Verheij. (2006). Arguing on the Toulmin Model. p. 2.

3.3 บทบาทของการโต้แย้งกับวิทยาศาสตร์ศึกษา

การโต้แย้งเริ่มมีบทบาทกับการสร้างความรู้ตั้งแต่สมัย กรีก โดยมุ่งให้ความสำคัญกับการโต้เถียงเพื่อให้เกิดความรู้ โดยเพลโต (Plato) นักปรัชญาจำแนกการโต้แย้งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่พัฒนากรอบแนวคิด หรือเทคนิคการพิสูจน์ (Refutational technique) โดยเริ่มต้นจากการตั้งคำถามแล้วให้อีกฝ่ายเป็นผู้ตอบ ซึ่งถ้าตอบรับกับแนวคิดนั้น นับว่าได้รับการยอมรับ และกลุ่มค้นหา

ความจริง (Tuominen. 2007) ในขณะที่อริสโตเติล (Aristotle) จำแนกการโต้แย้งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ การพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific proofs) คือการโต้แย้งที่ให้ความสำคัญกับความถูกต้องอย่างชัดเจน มีเกณฑ์ที่เข้มงวดในการโต้แย้ง การโต้แย้งแบบวิภาษ (Dialectical arguments) คือฝ่ายหนึ่งตั้งคำถามเพื่อการนำไปสู่ข้อสรุปให้อีกฝ่ายตอบ และการถกเถียงกัน (Contentious arguments) เป็นการโต้แย้งเพื่อแข่งขันมุ่งเน้นการเอาชนะ (Tuominen. 2007) ต่อมาศตวรรษที่ 18 ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) ได้บรรยายไว้ในหนังสือเรื่อง "the Origin of Species" โดยใช้คำว่า "one long argument" หรือ การโต้แย้งที่ยาวนาน ซึ่งกล่าวถึงมุมมองหลายมิติที่แตกต่างกันของการโต้แย้งในหนังสือเล่มนี้ ประเด็นหนึ่งคือมีการจัดเตรียมหลักฐานจากฝ่ายที่สามารถโต้แย้งได้ โดยการโต้แย้งเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกประเด็น คือเป็นการนำเสนอของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่โดดเด่นใน the Origin of Species มารวมกับลักษณะการโต้แย้ง 2 ส่วนได้แก่ 1) การพิสูจน์ข้อกล่าวอ้างทางความรู้โดยนำเหตุผลต่าง ๆ มาบรรจบกัน กล่าวคือ แนวคิดทฤษฎีหลักฐานเชิงประจักษ์ นำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ดาร์วินนำทฤษฎีประชากร (Population theory) ของมัลธัส (Malthus) หรือ แนวคิดหลักความเป็นเอกภาพ (Uniformitarianism) และข้อมูลเชิงประจักษ์จากการเดินทางของเขา นำไปสู่ข้อกล่าวอ้างของทฤษฎีการคัดเลือกพันธุ์โดยธรรมชาติ (The theory of natural selection) 2) การเชิญชวนให้เชื่อ กรณีของดาร์วิน มีความพยายามโน้มน้าว นักวิทยาศาสตร์ และสาธารณชน โดยการตีพิมพ์หนังสือเผยแพร่ (Jiménez-Aleixandre; & Erduran. 2007) ต่อมา นอร์ริส ฟิลิปส์ และ ออสบอร์น (Norris; Philips; & Osborne.2007) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) ว่าหมายถึงการปฏิบัติที่สำคัญในวิทยาศาสตร์ โดยพยายามที่จะตรวจสอบหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผล ในลักษณะที่สะท้อนให้เห็นถึงค่านิยมของชุมชนวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันงานวิจัยด้านการศึกษาศึกษาการวิเคราะห์ การสนทนาโต้แย้งในบริบทการเรียนวิทยาศาสตร์มีเพิ่มมากขึ้น (Driver; et al. 2000; Jiménez-Aleixandre; et al. 2000; Kelly; & Takao. 2002; Zohar; & Nemet. 2002) โดยสามารถสรุปบทบาทของการโต้แย้งได้ดังนี้

3.3.1 นักวิทยาศาสตร์ ใช้การโต้แย้งเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่ชัดเจน และสังคมนักวิทยาศาสตร์จะสร้างข้อโต้แย้งจากหลักฐานที่มี ทำให้ได้หลักฐานเพิ่มเติม หรือมุมมองที่ต่างจากเดิม จึงนำไปสู่การเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก (Toulmin. 1967; Hand. 2008; รัศมี เทียมแสง. 2555)

3.3.2 ส่งเสริมการตัดสินใจในประเด็นต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อมูลจากการโต้แย้งพิจารณาประกอบ ซึ่งข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ อาจไม่ตรงกันจึงจำเป็นต้องใช้วิจารณญาณในการพิจารณาความน่าเชื่อถือ และความถูกต้อง (รัศมี เทียมแสง. 2555)

3.3.3 ส่งเสริมการใช้เหตุผล โดยพิจารณาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ประกอบ (Giere.1988; Siegel.1989, 1995, 2006)

3.3.4 ส่งเสริมการประเมินกระบวนการคิด และอภิปัญญา พัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน และการสร้างแบบจำลองสำหรับผู้เรียน ทำให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Brown; & Campione. 1990; Collins et al. 1989)

3.3.5 พัฒนาความสามารถในการสื่อสาร การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากทฤษฎีการสื่อสาร และมุมมองทางสังคมวัฒนธรรม (Habermas.1981; Wertsch.1991)

3.3.6 ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ และเพิ่มขีดความสามารถของผู้เรียนในการพูดและเขียนภาษาของวิทยาศาสตร์ (Kress et al. 2001; Norris; & Phillips. 2003; Yore et al. 2003; รัศมี เทียมแสง. 2555)

3.3.7 ทำให้เรียนรู้การปฏิบัติของวัฒนธรรมวิทยาศาสตร์ พัฒนาเกณฑ์ของญาณวิทยา สำหรับประเมินความรู้ (Leach; et al. 2003; Sandoval. 2005)

3.4 การวัด และการประเมินความสามารถในการโต้แย้ง

นักการศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวัดความสามารถในการโต้แย้งจาก บทสนทนา การพูด การบันทึก และการเรียนรู้ อีกทั้งมีวิธีวัด และประเมินความสามารถในการโต้แย้งที่ต่างกัันดังนี้

การประเมินการโต้แย้งในลักษณะระดับคุณภาพของการโต้แย้งโดยมีรากฐานมาจากองค์ประกอบในการโต้แย้งของโทลมิน ซึ่งแบ่งเป็น 5 ลำดับ (Erduran; et al. 2004; Foong; & Daniel. 2010) ได้แก่

ระดับ 1 การโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง กับ ข้อกล่าวอ้าง

ระดับ 2 การโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง กับ ข้อกล่าวอ้าง ข้อมูล เหตุผล หรือ คำยืนยัน แต่ไม่ระบุกรณีที่เป็นไปไม่ได้

ระดับ 3 การโต้แย้งที่ประกอบด้วยชุดของข้อกล่าวอ้าง การโต้แย้ง ข้อมูล เหตุผล อาจมีข้อยกเว้นที่ไม่ชัดเจน

ระดับ 4 การโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างและการระบุข้อยกเว้นอย่างชัดเจน ทั้งนี้มีข้อกล่าวอ้าง และการโต้แย้งที่หลากหลาย

ระดับ 5 การโต้แย้งที่มีองค์ประกอบเช่นเดียวกับ ระดับ 4 แต่มี ข้อยกเว้นมากกว่า 1 ข้อ

การประเมินจากการจัดกลุ่มโดยใช้การประมวล (Code) จากการสนทนา(Discours) ของนักเรียนโดยให้ความสำคัญกับองค์ประกอบของการโต้แย้งของโทลมิน เช่น ข้อยกเว้น สภาวะของความเป็นไปได้ เป็นต้น และนับจำนวนองค์ประกอบของการโต้แย้ง ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน (Baron.2000; Erduran; et al. 2004; Gilabert; et al. 2012; Garcia-mila; Gilabert; Erduran; & Felton. 2013)

งานวิจัยส่วนมากมักใช้รูปแบบการโต้แย้งของโทลมิน แต่เกณฑ์ในการโต้แย้งมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถประเมินคุณภาพของการโต้แย้งในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ ประกอบกับเรื่องเกณฑ์ที่ระบุองค์ประกอบในการโต้แย้งไม่ชัดเจน เช่น ความแตกต่างระหว่าง ข้อมูล (data) และ เหตุผล (Warrant) หรือ ข้อมูล (Data) และการโต้แย้งยืนยันทัน (Backup argument) (Zeidler et al. 2003) ดังนั้นจึงมีนักการศึกษาเสนอแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งในรูปแบบกำหนดสถานการณ์ให้ และคำถามอัตรันยจากสถานการณ์ ซึ่งให้ความสำคัญกับองค์ประกอบได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) การโต้แย้ง (Counterclaim) เหตุผล (Warrant) และการคัดค้าน (Rebuttal) ทั้งนี้พิจารณาถึงการโต้แย้งของนักเรียนที่ไม่แสดงออกชัดเจนในการประเมินการโต้แย้งของโทลมิน (Lin; & Minitze. 2010) โดยเกณฑ์ประเมินความสามารถในการโต้แย้งกรอบการให้คะแนนในงานวิจัยประเมินจาก ข้อกล่าวอ้าง (Claims) การให้เหตุผล (Warrants) การโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง (Counterarguments) การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive arguments) และหลักฐาน (Evidences) ซึ่งผู้วิจัยเลือกพัฒนาแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งจาก ลิน และ มินท์ซ (Lin; & Minitze. 2010) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากรูปแบบการโต้แย้งของโทลมินแต่เน้นในแต่ละองค์ประกอบมากขึ้น เพราะมีบริบทใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่างหลายด้าน เช่น ประเด็นวิทยาศาสตร์สังคม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในการศึกษาชั้นพื้นฐาน ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสม เป็นต้น

4. การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry approach)

การสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้บนฐานการโต้แย้งมีแนวคิดมาจากทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม (Cognitive learning theory) (Hand. 2008) โดยต้องมาพร้อมกับสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้เกิดการใช้ภาษา (European Commission. 2007) วิธีการซึ่งบูรณาการการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science inquiry) การโต้แย้ง และปฏิบัติการทางภาษา เป็นเรื่องที่กำลังเป็นที่สนใจของทั่วโลก (Bybee; Trowbridge; & Powell. 2004; Carin; Bass; & Contant. 2005; Cavagnetto. 2010; Clark; & Sampson. 2007; Erduran; Simon; & Osborne. 2004; Kingir; Geban; & Gunel. 2012; Sampson; & Gleim. 2009; Sampson; Grooms; & Walker. 2009) เช่น การเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ (Science Writing Heuristic approach) ซึ่งนำมาใช้ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์บนฐานการโต้แย้ง (Argument-Based Science Inquiry; ABSI)

ปัจจุบันการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-based inquiry approaches) ในห้องเรียนได้รับความสนใจในสังคมวิทยาศาสตร์ศึกษาโดยมีเป้าหมายเพื่อจัดเตรียมประสบการณ์ซึ่งใกล้เคียงกับวิธีการทำงานทางวิทยาศาสตร์มากกว่า การสืบเสาะแบบเดิม (Traditional inquiry approaches) ซึ่งใช้มานานกว่า 10-15 ปี (Hand; & Meier. 2011) นอกจากนั้นนักวิจัยได้ยืนยันว่าการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งครอบคลุมถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน และกระบวนการของผู้สอนที่ช่วยส่งเสริม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) การให้เหตุผล (Reasoning) การ

โต้แย้ง (Argumentation) การเขียน (Writing) และทักษะทางปัญญาชั้นสูง (Higher order cognitive skills) รวมถึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (View of nature of science) (Burke; Hand; Greenbowe.2005; Hand; Wallace; & Prain. 2003)

4.1 ความหมายของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Argument-Based Science Inquiry)

การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งคือการสอนผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry activity) โดยคำถามเป็นฐาน มีโครงสร้างพื้นฐานได้แก่ การตั้งคำถาม (Questions) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) และโครงสร้างของหลักฐาน (Evidence structure) (Brain Hand; & Lori Norton-Meier. 2011) กล่าวอีกนัยคือ เป็นการสืบสวนโดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ และกระตุ้นความเข้าใจในแนวความคิดหลัก การสร้างและวิจารณ์ความรู้เป็นศูนย์กลาง ประกอบกับการให้ความสำคัญกับการตั้งคำถาม การเก็บรวบรวมข้อมูล และการสร้างข้อกล่าวอ้างสนับสนุนหลักฐาน โดยการโต้แย้งเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำงาน คือ มีการตั้งคำถาม การค้นคว้า สร้างข้อกล่าวอ้าง รวบรวมหลักฐาน และนำเสนอผลการค้นพบเพื่อการโต้แย้งและอภิปราย (Hand; & Norton-Meier. 2011) ความหมายข้างต้นสอดคล้องกับไดร์เวอร์ และคนอื่นๆ (Driver; et al. 1994, 2000) และ เอ็นอาร์ซี (NRC.1996) ซึ่งอธิบายการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งว่าเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ทั้งนี้ผู้เรียนทุกคนสามารถสื่อสาร และสะท้อนเหตุผลโดยนำเสนอข้อกล่าวอ้าง (Claim) ประเด็นที่เกิดการขัดแย้ง และหลักฐานในการสร้างความรู้ใหม่ (Demirbag; & Gunel. 2014)

กล่าวโดยสรุปการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งคือ กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ โดยมีกิจกรรมหลัก ได้แก่ การตั้งคำถาม การเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างข้อกล่าวอ้างสนับสนุนหลักฐาน และนำเสนอสิ่งที่พบหรือสิ่งที่เชื่อเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์โดยผู้เรียนทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในการอภิปรายจากหลักฐานที่มีเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้

4.2 องค์ประกอบของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่านักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้จัดองค์ประกอบของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งไว้แตกต่างกันดังนี้

4.2.1 เดมิแบค และกุนเนล (Demirbag; & Gunel. 2014) รายงานว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์บนฐานการโต้แย้ง (Argument-Based Science Inquiry: ABSI) ประกอบด้วย

4.2.1.1 การสืบเสาะหาความรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on inquiry)

4.2.1.2 การเสริมทักษะการใช้ภาษา (Language-enriched)

4.2.1.3 บรรยากาศการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-centered learning environment) โดยองค์ประกอบเหล่านี้จะช่วยเตรียมโครงสร้างเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding structure) เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.2.2 แอนด์ (Hand. 2008) ได้จัดองค์ประกอบของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง เป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

4.2.2.1 การตั้งคำถาม (Questioning) การตั้งคำถามในการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง เป็นสิ่งที่มีความหมายในการกระตุ้นผู้เรียน คิดคำอธิบาย, อธิบายความสงสัย, แสดงเหตุผล และประเมินข้อกล่าวอ้าง (Claim) และหลักฐาน (Evidence) (Martin; & Hand. 2009).

4.2.2.2 การแก้ปัญหา (Problem solving) และเหตุผล(Reasoning) การแก้ปัญหา และเหตุผลนำไปสู่การทำงานร่วมกันในกระบวนการสร้างความรู้ และจัดเตรียมโอกาสในการอภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวคิด (Hmelo-Silver; Duncan; & Chinn. 2007; Gillies; & Khan. 2008)

4.2.2.3 การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ (Supportive learning environment) ครูจำเป็นต้องสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนกล้าที่จะโต้แย้ง (Hand. 2008) โดยในการโต้แย้งครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยเตรียมคำถามที่เป็นแนวทางให้ (Guided question) อีกทั้งส่งเสริมบทบาทสำคัญ คือ สร้างสถานะให้ผู้เรียนสามารถแสดงแนวคิด และอภิปรายกับเพื่อนร่วมชั้นได้ (Simon et al.2006; Ritchi; & Tobin. 2001; Driver et al. 2000) บรรยายการสืบเสาะหาความรู้ของชั้นเรียนประกอบด้วยกิจกรรมอภิปรายซึ่งให้โอกาสผู้เรียนได้โต้แย้งเกี่ยวกับข้อขัดแย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐาน จากการตรวจสอบด้วยตนเอง (Ash; & Kluger-Bell. 2000)

4.3 ความสัมพันธ์ของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่ผ่านมาจำนวนมากสนับสนุนว่าการโต้แย้งช่วยพัฒนาความเข้าใจญาณวิทยา ซึ่งธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็จัดเป็นส่วนหนึ่งของความเข้าใจญาณวิทยา (Mason; & Scirica. 2006; Khishfe. 2012) แต่ไม่มีการศึกษาคุณภาพของการโต้แย้งกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีเพียงผลการวิจัยของ เยอร์ริก (Yerrick. 2000) ซึ่งประเมินการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งในบริบทของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่ามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาขึ้นระหว่างเรียน ซึ่งผู้เรียนสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการโต้แย้ง จึงมีความเป็นไปได้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ช่วยปรับปรุงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แม้ว่าการประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ใช่จุดประสงค์ในการวิจัยนี้ จนกระทั่ง แม็คโดนัล (McDonald. 2012) ได้รายงานผลการศึกษาในประเด็นดังกล่าว โดยศึกษาผลการเรียนวิทยาศาสตร์ ผสมผสานการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน (Explicit NOS instruction) และการสอนการโต้แย้ง พบว่าสามารถพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูก่อนประจำการระดับประถมศึกษาได้ โดยพบว่าหลังการเรียนการสอนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในกลุ่มที่สูงขึ้นในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ความเป็นอัตตา (subjective) สังคมและวัฒนธรรม (Social and cultural) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) และจินตนาการ (Imagination) โดยสรุปว่าการสอนทักษะการสร้าง

ข้อโต้แย้ง (Counterarguments) ในเนื้อหาเกี่ยวกับการโต้แย้งประเด็นวิทยาศาสตร์สังคมมีอิทธิพลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1) บริบทในการโต้แย้ง (Contextual factors) 2) ความเฉพาะของงาน (Task-specific factors) เช่น การเสริมต่อการโต้แย้ง (Argumentation scaffolds) การตรวจสอบด้านญาณวิทยา (Epistemological probes) การพิจารณาข้อมูลทางเลือก (Consideration of alternative data) การอธิบาย (Explanations) เป็นต้น 3) ปัจจัยส่วนบุคคล (Personal factors) เช่น พื้นฐานความรู้เดิมเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเห็นคุณค่าและความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความคงทนของความเชื่อที่มีอยู่ก่อน เป็นต้น และ คริฟส์ (Khishfe. 2012) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และการโต้แย้งโดยให้ความสนใจกับบทบาทของข้อโต้แย้ง และปัจจัยด้านบริบท พบว่ามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 3 ด้านได้แก่ 1) การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) 2) การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Empirical Nature of Scientific Knowledge) และ 3) มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge) มีความสัมพันธ์กับการโต้แย้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อโต้แย้ง 2) การโต้ตอบด้วยเหตุผล 3) การคัดค้าน โดยการโต้ตอบด้วยเหตุผลมีความสัมพันธ์กับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากที่สุด ซึ่งเขาเก็บข้อมูลโดยให้ปัญหาสังคม 2 ประเด็นทำให้เกิดการโต้แย้ง คือ อาหารดัดแปรพันธุกรรม และการเติมฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม แล้วตามด้วยคำถามที่สัมพันธ์กับการโต้แย้งและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านนอกจากนี้มียางานว่าการนำการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งมาใช้ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างครู และเพื่อน ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความเข้าใจแนวคิดมากขึ้น และนำไปสู่ความเข้าใจญาณวิทยาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Driver; et al. 1994; Driver; et al. 2000; Duschl. 2008; Cavagnetto. 2010)

4.4 การนำการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งสู่ห้องเรียน

จากรายงานการวิจัยวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการนำการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสำเร็จในการเรียนรู้ของผู้เรียนทุกกลุ่มคือการเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic approach ;SWH) ซึ่งข้อดีคือ SWH เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนสร้างความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของพวกเขาโดยมีส่วนร่วมในการตรวจสอบและเจรจาต่อรองทางความคิด ในบริบทที่หลากหลาย เช่น การอภิปราย การเขียน เป็นต้น ประกอบกับผลการศึกษาการใช้ SWH ในชั้นเรียนพบว่าผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้ภาษา วัฒนธรรมการปฏิบัติ ทำให้การแสดงออกทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปดีขึ้นซึ่งช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคะแนนการทดสอบมาตรฐานรวมถึงส่งเสริมการรู้คิด หรือ

อภิปัญญา (Metacognition) มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Villanueva; & Brian Hand. 2011; Ford. 2008)

การเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing Heuristic approach; SWH) พัฒนาขึ้นโดยแฮนด์ (Hand; et al.1999) มีลักษณะเป็นกิจกรรมการเขียนเพื่อเรียนรู้ ซึ่งช่วยนักเรียนพัฒนาทักษะการสืบเสาะหาความรู้พื้นฐานการโต้แย้ง และเข้าใจกรอบแนวคิดในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถใช้เป็นทางเลือกในการสร้างงานเขียนจากการทดลอง โดยทั่วไปนักเรียนมักตอบคำถามจากการทดลองตามตำรา (Cookbook) ซึ่งทำให้ขาดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดแก้ปัญหา นักเรียนเพียงทำตามขั้นตอนที่ผู้สอนให้เท่านั้น ไม่ได้เข้าใจความหมายของการสร้างการทดลอง ในขณะที่ SWH กระตุ้นผู้เรียนให้พัฒนาคำถามขึ้นเอง และออกแบบการทดลองรวมถึงสร้างวิธีการจากคำถามนั้นๆ วิธีนี้จึงทำให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่า กล่าวคือ นักเรียนมีโอกาสออกแบบการทดลองโดยใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วสร้างการทดลองเพื่อตอบคำถามของตน สร้างข้อขัดแย้งต่อการทดลอง หาหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อขัดแย้งดังกล่าว ทบทวนร่วมกับเพื่อนร่วมชั้น และสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Hickerson.2012)

นักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมจะสามารถระบุความแตกต่างระหว่างการสังเกต และการลงความเห็น สามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) และตระหนักว่าวิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ (Lederman. 2004) โดยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คือการฝึกอภิปรายการทดลองต่าง ๆ กับเพื่อนในการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (SWH) ผู้เรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) และหาหลักฐาน (Evidence) มาสนับสนุน แต่เมื่อหลักฐานไม่ปรากฏ ผู้เรียนต้องกลับไปทบทวนจากจุดที่มีหลักฐานชัดเจนเช่นเดียวกับวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ทำ ซึ่งเป็นการนำไปสู่การพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Hand; et al. 2009; Hickerson.2012)

การใช้เทคนิคการเขียนเพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีรูปแบบสำหรับครู และนักเรียนดังตาราง 3 โดยรูปแบบของครูประกอบด้วยกิจกรรมที่ช่วยออกแบบการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้เกิดจากการเจรจาต่อรองทางแนวคิด ทั้งภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้นักเรียนสามารถใช้รูปแบบของนักเรียนในการเขียนรายงานการปฏิบัติการ หรือการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การเขียนสะท้อนแนวคิดเป็นการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffold) โดยการบูรณาการแนวคิดใหม่กับความรู้ที่มีอยู่เดิม การที่นักเรียนให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนผ่านการเจรจาต่อรอง และการเขียนสะท้อน ช่วยให้นักเรียนเผชิญหน้ากับแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และสร้างการยอมรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งทำให้ครูสามารถตรวจสอบกระบวนการเกี่ยวกับอภิปัญญา (Metacognitive process) ของนักเรียน (Burke; et al.2005; Hand; et al.2009)

ตาราง 3 รูปแบบการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (SWH) สำหรับครูและนักเรียน

รูปแบบสำหรับครู	รูปแบบสำหรับผู้เรียน
1. กิจกรรมก่อนการเรียนการสอน (เช่น การถามคำถาม การระดมสมอง)	1. การจุดประกายความคิด (Beginning ideas); คำถามของฉันคืออะไร
2. การมีส่วนร่วมในการสอบสวน	2. การทดสอบ (Tests); ฉันทำอะไรไปแล้ว
3. การเจรจาต่อรอง 1; การตีความข้อมูลเป็นรายบุคคล	3. การสังเกต (Observations); ฉันพบอะไรบ้าง
4. การเจรจาต่อรอง 2; การแบ่งปันข้อมูลการตีความของแต่ละคนในกลุ่มเล็ก ๆ และการพัฒนา เป็นการตีความข้อมูลเป็นกลุ่ม	4. ข้อกล่าวอ้าง (Claims); อะไรที่ฉันสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้บ้าง
5. การเจรจาต่อรอง 3; เปรียบเทียบแนวคิดวิทยาศาสตร์กับสื่อพิมพ์ หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ	5. หลักฐาน (Evidence); ฉันรู้ได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงสร้างข้อขัดแย้งดังกล่าว
6. การเจรจาต่อรอง 4; การสะท้อนแนวคิดส่วนบุคคล หรือ การเขียน	6. การอ่าน (Reading); ความคิดของฉันเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดอื่นๆ
7. การสำรวจแนวคิดผู้เรียนหลังความเข้าใจ	7. การสะท้อนแนวคิด (Reflection); ความคิดของฉันเปลี่ยนไปอย่างไร

ที่มา: Kingir, Geban and Gunel. (2013). Using the Science Writing Heuristic Approach to Enhance Student Understanding in Chemical Change and Mixture. Research in Science Education. 43. p.1647.

นอกจากนี้ SWH ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดรวบยอดในวิชาวิทยาศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ในข้อสอบมาตรฐานสูงขึ้นโดยมี 2 บทบาท คือ สร้างความรู้ และ วิจารณ์ความรู้ในการโต้แย้ง (Ford. 2008) SWH ไม่เพียงเป็นวิธีการในการฝึกสร้างความรู้เท่านั้นแต่ยังเป็นพื้นฐานการใช้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ การกระตุ้นแนวคิดและข้อมูลใหม่ ๆ (Hand; et al. 2009)

งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic approach; SWH) เป็นเทคนิคที่นำไปสู่การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งในหน่วยการเรียนรู้ เพราะ SWH เป็นเทคนิคที่กระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และเหมาะสมกับนักเรียนทุกกลุ่มที่มีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกัน (Kingir, Geban; & Gunel. 2013) ประกอบกับเทคนิคดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในหลายด้าน เช่น มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ที่ต้องการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สามารถใช้กับผู้เรียนในห้องเรียนทั่วไปที่มีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกัน เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

5. รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

สำหรับในประเทศไทยสำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนะนำให้ครูใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) (สสวท. 2546) แต่จากงานวิจัยพบว่า การนำการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเพียงรูปแบบเดียวมาใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ไม่สามารถส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน เพราะ มีลักษณะเป็นขั้นตอนการสอนในเชิงกว้าง มีความสอดคล้องกับสภาพจริงค่อนข้างน้อยโดยขึ้นอยู่กับครูผู้สอน ทั้งที่การเรียนรู้โดยใช้บริบทสภาพจริง (Authentic context) เป็นสิ่งสำคัญ โดยเปรียบเสมือนสะพานที่เชื่อมช่องว่างระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) โดยมีปัจจัย 3 ด้าน ที่สำคัญต่อการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสะท้อนแนวคิด บริบท และ โลกทัศน์ นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ และฝึกการเขียนก็เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004)

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยปราศจากการเชื่อมโยงประสบการณ์กับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Herron. 1971; Shulman; & Tamir. 1973) สอดคล้องกับงานวิจัยของ คาร์ลิต ลีดเดอร์แมน ไบแอนชินี และโคเบิร์น (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000; Bianchini; & Colburn. 2000) ที่พบว่า การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงรูปแบบเดียวแล้วคาดหวังให้ผู้เรียนเรียนรู่มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยนัยนั้นทำให้ขาดความสนใจที่เฉพาะเจาะจงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์รวมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ที่มีการนำประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาอภิปราย ส่งเสริมให้ผู้เรียนสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และใช้คำถามที่จำเพาะกับบริบทของกิจกรรม จากงานวิจัยที่

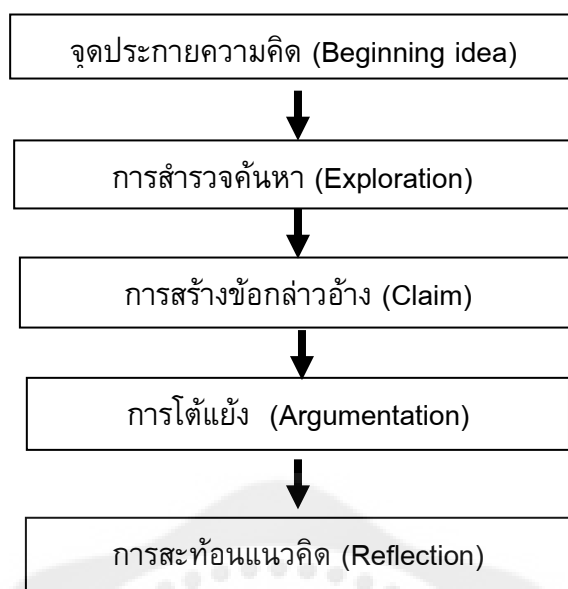
ผ่านมาพบว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประสบความสำเร็จในการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้มากกว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้พบว่าครูนำรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนไปใช้อย่างขาดความเข้าใจ เช่น ขั้นสร้างความสนใจครูละเลยในการกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ และนำคำถามมาใช้ในขั้นต่อไป การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ถูกมองว่าเป็นเพียงการสอน 5 ขั้นตอน ดังนั้นนักเรียนจึงขาดโอกาสที่จะเรียนโดยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างแท้จริง (Faikhamta; & Ladachart. 2016) ซึ่งเป็นกระบวนการที่คล้ายการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ที่จะนำไปสู่การพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Khalick. 2013)

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องของผู้วิจัยพบว่าการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E inquiry) และการเขียนเพื่อให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic technique; SWH) มีรากฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Learning Theory) โดยเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองเหมือนกัน แต่การนำการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) เพียงรูปแบบเดียวมาใช้ในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ไม่สามารถส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน เพราะ มีลักษณะเป็นขั้นตอนการสอนในเชิงกว้าง ในขณะที่การใช้เทคนิค SWH มีข้อจำกัด เช่น ในขั้นการอ่านบททวน (Reading) นักเรียนส่วนมากไม่อ่าน ทำให้ดำเนินการสอนได้ไม่ครบกระบวนการ (Egan. 2013) นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าเทคนิค SWH มีขั้นตอนการสรุปความรู้ และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ขึ้น โดยเป็นการเพิ่มเทคนิคในขั้นการสอนต่าง ๆ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามแนวทางของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความแตกต่างจาก 5E คือเน้นให้นักเรียน ตั้งคำถาม สร้างข้อกล่าวอ้าง มีการจัดเตรียมหลักฐาน การโต้แย้ง การขยายความรู้ในลักษณะการขยายมุมมองของตนโดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน และใช้การเขียนประกอบการเรียนรู้ทุกขั้นตอน นอกจากนี้รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวมีความแตกต่างจาก SWH คือ มีการสรุปเนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ด้านความรู้ การสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีลักษณะดังภาพประกอบ 3

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ประกอบด้วย

5.1 จุดประกายความคิด (Beginning idea) เป็นการประเมินความรู้เดิมของนักเรียน และกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยใช้คำถาม หรือ กิจกรรมสั้นๆ เพื่อทบทวนความรู้เดิม และเพื่อสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นแล้วตั้งคำถามที่ตนสนใจค้นคว้าเพื่อหาคำตอบ โดยครูสามารถปรับคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการสอน และนำไปสู่ประเด็นในการโต้แย้ง แล้วให้นักเรียนบันทึกคำถามดังกล่าว



ภาพประกอบ 3 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

5.2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) นักเรียนศึกษาข้อมูลที่ครูจัดให้ หรือค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง หรือทดสอบสมมุติฐาน หรือ สังเกต และบันทึกข้อมูลที่คาดว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งนำไปสู่การตอบคำถามในขั้นที่ 5.1

5.3 ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ประมวลผล สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) และหลักฐาน (Evidence) โดยนักเรียนบันทึกข้อกล่าวอ้าง และอธิบายประกอบหลักฐานแล้วนำเสนอข้อกล่าวอ้างของตนภายในกลุ่ม พร้อมกับเลือกข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือมากที่สุดเป็นข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน

5.4 ขั้นโต้แย้ง (Argumentation) นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน และศึกษาแนวคิดของผู้อื่นในมุมมองที่แตกต่าง นักเรียนทั้งห้องโต้แย้งประกอบหลักฐาน ซึ่งเป็นการขยายกรอบแนวคิดของผู้เรียน แล้วให้นักเรียนบันทึกว่าความคิดของตนเมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดของผู้อื่น เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ในขั้นนี้ครู และนักเรียนร่วมกันสรุปข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือมากที่สุดโดยร่วมกันวิเคราะห์จากหลักฐาน หลักการทางวิทยาศาสตร์ และสรุปความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับการเชื่อมโยงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเปรียบเทียบกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

5.5 ขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflection) นักเรียนสะท้อนแนวคิดของตน โดยผู้เรียนบันทึกว่าข้อกล่าวอ้างของตนเปลี่ยนแปลงอย่างไร และเปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนรู้กับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้ทั้งหมดทั้งด้านเนื้อหา และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนผังความคิด (Mind mapping)

การตอบคำถามจากสถานการณ์ใหม่ เป็นต้น ซึ่งครูสามารถใช้ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนได้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ครูควรทำความเข้าใจบทบาทของครู และนักเรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดังตาราง 4

ตาราง 4 บทบาทของครู และบทบาทของนักเรียนในชั้นการเรียนรู้ต่าง ๆ

ชั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
1. จุดประกายความคิด (Beginning idea)	- ตรวจสอบความรู้ - ประสพการณ์เดิมของนักเรียน - นำเข้าสู่สถานการณ์สั้นๆ หรือ คำถามที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นำไปสู่การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน - สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง ส่งเสริมให้นักเรียนอยากค้นคว้า หาคำตอบ โดยครูต้องไม่บอกคำตอบให้นักเรียน	- ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง - ถามคำถามทางวิทยาศาสตร์ตามที่ตนสนใจศึกษาโดยอยู่ในประเด็นที่เรียน - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระตือรือร้นอยากรู้คำตอบ - บันทึกคำถาม

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
	- ปรับคำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการสอน และนำไปสู่ประเด็นในการโต้แย้ง	
2. สำรวจค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียน ค้นคว้า ด้วยวิธีต่างๆ เช่น จาก บทความทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ การทดลอง - ใช้คำถามที่แคบขึ้นเพื่อนำไปสู่การสำรวจค้นหา - ให้ข้อเสนอแนะ แก่นักเรียน แต่ไม่บอกคำตอบนักเรียน - ชื่นชม หรือใช้คำพูดที่เสริมแรง ให้เกิดแรงบันดาลใจในการค้นหาคำตอบอย่างต่อเนื่อง	- พยายามค้นคว้าจากบทความ วิทยาศาสตร์ สถานการณ์ หรือ สร้างสมมติฐาน และทดลอง - ค้นหาข้อมูลที่คาดว่าจะ เป็น หลักฐานนำไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่ใช้ในการตอบคำถาม - บันทึกข้อมูล หรือสิ่งที่ได้จากการสังเกต
3. สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้าง ข้อกล่าวอ้าง จากข้อมูล หรือ ผลการทดลอง อย่างมีเหตุผล - เปิดโอกาสให้นักเรียน นำเสนอข้อกล่าวอ้าง และโต้แย้งอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานภายในกลุ่มของตน - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบาย ความเข้าใจ และแลกเปลี่ยน ความคิดของตนกับเพื่อน - ให้นักเรียนเลือกข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือที่สุดของกลุ่มตน	- สร้างข้อกล่าวอ้างของตนเอง พร้อมเหตุผล หลักฐาน และ บันทึก - นำเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเองให้เพื่อนในกลุ่มฟังพร้อมกับเหตุผล และแสดงหลักฐานให้ชัดเจน - โต้แย้งความคิดเห็นของเพื่อนที่ไม่ตรงกับนักเรียน พยายามโน้มน้าวให้เพื่อนเชื่อในความคิดของตน โดยแสดงหลักฐานและเหตุผลเพิ่มเติม - รับฟังการนำเสนอข้อกล่าวอ้างของเพื่อน และยอมรับในข้อ

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
	- กระตุ้นให้เกิดบรรยากาศของการโต้แย้งในกลุ่มอย่างสนุกสนาน	กล่าวอ้างที่มีเหตุผล และหลักฐานสนับสนุนมากที่สุดเป็นข้อกล่าวอ้างของกลุ่ม - คิดวิเคราะห์ ประเมิน ข้อกล่าวอ้าง ทุกข้อกล่าวอ้างในกลุ่ม และเลือกข้อกล่าวอ้างที่มีเหตุผล และหลักฐานสนับสนุนมากที่สุด
4. โต้แย้ง (Argumentation)	- เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน พร้อมกับเหตุผล และหลักฐานหน้าชั้นเรียน - กระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มที่มีข้อกล่าวอ้างแตกต่างกัน ตั้งคำถาม โต้แย้งด้วยเหตุผล และหลักฐาน โดยนักเรียนกลุ่มที่นำเสนอสามารถโต้แย้งเพื่อสนับสนุน และเชิญชวนให้เพื่อนในห้องเชื่อในข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน - สร้างบรรยากาศเป็นกันเอง ทำให้นักเรียนกล้าพูด กล้าแสดงความคิดเห็น และพยายามให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม - การนำเสนอ ครูควรกำหนดไม่ให้เป็นคนเดิมในแต่ละครั้ง จนกว่าสมาชิกจะนำเสนอครบทุกคน - ร่วมกับนักเรียนสรุปความรู้ที่ได้รับจากการโต้แย้ง	- นำเสนอข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน อย่างมีเหตุผล และแสดงหลักฐาน พยายามทำให้เพื่อนในห้องเชื่อในข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน - โต้แย้งอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐาน และตั้งคำถามในประเด็นที่สงสัยในข้อกล่าวอ้างของเพื่อน - เป็นผู้ฟังที่ดีเมื่อเพื่อนนำเสนอ หรือชี้แจงข้อโต้แย้งต่างๆ - เปรียบเทียบข้อกล่าวอ้างของตนเองกับเพื่อน และบันทึก - สรุปการเรียนรู้ที่ได้จากการโต้แย้ง

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทนักเรียน
5. สะท้อนแนวคิด (Reflection)	- ส่งเสริมให้นักเรียนสะท้อนแนวคิดว่าข้อกล่าวอ้างของตนเปลี่ยนแปลงอย่างไร - กระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ - ประเมินผลจากการสะท้อนแนวคิดของนักเรียน หรือสรุปสิ่งที่เรียนรู้ทั้งประเด็นเนื้อหา ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการโต้แย้งจากวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสร้างแผนผังความคิด การตอบคำถามจากสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากการเรียน เป็นต้น	- เปรียบเทียบข้อกล่าวอ้าง หรือแนวคิดของตนก่อน และหลังการโต้แย้งว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร และบันทึก - เปรียบเทียบกิจกรรมที่ได้มา ซึ่งความรู้ กับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ว่ามีความเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร - เชื่อมโยงประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ทำกิจกรรมในแบบทดสอบ เช่น การสร้างแผนผังความคิด การตอบคำถามจากสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

6. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ (Learning unit development)

6.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของหน่วยการเรียนรู้ไว้ใกล้เคียงกันโดยหน่วยการเรียนรู้หมายถึง แผนหรือแนวทางที่ครูจัดทำเพื่อใช้จัดการเรียนการสอนโดยนำสาระการเรียนรู้รายปีหรือรายภาคไปจัดทำเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อย ๆ เพื่อความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ (ดวงกมลสินเพ็ง, 2551) หรือเป็นการจัดเนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ และการประเมินที่ครบสมบูรณ์ภายในหน่วย หรือครบวงจร เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนด (สำนักวิชาการ และมาตรฐานการศึกษา, 2547) กล่าวอีกนัยคือ หน่วยการเรียนรู้คือตัวแทนของเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน ซึ่งเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการก็ได้ บรรจุกลุ่มของเป้าหมายในการสอน กิจกรรมการเรียนรู้ และแหล่งเรียนรู้ ซึ่งสามารถทำให้สำเร็จ และประเมินผลภายในหน่วยการเรียนรู้ (Mihailescu,

2009) โดยมีลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ (Wilson. 1987) หรือมุ่งให้ผู้เรียนเปลี่ยน กรอบแนวคิด ทักษะ ความคิด ค่านิยม (Douglass. 1956)

6.2 การจัดทำหน่วยการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ในทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ ต้องมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถตามมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ ซึ่งสามารถนำไปสู่การปฏิบัติในชั้นเรียนได้โดยการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ เพราะ หน่วยการเรียนรู้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการนำหลักสูตรสู่การจัดการเรียนรู้โดยมีมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียน การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อกำหนด ขอบเขต สาระ ที่จะใช้ในการ จัดทำหน่วยการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และปฏิบัติได้ตามที่หลักสูตรกำหนด (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552)

กระทรวงศึกษาธิการ (2552) ได้กล่าวถึงหลักการจัดทำหน่วยการเรียนรู้เพื่อเป็น แนวทางในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

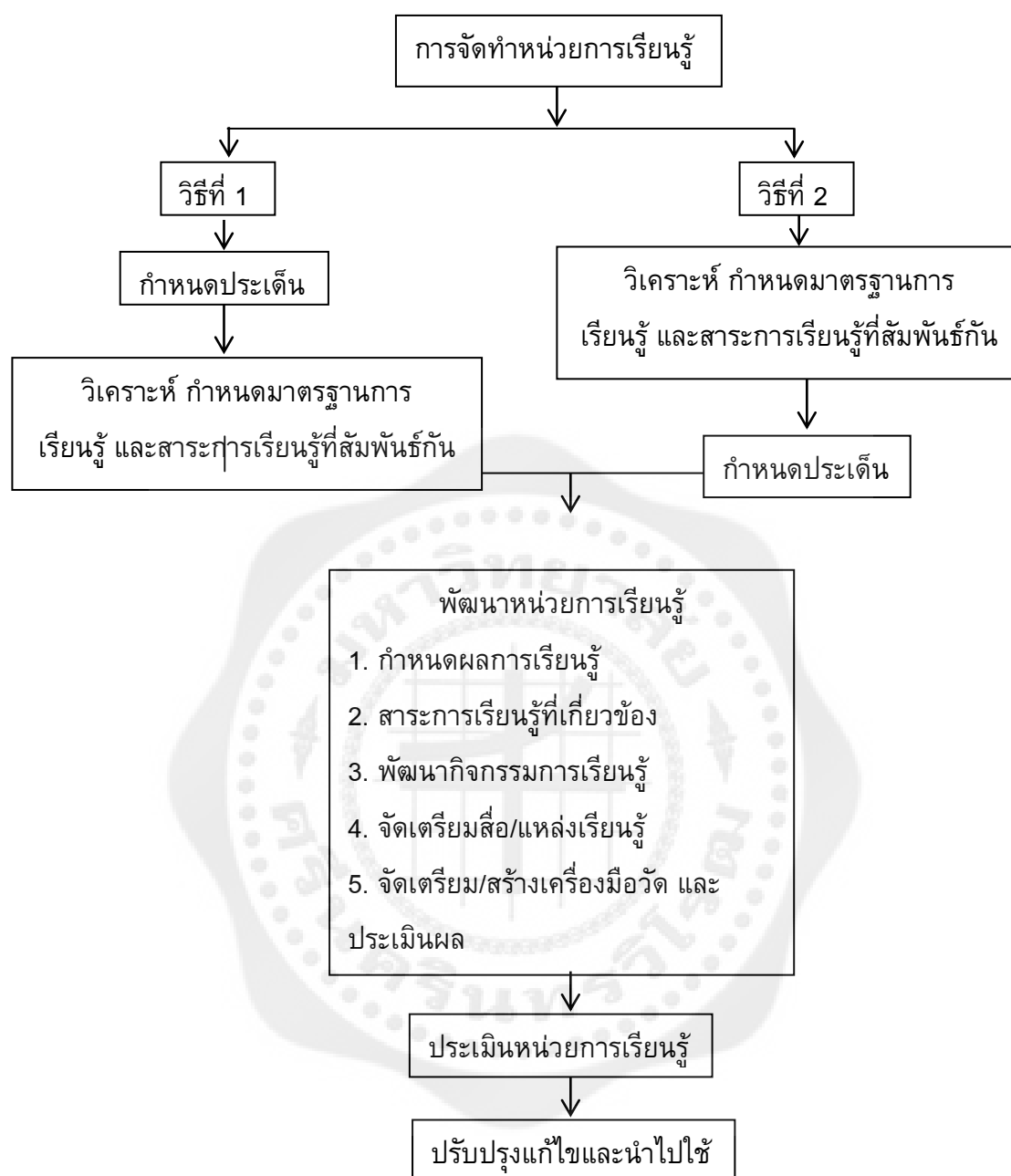
6.2.1 เข้าใจหลักสูตร

6.2.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดย ให้ความสำคัญกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์ และ ธรรมชาติของกลุ่มสาระการเรียนรู้

6.2.1.2 ศึกษาวิธีการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 กำหนดประเด็นก่อน แล้ววิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ จากนั้นพิจารณาว่าสาระ การเรียนรู้ใดสามารถบรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ได้บ้าง แล้วกำหนดผลการเรียนรู้ เนื้อหาสาระที่ เกี่ยวข้อง พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ จัดเตรียมแหล่ง/สื่อการเรียนรู้ และจัดเตรียมสร้างเครื่องมือวัด และประเมินผล เมื่อได้หน่วยการเรียนรู้แล้วควรมีการประเมินหน่วยการเรียนรู้ เพื่อการปรับปรุง แก้ไขแล้วนำไปจัดการเรียนรู้ตามแผนที่พัฒนาขึ้น

วิธีที่ 2 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระต่าง ๆ แล้วจึงเลือกประเด็น วิเคราะห์ ว่ามาตรฐานการเรียนรู้ หรือ สาระใดเหมาะสมต่อการนำมาบูรณาการ แล้วจึงกำหนดประเด็นที่ สอดคล้อง จากนั้นจึงทำหน่วยการเรียนรู้ โดยพิจารณาผลการเรียนรู้ เนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องแล้ว พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ จัดเตรียมแหล่ง/สื่อการเรียนรู้ และจัดเตรียมสร้างเครื่องมือวัดและ ประเมินผล เมื่อได้หน่วยการเรียนรู้แล้วควรมีการประเมินหน่วยการเรียนรู้ เพื่อการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปจัดการเรียนรู้ตามแผนที่พัฒนาขึ้นโดยขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้สามารถสรุปเป็น ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้

ที่มา: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2547). เรียนรู้...บูรณาการ

6.2.2 วางแผน และจัดทำหน่วยการเรียนรู้ ผู้สอนวิเคราะห์ตัวชี้วัด โดยพิจารณาถึงสิ่งที่ผู้เรียนควรรู้ และปฏิบัติได้ พร้อมกับเลือกสมรรถนะสำคัญของนักเรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่จะพัฒนา

นอกจากนี้สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553) และกระทรวงศึกษาธิการ (2552) กล่าวถึงองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้มีดังนี้

1) ชื่อหน่วยการเรียนรู้ ต้องสะท้อนให้เห็นสาระสำคัญ หรือประเด็นหลักในหน่วยการเรียนรู้ นั้น ๆ อีกทั้งชื่อหน่วยการเรียนรู้ควรมีลักษณะน่าสนใจสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน และเหมาะสมกับวัยของนักเรียน

2) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน และสามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันได้ซึ่งอาจมาจากกลุ่มสาระเดียวกัน หรือต่างกลุ่มสาระก็ได้

3) สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด ได้จากการวิเคราะห์แก่นความรู้จากแต่ละมาตรฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้จากกิจกรรมต่าง ๆ

4) สาระการเรียนรู้ ที่นำมาใช้จัดกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ แกนกลาง และสาระการเรียนรู้ท้องถิ่น

5) สมรรถนะสำคัญของนักเรียน เป็นผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งวิเคราะห์ได้จากหลักสูตรแกนกลาง

6) คุณลักษณะอันพึงประสงค์วิเคราะห์ได้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

7) ชิ้นงาน/ภาระงานต้องสะท้อนถึงความรู้และทักษะที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้

8) การวัด และประเมินผล การกำหนดเกณฑ์ที่เชื่อมโยงกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินคุณภาพผู้เรียน

9) กิจกรรมการเรียนรู้เป็นการนำเทคนิค หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ซึ่งนำไปสู่การสร้าง ชิ้นงาน และการบรรลุ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด

10) เวลาเรียนต้องวิเคราะห์ความเหมาะสมให้สอดคล้องกับ จำนวนมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ที่ปรากฏในหน่วยการเรียนรู้จากโครงสร้างรายวิชา

7. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)

7.1 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นที่ถกเถียงกันของนักวิจัยเป็นเวลานาน โดยการอภิปรายครั้งแรกมุ่งไปที่มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นสากลแต่การให้นิยามของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของแต่ละคนเปลี่ยนไปตลอดเวลา และยังไม่ครอบคลุม (Lederman. 2007; & Ruse. 1999) โดยเฉพาะช่วงต้นทศวรรษที่ 1900 นักวิจัยได้อธิบายความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Mabel. 1909) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทศวรรษ 1960 ต่อมาในทศวรรษ 1970 การกล่าวถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความใกล้เคียงกับปัจจุบันมากขึ้น คือหมายถึงลักษณะเฉพาะของความรู้วิทยาศาสตร์เช่น ความ

เป็นพลวัต ประวัติศาสตร์ หลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นต้น (Centre of Unified Science Education. 1974) และในปีทศวรรษที่ 1980 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขยายไปถึงปัจจัยทางจิตวิทยา ตลอดจนปัจจัยทางสังคม เช่น บทบาทของภูมิหลังส่วนบุคคลของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์จินตนาการ การเจรจาต่อรองในสังคมเพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (AAAS. 1993; & NRC. 1996) ต่อมา คาร์ลิก และ ลีดเดอร์แมน (Khalick; & Lederman. 2000) ได้เปลี่ยนประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาในเชิงปรัชญา สังคม และประวัติศาสตร์ อันนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในสังคมวิทยาศาสตร์ศึกษา ในขณะที่สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อเมริกัน (American Association for the Advancement of Science; AAAS. 1993) อธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเชิงลักษณะของวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific worldview) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และ กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

แม้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังขาดความเป็นเอกภาพแต่อย่างไรก็ตามมีประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ยอมรับมติดังกล่าวเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้ ลีดเดอร์แมน (Lederman. 1992) ได้ให้คำจำกัดความว่าหมายถึง ญาณวิทยาของวิทยาศาสตร์ แนวทางหนึ่งในการหาความรู้ ค่านิยม และสมมติฐานโดยธรรมชาติเพื่อนำไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาองค์ความรู้ ซึ่งจัดเป็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานซึ่งเริ่มต้นสอนร่วมกับวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปีทศวรรษที่ 1990 อีกทั้งสอดคล้องกับผู้วิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านซึ่งให้ความหมายของ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ โดยหมายถึง ความเชื่อและค่านิยมที่แฝงอยู่ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ เกิดจากการผสมผสานการศึกษาทาง ญาณวิทยา สังคมวิทยา ปรัชญา และประวัติศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายความหมายของวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และการตอบสนองของสังคมต่อความพยายามทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงแสดงให้เห็นขอบเขตของวิทยาศาสตร์ซึ่งแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ (McComas. 2000; Lederman; et al. 2002; Lonbury; & Ellis. 2002; กาญจนา มหาลี. 2553) และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญครอบคลุมทั้ง องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ ทักษะในการสืบเสาะหาความรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี และสังคม (ชาติรี ฝ่ายคำตา. 2555)

จากความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ ลักษณะเฉพาะของความรู้วิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อธิบายได้โดยการศึกษาด้านญาณวิทยา สังคมวิทยา ปรัชญา ประวัติศาสตร์ เทคโนโลยี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์

7.2 ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การศึกษาวิทยาศาสตร์ร่วมสมัยเริ่มให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ทศวรรษ 1980 โดยเห็นได้จากหลักสูตรในประเทศต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร กรีก และประเทศอื่นๆ (McComas; & Olson. 1998) และชัดเจนมากขึ้นเมื่อสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science; AAAS) ได้กำหนดให้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของประชาชนชาวอเมริกัน (Science for All American) โดยตีพิมพ์เอกสาร Benchmark for Science Literacy (AAAS. 1993) ซึ่งมาตฐานการเรียนรู้ระบุให้ทุกคนมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้านได้แก่ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และ กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) ทั้งนี้ AAAS (1993) เชื่อว่าการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีผลเชิงบวกกับความคิดส่วนบุคคล และจะเสริมสร้างสังคม และวัฒนธรรม โดยเมื่อประชาชนทราบว่านักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร และทราบถึงข้อจำกัดของข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ จะมีแนวโน้มในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากขึ้นก่อนที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับผู้ที่เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะมีกรอบแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถต่อยอดการเรียนรู้ได้มากขึ้น และความเข้าใจของผู้เรียนในภาพพจน์ของวิทยาศาสตร์ตลอดจนมุมมองต่อการดำเนินงานที่มักคลาดเคลื่อนนั้นไม่สามารถจัดได้อย่างรวดเร็วจากการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้น กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์ในฐานะของแนวทางในการได้มาซึ่งความรู้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องถูกบรรจุไว้ในหลักสูตรอีกทั้งสำนักงานวิจัยแห่งชาติได้ให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (National Research Council; NRC) โดยได้กำหนดประเด็นเนื้อหาแยกประวัติศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในมาตรฐานที่สำคัญ (History and Nature of Science Standards) (NRC. 1996)

ในขณะที่สหราชอาณาจักร ได้ให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มานานเช่นกัน ตั้งแต่ทศวรรษ 1920 โดยเวสอเวย์ (Westaway.1929) ได้อธิบายถึงลักษณะครูวิทยาศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จส่วนหนึ่งนั้นจะต้องทราบ และสามารถพูดคุยกับนักเรียนถึงประวัติ การทำงานของอัจฉริยะบุคคล เช่น กาลิเลโอ, นิวตัน, ฟาราเดย์และดาร์วิน และต้องมีความกระตือรือร้น เชื่อมมันในการทำงานของตน อีกทั้งมีความพยายามในการสอนเนื้อหาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในมุมมองระดับสูงซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในคอร์สวิทยาศาสตร์สำหรับอังกฤษ และเวลส์ (the new optional upper level perspectives on science course for England and Wales) (Swinbank; & Taylor. 2007) โดยแบ่งคอร์สเป็น 4 ส่วนได้แก่ การวิจัยประวัติศาสตร์ อภิปรายประเด็นจริยธรรมในวิทยาศาสตร์ ปรัชญาการคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และการดำเนินการโครงการวิจัยในส่วนของปรัชญาได้ระบุ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นมาตรฐานการเรียนรู้

การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หลายเรื่องค่อนข้างเป็นนามธรรมสูง การเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งแนวคิดนั้น โดยเดินทางผ่าน หลักฐาน การโต้แย้ง แนวคิดที่ผิดพลาด และทางตัน จะช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์ที่พวกเขาเรียน ซึ่งต้องผ่านอุปสรรคมากมาย และมักเป็นเรื่อง การปฏิเสธแนวคิดใหม่ในช่วงเริ่มต้น จนมาเป็นหลักการที่ยอมรับอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การสอนสิ่งเหล่านี้สร้างความประทับใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากกว่ารายการของผลลัพธ์ที่พบในหลักสูตรวิทยาศาสตร์จำนวนมาก และถูกเรียกว่า ข้อสรุป (Niaz; & Rodriguez. 2000) ซึ่งสอดคล้องกับ แมคโคมาส อาเมโซล และ คลัฟ (McComas; Almazroa; & Clough. 1998) ที่กล่าวว่า การมีมุมมองที่ถูกต้องต่อวิทยาศาสตร์ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก อีกทั้งการสอนนักเรียนเกี่ยวกับการพัฒนาองค์ความรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย (Driver; et al. 1996; Robinson. 1969; Rutherford. 1964) ประกอบกับทำให้นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์นำไปสู่ความกระตือรือร้นในการเรียนวิทยาศาสตร์ และเข้าใจวิทยาศาสตร์ร่วมสมัยมากขึ้น (Clough. 2004)

นอกจากนี้ ไดรเวอร์ (Driver; et al. 1996) ได้สนับสนุนให้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมผู้เรียนใน 5 ประเด็นดังนี้

- 1) ด้านประโยชน์ของวิทยาศาสตร์ โดยส่งผลต่อความเข้าใจวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการจัดการเทคโนโลยีได้
- 2) ด้านประชาธิปไตย โดยทำให้เข้าใจปัญหาทางสังคมและทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการมีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจ
- 3) ด้านวัฒนธรรม โดยทำให้ซาบซึ้งว่าวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบของวัฒนธรรมร่วมสมัย
- 4) ด้านจริยธรรม โดยทำให้เข้าใจว่าบรรทัดฐานของสังคมวิทยาศาสตร์ให้คุณค่ากับจริยธรรม
- 5) ด้านการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยช่วยให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จมากขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับ สุทธิดา จำรัส (2009) ในประเด็นที่ว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ การตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ รวมถึงสามารถประเมินจุดแข็งและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ได้ อีกทั้งทำให้วิทยาศาสตร์น่าสนใจมากขึ้น

นอกจากนี้ จาคอบ บาร์เน็ต (Jacob Barnett. 2012) กล่าวใน เท็ด เอ็กซ์ ทิน ที่เชิฐมาพูดถึงความอัจฉริยะในหัวข้อ "ภูมิปัญญาของความไม่รู้" (The wisdom of not knowing) การที่จะประสบความสำเร็จได้ คุณต้องทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ ด้วยมุมมองที่สร้างสรรค์ในแบบของคุณเอง อย่าผูกขาดที่จะเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งโดยตรง จงหยุดเรียนแต่อย่าหยุดคิด" ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ว่า

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เป็นรากฐานของการสร้างองค์ความรู้ใหม่

จากหลักฐานในข้างต้นสรุปได้ว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้เรียนเพราะ การมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายสูงสุดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สสวท. 2546; American Association of the Advancement of Science (AAAS).1989; National Research Council.1996) ประกอบกับการมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับ มติประชาคมวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้านอื่น ๆ ตามมาด้วย เช่น ความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ การมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก การตัดสินใจในประเด็นวิทยาศาสตร์สังคม เป็นต้น

7.3 ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในรูปแบบที่แตกต่างกันดังนี้

7.3.1 สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science; AAAS.1989) ได้ระบุลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น (Benchmarks for scientific literacy) ในเอกสาร Science for all Americans โดยแบ่งเป็น 3 ด้านคือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific world view) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

7.3.1.1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific world view)

โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กล่าวถึง ความเชื่อพื้นฐาน ทศนคติ การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของโลกที่เกิดขึ้น และสิ่งที่สามารถเรียนรู้ได้ แบ่งเป็น 4 ประเด็นย่อยดังนี้

7.3.1.1.1 โลกเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ (The world is understandable)

วิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจกับสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในจักรวาล และเชื่อว่ามีรูปแบบที่แน่นอนซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้จากการศึกษาอย่างรอบคอบ และเป็นระบบ ทั้งนี้การใช้สถิติปัญญาร่วมกับเครื่องมือที่ช่วยขยายขอบเขตของประสาทสัมผัสจะทำให้ค้นพบรูปแบบดังกล่าวได้ทั้งหมด วิทยาศาสตร์ถือว่าจักรวาลมีระบบเดียวซึ่งประกอบด้วย กฎพื้นฐานจำนวนมาก ซึ่งใช้ได้กับทุกที่ ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของจักรวาลซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับส่วนอื่น ๆ ได้ เช่น กฎของแรงโน้มถ่วงใช้อธิบายวัตถุที่ตกลงมายังพื้นโลก และสามารถใช้อธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนดวงจันทร์ได้ด้วย เป็นต้น

7.3.1.1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific ideas are subject to change)

วิทยาศาสตร์คือกระบวนการในการสร้างความรู้ ซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งที่สังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรอบคอบ และสร้างทฤษฎีอย่างสมเหตุสมผลจากสิ่งที่สังเกต การเปลี่ยนแปลงความรู้จึงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ ถ้าผลจากการสังเกตครั้งใหม่หักล้างทฤษฎีเดิม และมีความเป็นไปได้ที่ทฤษฎีใหม่จะดีกว่าหรือดีเท่า ๆ กับทฤษฎีเดิม การตรวจสอบ และปรับปรุงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้นเกิดขึ้นตลอดเวลา นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าไม่มีความจริงที่สมบูรณ์ ทำได้แค่เพิ่มความใกล้เคียงกับความจริงเท่านั้น ซึ่งจะถูกบันทึกไว้สำหรับโลกเพื่ออธิบายกระบวนการทำงาน

7.3.1.1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน (Scientific knowledge is durable)

แม้นักวิทยาศาสตร์จะเชื่อว่าไม่มีความจริงที่สมบูรณ์ และยอมรับว่าความไม่แน่นอนเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ แต่ความรู้วิทยาศาสตร์มีความคงทน ส่วนใหญ่มักเป็นการปรับปรุงความคิดมากกว่าการปฏิเสธแนวความคิดที่มีอยู่ในทันที อาจมีการขยายทฤษฎีซึ่งทำให้ทฤษฎีเป็นที่ยอมรับ และคงอยู่ต่อไป

7.3.1.1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบที่สมบูรณ์ กับทุกคำถาม (Science cannot provide complete answers to all questions)

เรื่องราวมากมายที่ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องเหนือธรรมชาติ จุดประสงค์ที่แท้จริงของชีวิต โศคลาภ โหราศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะไม่ตัดสินถูกผิด แม้ว่าบางครั้งอาจมีการอธิบายในผลของการกระทำ โดยชี้ให้เห็นถึงเงื่อนไขเพื่อเป็นแนวทางในการเลือก

7.3.1.2 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กล่าวถึง พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาต่าง ๆ มีเหมือนกันเช่น การเชื่อในหลักฐาน การใช้สมมติฐานและทฤษฎี การใช้ตรรกะ เป็นต้น อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์มีความคิดเห็นที่แตกต่างกันต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น อีกทั้งมีวิธีในการศึกษาที่แตกต่างกัน มีการอาศัยข้อมูลที่ได้รับในอดีต และผลการทดลองในการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนแต่เป็นการทำงานอย่างเป็นระบบแบ่งเป็น 5 ประเด็นย่อยดังนี้

7.3.1.2.1 ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ (Science demands evidence)

ความถูกต้องของข้อมูลเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์จะได้รับการตรวจสอบจากการสังเกตอยู่เสมอ โดยการหาหลักฐานอาจได้จากการสังเกตและการวัด นักวิทยาศาสตร์จะใช้ประสาทสัมผัสของตนร่วมกับเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถของประสาทสัมผัส เช่น กล้องจุลทรรศน์

นักวิทยาศาสตร์ควบคุมเงื่อนไขเพื่อให้ได้หลักฐาน เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารเคมี การเลือกคู่ให้กับสิ่งมีชีวิต โดยกำหนดตัวแปร

ต้นให้แตกต่างกันเพียงตัวแปรเดียว และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากผลการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขแต่บางครั้งนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขได้ หรืออาจผิดจรรยาบรรณ เช่น การศึกษาดวงดาว การศึกษากับมนุษย์ ในกรณีเช่นนี้จะมีการพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ได้หลักฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับ และสามารถตรวจสอบได้จากบุคคลอื่น

7.3.1.2.2 วิทยาศาสตร์คือการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ และจินตนาการ
(Science is a blend of logic and imagination)

นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการในการสร้างสมมติฐานและทฤษฎี ซึ่งได้รับการยืนยันว่าเป็นหลักการที่มีเหตุผล ผ่านการทดสอบโดยการโต้แย้งในการลงความเห็น การสาธิต ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์อาจไม่เห็นด้วยกับคุณค่าของหลักฐาน หรือข้อสรุปที่สร้างขึ้น ข้อสรุปดังกล่าวอาจไม่เป็นที่ยอมรับ แต่โดยทั่วไปนักวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่จะยอมรับข้อสรุปที่มีเหตุผลซึ่งมีหลักฐานสนับสนุน

นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้เพียงแค่ทำงานกับข้อมูล และพัฒนาทฤษฎีเท่านั้น สมมติฐานเป็นสิ่งสำคัญในการคัดกรองข้อมูลที่สนใจ การวิเคราะห์ข้อมูลจากหลักฐานเป็นสิ่งจำเป็น แต่ไม่เพียงพอเพราะแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้หลอมรวมกับข้อมูลอย่างอัตโนมัติ จำเป็นต้องใช้จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ประกอบการวิเคราะห์ ซึ่งนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ

7.3.1.2.3 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย
(Science explains and predicts)

นักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างคำอธิบายจากการสังเกตปรากฏการณ์โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในปัจจุบัน เช่น การอธิบายหลักการ หรือ ทฤษฎี โดยจะต้องมีความเป็นเหตุเป็นผล ความน่าเชื่อถือของทฤษฎีมาจากการแสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของทวีป ได้รับการเชื่อถือมากเพราะแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์หลายอย่าง เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด รูปร่างของทวีป เป็นต้น

สิ่งสำคัญของวิทยาศาสตร์คือการสังเกตนั้นไม่เพียงพอในการสร้างทฤษฎี ทฤษฎีควรมีอำนาจในการทำนายซึ่งไม่จำเป็นต้องทำนายเฉพาะเหตุการณ์ในอนาคตเท่านั้น แต่อาจเป็นการทำนายเหตุการณ์ในอดีตซึ่งยังไม่พบหลักฐานที่ชัดเจน เช่น ทฤษฎีการกำเนิดสิ่งมีชีวิตสามารถตรวจสอบได้จากซากฟอสซิล

7.3.1.2.4 การหลีกเลี่ยงอคติของนักวิทยาศาสตร์

เมื่อพบว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์จะถามถึงหลักฐานที่มาสันนิษฐาน แต่การได้มาซึ่งหลักฐานอาจมีอคติได้จากหลายสิ่ง เช่น การแปลความจากข้อมูล การบันทึกผล การรายงานข้อมูล เพศ และเชื้อชาติของนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ทั้งนี้วิธีป้องกันการเกิดอคติทำได้โดยการตรวจสอบโดยผู้วิจัยหลาย ๆ กลุ่มที่แตกต่างกัน

7.3.1.2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่องของเผด็จการ (Science is not authoritarian)

วิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับแหล่งที่มาของความรู้และความคิดเห็น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกตรวจสอบอยู่เสมอโดยนักวิทยาศาสตร์ผู้ที่ไม่เชื่อในความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์จะไม่ตัดสินว่าสิ่งใดถูกหรือสิ่งใดผิด แต่ทุกคนจะตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านความรู้ที่เกิดขึ้น

7.3.1.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The scientific enterprise)

วิทยาศาสตร์เป็นองค์กรที่มีความเฉพาะตัวประกอบด้วยสังคมและสถาบัน กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในคุณสมบัติหลักของโลกปัจจุบันและมากขึ้นเรื่อยๆ มีรายละเอียดย่อย 4 ประเด็นดังนี้

7.3.1.3.1 วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน (Science is a complex social activity)

งานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับงานที่แตกต่างกันหลายอย่างและมีความเป็นสากล ทุกคนทั้งผู้ชายและผู้หญิงหลากหลายชนชาติ สามารถมีส่วนร่วมในวิทยาศาสตร์และประยุกต์ใช้ได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักฟิสิกส์ นักเทคนิค นักเขียนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ บรรณารักษ์ เป็นต้น บุคคลเหล่านี้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการทำงานที่เฉพาะ และอาจเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างเครื่องมือ การสร้างทฤษฎี และการติดต่อสื่อสาร

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรม เช่น ความคิดที่เกิดขึ้น การตั้งคำถาม วิธีการค้นหาคำตอบ นักวิทยาศาสตร์ได้รับการว่าจ้างจากมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลธุรกิจและอุตสาหกรรมรัฐบาลองค์กรวิจัยอิสระและสมาคมวิทยาศาสตร์ พวกเขาอาจจะทำงานคนเดียวในกลุ่มเล็ก ๆ หรือเป็นสมาชิกของทีมวิจัยขนาดใหญ่ และสถานที่ทำงานประกอบไปด้วย ห้องเรียน ออฟฟิส ห้องปฏิบัติการ และ ใต้ทะเล

นักวิทยาศาสตร์มีการเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อความคืบหน้าทางวิทยาศาสตร์ บางคนนำเสนอผลการวิจัยและทฤษฎีของพวกเขาในเอกสารที่มีการส่งมอบในการประชุมหรือการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ เอกสารเหล่านั้นจะแจ้งให้คนอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการทำงานทราบและนำไปสู่การวิจารณ์โดยนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ทั่วโลก ดังนั้นความก้าวหน้าของวิทยาการสารสนเทศ และการพัฒนาของเทคโนโลยีสารสนเทศ ล้วนส่งผลกระทบต่อวิทยาศาสตร์ทั้งหมด โดยช่วยเพิ่มความเร็วในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ ทำให้ลดระยะเวลาระหว่างการค้นพบและการประยุกต์ใช้

7.3.1.3.2 วิทยาศาสตร์ได้ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาวิชาสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในสถาบันต่าง ๆ (Science is organized into content disciplines and is conducted in various institutions)

วิทยาศาสตร์ถูกจัดเป็นหลายสาขา เช่น สัตววิทยา ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เป็นต้น ซึ่งแต่ละสาขามีความแตกต่างกันหลายด้าน เช่น ประวัติศาสตร์ การศึกษาปรากฏการณ์ เทคนิค ภาษาที่ใช้ เป็นต้น แต่ทุกสาขาวิชาทางวิทยาศาสตร์มีจุดที่เหมือนกันคือ ความรู้เกิดจากความพยายามทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อดีของการมีหลักวิชา คือการจัดเตรียมโครงสร้างสำหรับงานวิจัยและการค้นพบงานวิจัย แต่ข้อเสียของการแบ่งหลักวิชาไม่สอดคล้องกับการทำงานของโลก และทำให้การติดต่อสื่อสารยากขึ้น ในกรณีที่ไม่มีเส้นแบ่งที่ตายตัวสำหรับสาขาวิชาจะทำให้เกิดหลักวิชาใหม่ขึ้นเช่น ฟิสิกส์เคมี ชีวเคมี เป็นต้น

7.3.1.3.3 การคำนึงถึงหลักการด้านจริยธรรมในการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (There are generally accepted ethical principles in the conduct of science)

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่อยู่บนบรรทัดฐานของจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ มีการเปิดเผยข้อมูลการวิจัยเพื่อการตรวจสอบ แต่การแข่งขันเพื่อการตีพิมพ์แนวคิดของตนเป็นรายแรกทำให้นักวิทยาศาสตร์บางคนปิดบังข้อมูลบางส่วน หรือทำการบิดเบือนผลการวิจัย ซึ่งเป็นสิ่งที่ขัดขวางความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และอาจถูกตำหนิจากประชาคมวิทยาศาสตร์ หรือหน่วยงานที่สนับสนุนทุนวิจัย

7.3.1.3.4 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมของสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญ และพลเมือง (Scientists participate in public affairs both as specialists and as citizens)

นักวิทยาศาสตร์สามารถนำข้อมูล ทักษะการวิเคราะห์มาแสดงต่อสาธารณชนและช่วยให้เข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ พร้อมทั้งประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น ผลกระทบต่อระบบนิเวศในการสร้างฟาร์ม การใช้เทคโนโลยีเอแสดงถึงสาเหตุของภัยพิบัติในการสวมบทบาทเป็นที่ปรึกษา นักวิทยาศาสตร์ได้รับการคาดหวังให้แยกความจริงออกจากการแปลผล และแยกผลการวิจัยออกจากความคิดเห็นอย่างระมัดระวัง อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง นักวิทยาศาสตร์พยายามหลีกเลี่ยงอคติ แต่นักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนประชาชนทั่วไปที่สามารถมีอคติได้ซึ่งอาจเกิดจาก บุคคล หน่วยงาน และความสนใจหรือข้อผูกมัด ซึ่งไม่น่าเชื่อถือ และใช้เป็นข้อโต้แย้งไม่ได้

7.3.2 มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standard: NGSS) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กล่าวถึงความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

7.3.2.1 การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการที่หลากหลาย (Scientific investigations use a variety of methods)

7.3.2.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ (Scientific knowledge is based on empirical evidence)

7.3.2.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเปิดกว้างให้แก้ไขได้เมื่อพบหลักฐานใหม่

(Scientific knowledge is open to revision in light of new evidence)

7.3.2.3 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์กฎกลไกและทฤษฎีอธิบายปรากฏการณ์

ธรรมชาติ (Scientific models, laws, mechanisms, and theories explain natural phenomena)

7.3.2.4 วิทยาศาสตร์เป็นแนวทางในการหาความรู้ (Science is a way of

knowing)

7.3.2.5 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ลำดับ และความสอดคล้องของระบบธรรมชาติ

(Scientific knowledge assumes an order and consistency in natural systems)

7.3.2.6 วิทยาศาสตร์เป็นความพยายามของมนุษย์ (Science is a human

endeavor)

7.3.2.7 วิทยาศาสตร์เป็นที่รวมของคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติและโลกของวัสดุ

(Science addresses questions about the natural and material world)

7.3.3 ลีดเดอร์แมน และ คนอื่น ๆ (Lederman; et al. 2002) ได้กล่าวถึงลักษณะ

สำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจำเป็นต้องรู้และเข้าใจซึ่งสอดคล้องกับลักษณะที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่าน และหน่วยงานทางวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายแห่งได้กล่าวว่าเป็นหลักไว้ว่าเป็นลักษณะหลักสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Core nature of science) (AAAS.1993; NRC.1996; Abd-El-Khalick; Bell; & Lederman.1998; Khalick; & Lederman. 2000; Schwartz. Lederman;& Crawford.2004; McComas. 2005; Akerson; & Volrich. 2006; ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทรกุล; และ ชชาติ ฝ้ายคำตา. 2556) โดยมี 8 ลักษณะดังนี้

7.3.3.1 การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical

nature of scientific knowledge) วิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ แล้วใช้หลักฐานจากการสังเกตมาอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ประเมินจากการสังเกตธรรมชาติโดยตรง อาจมีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และแปรผลตามกรอบทฤษฎี

7.3.3.2 การสังเกต ลงความเห็นและการมีตัวตนของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

(Observation, inference and theoretical entities in science) ผู้เรียนควรสามารถแยกความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น การสังเกตคือการบรรยายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สามารถประเมินได้ด้วยประสาทสัมผัส หรือ ประสาทสัมผัสที่ได้รับการขยายขีดจำกัดโดยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และการสังเกตหลาย ๆ ครั้งสามารถนำไปสู่การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ได้ เช่นวัตถุที่อยู่เหนือพื้นมีแนวโน้มตกลงสู่พื้น ในทางกลับกัน การลงความเห็นไม่ได้เป็นสิ่งที่ได้จากประสาทสัมผัสโดยตรง เช่น วัตถุตกลงพื้นเพราะแรงโน้มถ่วง ความคิดเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงนี้

เป็นการอนุมานจากผลที่เกิดขึ้น ความเข้าใจการสังเกตและการลงความเห็นจะทำให้การเรียนรู้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีความหมายมากขึ้น

7.3.3.3 ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific theories and laws) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการสร้างคำอธิบายของระบบแล้วผ่านการพิสูจน์มาเป็นอย่างดีจนมีความเที่ยงตรง ทฤษฎีถูกใช้อธิบายในภาพรวมของสิ่งที่ไม่สัมพันธ์กับการสังเกตโดยอาจใช้หลักวิชาที่หลากหลาย เช่น ทฤษฎีจลศาสตร์โมเลกุลใช้อธิบายที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของวัตถุ การถ่ายเทความร้อน ทฤษฎีมีบทบาทในการนำไปสู่ปัญหาวิจัย และเป็นแนวทางในการสืบเสาะในอนาคต

ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีรากฐานมาจากสมมติฐาน การยอมรับ และมักจะดำรงอยู่ในฐานะสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น ทฤษฎีไม่สามารถทดสอบได้โดยตรง มีเพียงแต่หลักฐานทางอ้อมเท่านั้นที่สนับสนุนทฤษฎี และทำให้เชื่อว่าถูกต้อง ในการทดสอบทฤษฎีนั้น นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องทำนายจากสมมติฐาน และตรวจสอบข้อมูลที่ต่อต้านทฤษฎีอย่างชัดเจน ความสอดคล้องระหว่างการทำนาย และหลักฐานเชิงประจักษ์จะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของทฤษฎีหรือสมมติฐาน

กฎ คือ ข้อความหรือคำบรรยายความสัมพันธ์จากการสังเกตปรากฏการณ์ เช่น กฎของบอยล์ (Boyle's law) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับก๊าซและความดันที่อุณหภูมิคงที่และทฤษฎีที่ใช้อธิบายกฎนี้ คือ ทฤษฎีจลน์โมเลกุล ทั้งนี้ผู้เรียนมักเข้าใจว่าทฤษฎีกลายเป็นกฎโดยขึ้นอยู่กับหลักฐานที่มาสสนับสนุน ยิ่งไปกว่านั้นผู้เรียนบางส่วนเชื่อว่ากฎอยู่ในสถานะที่ต่ำกว่าทฤษฎีทฤษฎี และกฎนั้นแตกต่างกันและไม่สามารถพัฒนาเป็นกันและกันได้ ทฤษฎีอยู่ในฐานะที่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้สร้างทฤษฎีโดยหวังให้กลายเป็นกฎ

7.3.3.4 จิตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The creative and imaginative nature of scientific knowledge) การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ด้วย ซึ่งขัดแย้งกับความเชื่อพื้นฐานที่ว่า วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่ไม่มีชีวิตชีวา มีเหตุมีผลโดยสมบูรณ์ และ เป็นลำดับขั้นตอนที่แน่นอน ในความเป็นจริงแล้วการสร้างคำอธิบาย หรือทฤษฎี ต้องการความคิดสร้างสรรค์ในตัวของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การก้าวข้ามจากเส้นสเปกตรัมไปสู่แบบจำลองอะตอมของโบร์ (Bohr's model) ซึ่งบรรยายละเอียดถึงวงโคจร และระดับพลังงาน ต้องอาศัยการอนุมานจากจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์

7.3.3.5 การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจาก ทฤษฎี หลักการ ความเชื่อ ความรู้เดิม การอบรมประสบการณ์ และความคาดหวังของนักวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ปัจจัยด้านภูมิหลังซึ่งเกิดขึ้นในจิตใจ

อาจเป็นปัญหาสำหรับนักวิทยาศาสตร์ในการคิดค้น การสังเกต การแปลผล ทำให้เกิดความเป็นอัตตาซึ่งแฝงอยู่ในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง

7.3.3.6 มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge) วิทยาศาสตร์อยู่ในฐานะกิจการของมนุษย์ซึ่งดำเนินอยู่ภายใต้บริบทของวัฒนธรรม และนักวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรม ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่องานทางวิทยาศาสตร์ เช่น โครงสร้างทางสังคม นโยบาย เศรษฐกิจ ปรัชญา และศาสนา เป็นต้น ทั้งนี้หนึ่งในตัวอย่างเกี่ยวกับอิทธิพลทางสังคม และวัฒนธรรมต่องานทางวิทยาศาสตร์ที่เห็นได้ชัดคือ เรื่องราวเกี่ยวกับวิวัฒนาการของมนุษย์ ซึ่งผ่านมาแล้ว 7 ล้านปี นับว่าเป็นศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์ ชีวสังคม นักวิทยาศาสตร์สร้างเรื่องราวที่ซับซ้อน และแตกต่างกันเกี่ยวกับวิวัฒนาการสถานการณ์ต่างๆในช่วงทศวรรษที่ 1960 วัฒนธรรมของคนผิวขาวมีอิทธิพลต่อวงการวิทยาศาสตร์มาก แต่เมื่อเริ่มทศวรรษที่ 1970 นักสิทธิสตรีเริ่มมีบทบาทสำคัญ เรื่องเกี่ยวกับวิวัฒนาการของมนุษย์ก็เริ่มเปลี่ยนแปลงโดยมีศูนย์กลางอยู่ที่ การรวบรวมเกี่ยวกับผู้หญิง ซึ่งทั้งสองแนวทางต่างก็มีหลักฐานสนับสนุนเช่นกัน

7.3.3.7 มายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Myth of scientific method)

เป็นประเด็นที่มีผู้เข้าใจคลาดเคลื่อนเป็นจำนวนมากโดยมองว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีรูปแบบเดียวได้แก่ ระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล ตั้งสมมติฐาน การทดลอง ทดสอบสมมติฐาน และสรุปผล ตามลำดับ แต่ในมุมมองต่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องนั้นคือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลาย และไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามลำดับที่แน่นอนและวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีแต่เพียงการทดลอง อาจได้มาจาก ความบังเอิญ การสังเกต การเสนอโมเดลความคิด เป็นต้น

7.3.3.8 ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The tentative nature of scientific knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีทางสมบูรณ์ หรือแน่นอน โดยความรู้ประกอบไปด้วย ความจริง ทฤษฎี และกฎ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ก็เช่นกันสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อพบหลักฐานใหม่ โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมีมากมาย เช่น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การตีความตามทฤษฎีใหม่ การเปลี่ยนกรอบวัฒนธรรมหรือสังคม เป็นต้น

จากธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 7 ประเด็นได้แก่ ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Tentative) ความรู้วิทยาศาสตร์มีพื้นฐานจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirically based) ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective) นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ในงานวิทยาศาสตร์ (Imagination and creativity) สังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่องานทางวิทยาศาสตร์ (Socially and culturally embedded), นักวิทยาศาสตร์ใช้การสังเกตและการลงความเห็นในงานทางวิทยาศาสตร์ (Observations and inferences) ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific theories and laws) (Khalick; Bell; & Lederman. 1998;

Khalick; & Lederman. 2000; Schwartz; & Lederman. 2002; Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004; Akerson; & Volrich. 2006) ผู้วิจัยเลือกพัฒนา 3 ประเด็นได้แก่ การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge), การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical nature of scientific knowledge) และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge) เพราะทั้ง 3 ประเด็นสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้โดยการสอนแบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง กล่าวคือ ทำให้นักเรียนเข้าใจการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ซึ่งนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน และเรียนรู้การตีความ หรือลงความเห็นตามภูมิหลังของแต่ละบุคคลจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในแนวทางที่แตกต่างกัน (Driver; Newton et al.2000; Sandoval; & Millwood. 2008; Popper. 1963; 1988; Khalick. 2003) นอกจากนี้ การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) กับ การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical nature of scientific knowledge) จัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge) จัดอยู่ในองค์ประกอบที่ 3 กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (The scientific enterprise) (AAAS. 1993)

7.3.4 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ของประเทศไทย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้ระบุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาตรฐาน ว 8.1 ดังนี้ “ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน” ซึ่งสามารถวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

7.3.4.1 ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน

7.3.4.2 ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายและตรวจสอบได้

7.3.4.3 วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน อีกทั้งกำหนดตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/11 “บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติมเพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูล และประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่ การยอมรับเป็นความรู้ใหม่”

จากการวิเคราะห์ มาตรฐาน ว 8.1 และตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วเปรียบกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนัก
วิทยาศาสตร์ศึกษาและหน่วยงานด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศอื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกัน
คือข้อความส่วนใหญ่ของหลักสูตรประเทศไทยสื่อให้เข้าใจว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและกล่าวถึงประเด็นทาง
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าลักษณะสำคัญทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของลีดเดอร์
แมน (Lederman et al. 2002) มีความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน
งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษานับอื่น ดังตาราง 5

ตาราง 5 ลักษณะสำคัญทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษามุมมองต่อ
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา					
	Lederman et al. (2002)	Brendan E. Callahan (2009)	Rola Khishfe (2012)	Mei- Chun Lai (2012)	กาญจนา มหาลี (2553)	อังคณา ปัทม พงศา (2555)
การอิงหลักฐานเชิง ประจักษ์ของความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การสังเกต ลงความเห็น และการมี ตัวตนของทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์	✓	✓		✓		✓
ทฤษฎีและกฎทาง วิทยาศาสตร์	✓	✓		✓	✓	✓

ตาราง 5 (ต่อ)

ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา					
	Lederman et al. (2002)	Brendan E. Callahan (2009)	Rola Khishfe (2012)	Mei- Chun Lai (2012)	กาญจนา มหาลี (2553)	อังคณา ปัทม พงศา (2555)
จิตนาการและความคิด สร้างสรรค์ของความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓		✓	✓	✓
การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์ เดิม และค่านิยมของ ของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
มิติทางสังคมและ วัฒนธรรมของ วิทยาศาสตร์	✓				✓	✓
มายาคติของวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓		✓	✓	✓
ความเป็นพลวัตรของ วิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สำคัญซึ่งสอดคล้องกันในงานวิจัยต่างๆ การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากกรอบแนวคิดของลีดเดอร์แมน (Lederman; et al. 2002) เนื่องจากกรอบแนวคิดดังกล่าวครอบคลุมประเด็นสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เป็นที่ยอมรับว่า จำเป็นสำหรับผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานซึ่งสอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้ที่

พัฒนาขึ้นไปใช้ ประกอบกับถูกนำไปอ้างอิงอย่างแพร่หลายในการจัดการเรียนการสอนและงานวิจัย อีกทั้งใช้กรอบแนวคิดดังกล่าวสร้างเครื่องมือวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบ C (View of Nature of Science Questionnaire: VNOS-Form C) ซึ่งจัดเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยที่ผ่านมา ดังตาราง 6 พบว่าการจัดการเรียนการสอนในเรื่องพันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งในระดับชั้นมัธยมศึกษา มีการสอดแทรกมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น การถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ และมิติทางสังคมและวัฒนธรรม ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่ามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ประเด็น ได้แก่ 1) การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ เป็นประเด็นที่เหมาะสม กับเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง นำไปสู่การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 ประเด็นดังกล่าว

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และรูปแบบการสอนกับเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์

เนื้อหา	นักเรียน	ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	รูปแบบการจัดการเรียนการสอน	งานวิจัยอ้างอิง
1. พันธุศาสตร์	เกรด 9	การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การโต้แย้งของทูลมิน (Toulmin's argumentation)	"Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics (Jiménez-Aleixandre; et al. 2000)
2. การประยุกต์ใช้พันธุศาสตร์	มัธยมศึกษา			

ตาราง 6 (ต่อ)

เนื้อหา	ผู้เรียน	ลักษณะของ ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	รูปแบบการ จัดการเรียน การสอน	งานวิจัยอ้างอิง
		ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	(science technology social)	: Introduction to the Thematic Issue (Kampourakis; et al. 2014)
3. พันธุศาสตร์ และการ ประยุกต์	มัธยมศึกษา	การอิงหลักฐานเชิง ประจักษ์ของ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	การโต้แย้ง (Argumentation)	Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices (Jime´nez-Aleixandre; et al. 2014)
4. พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยี พันธุศาสตร์	มัธยมศึกษา ตอนปลาย	การอิงหลักฐานเชิง ประจักษ์ของ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ มิติทางสังคมและ วัฒนธรรมของ วิทยาศาสตร์	การสืบเสาะหา ความรู้ 5 ขั้นตอน (5E), การโต้แย้ง (Argumentation)	A Development of the Upper Secondary Science Curriculum on Genetics to Enhance Socio- scientific Decision Making Ability (Kaewmuangmoon . 2008)

7.4 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ศึกษา

วิทยาศาสตร์มีอิทธิพลในทุกด้านของชีวิต ทั้งเทคโนโลยี และปรัชญาซึ่งเริ่มต้นจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามมีเพียงคนจำนวนน้อยที่มีความเข้าใจพื้นฐานการดำเนินงานของกิจการทางวิทยาศาสตร์ การขาดความเข้าใจดังกล่าวนับว่าเป็นความเสี่ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานะของประชากรที่มีสิทธิ์ตัดสินใจโดยมีวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ในการประเมินนโยบายจากหลักฐานที่มีในกระบวนการทางกฎหมาย

การส่งเสริมนักเรียนให้มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ดำเนินการอย่างต่อเนื่องแม้ว่าระยะแรกมุมมองทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน แต่บางลักษณะถูกกำหนดให้เป็นเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ลีเดอร์แมน (Lederman.1992) รายงานว่า สมาคมครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (The Central Association of Science and Math Teachers) ในปี 1907 เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ ฮอดสัน (Hodson.1991) มีความเห็นที่แตกต่างว่าความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์สำคัญกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปี ฮูด (Hurd. 1960) ได้กล่าวว่า “เป้าหมายหลักของการสอนวิทยาศาสตร์มี 2 ข้อ คือ ความรู้และกิจการทางวิทยาศาสตร์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ผู้เรียนควรได้รับ แนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ วิทยาศาสตร์ควรเป็นมากกว่าการเก็บรวบรวมความจริงผู้เรียนควรเรียนเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีในการพัฒนาและการใช้ของความรู้”

ช่วงแรกของการนำธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ามาในวิทยาศาสตร์ศึกษา ชวบบ (Schwab. 1964) นักปรัชญา และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่า การสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปในลักษณะ ข้อสรุปที่เป็นจริง ความรู้วิทยาศาสตร์ มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นตัวอักษร และไม่สามารถถูกยกเลิกได้หลังจากนั้นเริ่มมีการตีพิมพ์หนังสือเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน เช่น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการสอนวิทยาศาสตร์ (The Nature of Science and Science Teaching) โรบินสัน (Robinson.1968) ได้กล่าวถึงการประเมินปรัชญาของวิทยาศาสตร์เป็นครั้งแรก และอธิบายถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในวิทยาศาสตร์หลายสาขา ต่อมาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แพร่หลายขึ้นในโรงเรียนโดยการส่งเสริมของหน่วยงานในหลายประเทศ เช่น สมาคมเพื่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ (the Association for Science Education. 1981) ในประเทศอังกฤษ และ สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (the National Science Teachers Association. 1995) สมาคมอเมริกาเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (the American Association for the Advancement of Science.1989; 1993) และสภาวิจัยแห่งชาติ (the National Research Council.1996) โดยนักวิทยาศาสตร์ศึกษาร่วมสมัยเห็นด้วยกับการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองที่ถูกต้องต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สมมติฐาน คำนิยาม และข้อจำกัด ควรเป็น

ศูนย์กลางของเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์อีกทั้งการมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรู้วิทยาศาสตร์ (McCOMAS; et al. 2002)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ (Lederman.1992; NRC. 1996; Kang et al. 2004; Crowther; et al.2005; Lederman. 2006; Yip. 2006; American Association for the Advancement of Science (AAAS). 2006; Klopfer. 1990) ดังนั้นการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาทั่วโลกให้ความสำคัญ โดยการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์มีหลายวิธี การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดจากคนเพียงคนเดียวแต่เกิดจากกลุ่มคนซึ่งทำงานร่วมกัน และความรู้วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดซึ่งความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะนำไปสู่การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การตระหนักถึงคุณค่าของวิทยาศาสตร์ และการเข้าใจความสัมพันธ์ของ วิทยาศาสตร์ สังคม และเทคโนโลยี มากขึ้น (Lederman. 1992)

งานวิจัยด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถจัดกลุ่มได้ดังนี้ (Matthews อ้างใน McComas. 1998)

1. ตรวจสอบความเข้าใจกรอบแนวคิดของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครู และนักเรียน
2. รูปแบบการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน
4. ญาณวิทยาและความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู
5. ผลของญาณวิทยาของครูต่อห้องเรียน
6. อิทธิพลของญาณวิทยาของผู้เรียนต่อการเรียนรู้
7. ประวัติของการเชื่อมโยงความหมายของหลักสูตรของการรู้วิทยาศาสตร์กับ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

8. กระบวนการในชั้นเรียนซึ่งความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูมีปฏิสัมพันธ์กับหลักสูตรและผลกระทบต่อญาณวิทยาของผู้เรียน

9. การตัดสิน ประสิทธิภาพ และการปฏิบัติ เกี่ยวกับคอร์สเรียนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในโปรแกรมการศึกษาของครู

10. ข้อสรุปของญาณวิทยา การทดสอบมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้นหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของแต่ละประเทศจึงมีการบรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรตลอดหลายทศวรรษที่ผ่านมา อีกทั้งนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความสำคัญกับการวิจัยเพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู และนักเรียน รวมถึงการพัฒนาหลักสูตร และวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมมุมมองที่ถูกต้อง และงานวิจัยนี้จัดอยู่ในกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

7.5 การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นไปตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเชื่อว่าผู้เรียนมีความรู้เดิมอยู่แล้ว การเรียนรู้เรื่องใหม่จำเป็นต้องมีการต่อยอดจากรากฐานความรู้เดิม ผู้เรียนจึงจะสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่จากกิจกรรมการเรียนรู้กับประสบการณ์ที่มีอยู่ ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้ (Process of learning) จึงไม่ได้เกิดจากการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้บอกเล่า หรือ แบบครูเป็นศูนย์กลาง แต่ผู้เรียนต้องเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งแตกต่างกันตามพื้นฐานของแต่ละบุคคล ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ การตรวจสอบ (สสวท. 2552)

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มักสอดคล้องกับ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยนักการศึกษาได้ศึกษาการเรียนการสอนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนพบว่ามีหลายรูปแบบเช่นการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม (Socioscientific issues) ประวัติวิทยาศาสตร์ (History of science) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS approach) เป็นต้น ดังตาราง 7

วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถจัดกลุ่มตามลักษณะการสอนได้ 2 กลุ่มดังนี้

1. การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (The explicit instruction) คือการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นำประเด็นทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างชัดเจน และเปิดโอกาสให้สะท้อนการเรียนรู้ของตน ซึ่งมีทั้งไม่บูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Khishfe; & Lederman. 2006) และบูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยนำประเด็นทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มาร่วมกัน อธิบาย อภิปราย ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น ขณะที่เรียน ซึ่งสามารถส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Khishfe; & Lederman. 2006; Khishfe. 2008; สุทธิดา จำรัส; และ นฤมล ยุตาคม. 2551)

ตาราง 7 การวิเคราะห์วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิธีการ	Khishfe & Khalic (2002)	Reeves (2002)	Schwartz et al. (2004)	Poomsripanon (2006)	Callahan (2009)	Forato et al. (2012)	Oliveira (2011)	Pilar (2012)	Hickerson (2012)	กาญจนา มหาลี (2553)	เบญจพร สากัดดี (2555)	ขนิษฐา ปาโท (2555)	อังคณา ปัทมพงศา (2555)	งานวิจัยฉบับนี้
1. การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry)	✓		✓	✓							✓		✓	✓
2. ประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม (Socioscientific issues)					✓									✓
3. ประวัติวิทยาศาสตร์ (History of science)		✓				✓								✓
4. การสอนแบบชัดแจ้ง ร่วมกับการสะท้อนความคิด (Reflective Explicit instruction)	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓
5. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process)		✓	✓											
6. การสอนแบบโดยนัย (Implicit instruction)	✓			✓			✓		✓					
7. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS approach)												✓		
8. การอภิปราย (Discussion)							✓							

ตาราง 7 (ต่อ)

วิธีการ	Khishfe & Khalic (2002)	Reeves (2002)	Schwartz et al. (2004)	Poomsripanon (2006)	Callahan (2009)	Forato et al. (2012)	Oliveira (2011)	Pilar (2012)	Hickerson (2012)	กาญจนา มหาลี (2553)	เบญจพร สากัด (2555)	ชนิษฐา ปาโท (2555)	อังคณา ปัทมพงศา (2555)	งานวิจัยฉบับนี้
9. การโต้แย้ง (Argumentation)								✓						
10. การสืบเสาะบนฐาน การโต้แย้ง (Argument- based inquiry)									✓					✓

2. การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit instruction) คือการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยเน้น การสืบเสาะหาความรู้ เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยไม่กล่าวถึงประเด็นทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เพราะเชื่อว่าการเรียนรู้โดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เอง (Khishfe; & Khalick. 2002) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยไม่มีอิทธิพลต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือผู้เรียนไม่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นหลังจากการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ หรือ การเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว (Khalick; & Lederman. 1998, 2000; Khishfe. 2008)

จากการศึกษาผลการวิจัยเปรียบเทียบการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 กลุ่มพบว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (The Explicit instruction) สามารถพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ดีกว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit instruction) (Khalick; & Lederman. 2000; Khishfe; & Khalick. 2002; Khishfe. 2008)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ซึ่งเป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (The Explicit instruction) ผ่านประเด็นปัญหาวิทยาศาสตร์สังคม (Socioscientific Issues approach) แทรกอยู่ในขั้นตอนการสอน โดยนำประเด็นปัญหาทางสังคมมาโต้แย้งด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพราะงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้สนับสนุนผลว่าประเด็นทางสังคม

(Lederman; Allison; & Stephen. 2014; Lederman. 2007; Prasart. 2010) และการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง (Jimenez-Aleixandre; et al. 2000; Kaewmuangmoon.2008; Hickerson. 2012; Pilar. 2012; Kampourakis; et al. 2013; Jimenez-Aleixandre. 2014) ช่วยส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และเหมาะสมกับเนื้อหาพันธุศาสตร์ร่วมสมัยบูรณาการกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชวตษฐ์ ลีตเดอร์แมน และครอว์ฟอร์ด (Schwartz; Lederman; & Crawford. 2004) ที่รายงานผลการวิจัยว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีบริบทที่เป็นสภาพจริง (Authentic context) หรือสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการโต้แย้งในแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำประเด็นที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ในสังคมปัจจุบัน และเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวผู้เรียนเช่นอาหารตัดแปรพันธุกรรม การอุ้มบุญ เป็นต้น มาใช้ในหน่วยการเรียนรู้

7.6 มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับชั้นได้แก่ ระดับประถมศึกษา (Khishfe; & Khalick. 2002) ระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลาย (Irwin.1998; Lin; & Chiu.2004; Khishfe. 2008; Sinthuwa; & Kanyaprasith. 2015; กาญจนา มหาลี. 2553) และระดับอุดมศึกษา (Murcia; & Schibeci. 1999; Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000) พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อนในประเด็นที่สำคัญต่าง ๆ เช่น งานวิจัยของเบล และคณะ (Bell; et al. 2003) ได้สำรวจมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 พบว่าผู้เรียนมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ กาญจนา มหาลี (2553) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific world view) ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise) ประกอบกับจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยพบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คาดเคลื่อนดังตาราง 8

ตาราง 8 มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับประชาคมวิทยาศาสตร์ในงานวิจัย

มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับ มติประชาคมวิทยาศาสตร์	งานวิจัยอ้างอิง
1. ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นข้อเท็จจริง ไม่สามารถ เปลี่ยนแปลงได้	- Khishfe (2008)
2. วิธีแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีเดียวคือ การทดลอง	- สุทธิดา จำรัส; และคณะ (2552) - กาญจนา มหาลี (2553)
3. วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนแน่นอนตายตัว	- Mc.Comas (1998) - กาญจนา มหาลี (2553) - อังคณา ปัทมพงศา(2555)
4. กฎมีความน่าเชื่อถือมากกว่าทฤษฎี ทฤษฎีเมื่อมี หลักฐานสนับสนุนจำนวนมากจะมีการพัฒนาไปเป็น กฎ	- Akerson; et al. (2000) - Schwartz; et al. (2003) - Mei-Chun Lai (2012) - สุทธิดา จำรัส; และคณะ (2552) - อังคณา ปัทมพงศา (2555)
5. วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากล ความรู้วิทยาศาสตร์ มาจากการทดลองอย่างระมัดระวัง ทำโดยละเอียด รอบคอบและปราศจากอคติและความลำเอียงเนื่องจาก วิทยาศาสตร์คือการทดลองตามขั้นตอนอย่าง เคร่งครัด	- McComas (1998) - Akerson et. al. (2000) - กาญจนา มหาลี (2553)
6. นักเรียนไม่เข้าใจว่าความรู้และประสบการณ์เดิม ของนักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการสังเกตและลง ความเห็น	- Akerson et. al. (2000) - Khishfe (2008) - เบญจพร สากักดี (2555) - กาญจนา มหาลี (2553)

ตาราง 8 (ต่อ)

มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับ มติประชาคมวิทยาศาสตร์	งานวิจัยอ้างอิง
7. สังคมและวัฒนธรรมไม่มีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลและมา จากการทดลองตามขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวอย่าง เคร่งครัด	- สุทธิดา จำรัส และคณะ (2552) - กาญจนา มหาลี (2553)
8. วิทยาศาสตร์คือความจริงแท้ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เนื่องจาก วิทยาศาสตร์เชื่อในหลักฐานเชิงประจักษ์	- สุทธิดา จำรัส และคณะ (2552) - กาญจนา มหาลี (2553)

จากตาราง 8 สรุปได้ว่าผู้เรียนยังมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับประชาคมมติประชาคมวิทยาศาสตร์ในหลายด้านดังนั้นการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่ครู และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรตระหนักถึงความสำคัญ และสนับสนุนให้มีการสอนวิทยาศาสตร์บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน

7.7 เครื่องมือประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนนั้นมีเครื่องมือที่หลากหลายดัง ตาราง 9 โดยระยะแรกนั้นใช้วิธีการทดสอบผ่านการทำข้อสอบ หรือแบบทดสอบกระดาษและดินสอ (Paper-and-pencil tests) ประกอบด้วยคำถามแบบหลายตัวเลือก (Multiple-choice questions) และ ลิเคิร์ตสเกล (Likert Scale) ซึ่งครอบคลุมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลายด้าน เช่น Test of Understanding Science [TOUS] (Klopfer; & Cooley. 1961; the Nature of Science Scale [NOSS] (Kimball. 1968) the Science Process Inventory [SPI] (Welch; & Pella. 1968); the Nature of Scientific Knowledge Scale [NOSKS] (Rubba; & Anderson.1978; Views on Science–Technology–Society [VOSTS] (Aikenhead; & Ryan. 1992; Hogan. 2000) จนกระทั่งในปี ค.ศ.1980 วิธีการประเมินเชิงคุณภาพถูกนำมาใช้มากขึ้น เช่น การสังเกตห้องเรียน การสัมภาษณ์ เป็นต้น ทำให้สามารถศึกษามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ในเชิงลึกมากขึ้น นอกจากนี้ ลีดเดอร์แมน เวด และเบล (Lederman; Wade; & Bell. 1998) พบว่าการใช้แบบประเมินแบบเดิมนั้นมักสะท้อนมุมมองของนักพัฒนาเครื่องมือเอง หรือ เกิดอคติเกี่ยวกับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ จึงควรใช้วิธีการเชิงคุณภาพร่วมด้วย การใช้เครื่องมือเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์ มักจะสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ของผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ผู้วิจัยสนใจ มากกว่าการตั้งประเด็นไว้ก่อนแล้วตัดสินมุมมองของพวกเขา (Khalick; & Lederman. 2000)

ปัจจุบันแบบประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (The Views of Nature of Science questionnaires ; VNOS) พัฒนาโดย ลีดเดอร์แมน คาร์ลิก เบล และ ชวาทซ์ (Lederman; Abd-El-Khalick; Bell; & Schwartz. 2002) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น A B C D เป็นต้น โดยแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นี้ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด และตามด้วยการสัมภาษณ์

ผู้วิจัยเลือก VNOS C ประกอบการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือในงานวิจัยนี้ เพราะเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เข้าร่วมวิจัย คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และมีคำถามสอดคล้องกับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านการพัฒนา

ตาราง 9 เครื่องมือประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ปี (คศ)	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1954	Science Attitude Questionnaire(SAQ)	Wilson
1958	Facts About Test (FAST)	Stice
1959	Attitude Toward Science Test and Scientific Careers	Allen
1961	Test on Understanding Science (TOUS)	Cooley & Klopfer
1962	Processes of Science Test	BSCS
1966	Science Process Inventory (SPI)	Welch
1967	Wisconsin Inventory of Science Processes (WISP)	Scientific Literacy Research Center
1968	Science Support Scale	Schwirian
1968	Nature of Science Scale (NOSS)	Kimball
1969	Test on the Social Aspects of Science (TSAS)	Korth
1970	Science Attitude Inventory (SAI)	Moore & Sutman

ตาราง 9 (ต่อ)

ปี (คศ)	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1974	Science Inventory (SI)	Hungerford & Walding
1975	Nature of Science Test (NOST)	Billeh & Hasan
1975	Views of Science Test (VOST)	Hillis
1976	Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS)	Rubba
1978	Test of Science – Related Attitudes (TOSRA)	Fraser
1980	Test of Enquiry Skills (TOES)	Fraser
1981	Conception of Scientific Theories Test (COST)	Cotham; & Smith
1982	Language of Science (LOS)	Ogunniyi
1987	Views on Science – Technology – Society (VOSTS)	Aikenhead, Fleing; & Ryan
1990	Views of Nature of Science A (VNOS – A)	Lederman; & O'Malley
1992	Modified Nature of Scientific Knowledge Scale (MNSKS)	Meichtry
1995	Critical Incidents	Nott & Wellington
1998	Views of Nature of Science B (VNOS – B)	Khalick, Bell; & Lederman
2000	Views of Nature of Science C (VNOS – C)	Abd – El – Khalick & Lederman
2002	Views of Nature of Science D (VNOS – D)	Lederman; & Khishfe
2004	Views of Nature of Science E (VNOS – E)	Lederman; & Ko
2005	Scientific Epistemological View(SEVs)	Tsai; &Liu
2006	View of Science and Education Questionnaire (VOSE)	Chen

ตาราง 9 (ต่อ)

ปี (คศ)	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
2006	Student understand of science and Scientific Inquiry (SUSSI)	Liang; et. al.
2009	Myths of Science questionnaire(MOSQ)	Buaraphan
2012	Nature of Science Instrument(NOSI)	Hacieminoglu; et. al.

ที่มา: ดัดแปลงจากลีดเดอร์แมน (Lederman. 2007) และ ลีดเดอร์แมน และอะเบล (Lederman; & Abell. 2014)

ทั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของเอเคอร์สัน บูร์เซลโล และดอนเนลลี (Akerson; Buzzelli; & Donnelly. 2008) และแนวคิดของคาร์ลิก และลีดเดอร์แมน (Khalick; & Lederman. 2000) เนื่องจากสอดคล้องกับบริบทที่ผู้วิจัยศึกษาคือเป็นผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาเช่นกัน ประกอบด้วย

มุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed view) คือสามารถอธิบาย ขยายความ และยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นได้อย่างถูกต้องชัดเจนทุกประเด็น

มุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Adequate view) คือ นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความ และยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นอย่างถูกต้อง แต่มีบางประเด็นไม่ถูกต้อง หรือไม่ชัดเจน

มุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Inadequate view) คือ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน

8. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement) หมายถึง ความสำเร็จ หรือ ความสามารถของบุคคลที่ต้องอาศัยทักษะ สมรรถภาพต่างๆ หรือ ประสบการณ์เรียนรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่ง (ภาวนา วะปะแก้ว. 2555; กระทรวงศึกษาธิการ. 2545; ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์; และคนอื่นๆ. 2540) นอกจากนี้ กู๊ด (Good. 1973) ได้ให้ความหมายไว้ในทางเดียวกันคือ ผลของการรวบรวมความรู้และ

ความสามารถทางการเรียนไว้ทุกด้าน สอดคล้องกับ พิกุลรัตน์ บรรดาศักดิ์ไพศาล (2555) ซึ่งกล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลของการเรียนการสอน ทั้งเชิงเนื้อหาและ พฤติกรรม

8.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือการตรวจสอบ ความรู้ ความสามารถ ทักษะ หรือ สมรรถนะต่างๆ ที่เป็นผลจากการเรียนรู้ซึ่งวัดได้โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท

1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher made Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นครั้งคราวเท่านั้น ไม่มีการนำข้อสอบมาพัฒนาเพื่อใช้ต่อ เช่น ข้อสอบที่ใช้ทั่วไปในโรงเรียน เป็นต้น

2) แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นข้อสอบที่สร้างขึ้นโดยผ่านการวิเคราะห์มาเป็นอย่างดี มีการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ใช้สถิติเพื่อการพัฒนาข้อสอบให้มีมาตรฐาน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบ่งตามลักษณะการตอบเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) แบบปรนัย (Objective test) คือ แบบทดสอบที่มีตัวเลือกเช่น แบบถูกผิด (True-False), แบบจับคู่ (Matching), แบบจัดลำดับ (Rearrangement), แบบเลือกตอบ (Multiple choice) เป็นต้น

2) แบบอัตนัย (Subjective test) คือ แบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องใช้ความสามารถทางภาษาในการเขียนตอบ โดยแบบทดสอบรูปแบบนี้สามารถนำมาใช้วัดผลได้หลายด้าน เช่น ความรู้ ความคิดขั้นสูง เจตคติ เป็นต้น

8.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสมอง สติปัญญา 2) ด้านจิตพิสัย (Psychomotor domain) คือ ค่านิยม ความรู้สึก เจตคติและ 3) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) คือ พฤติกรรมด้านการปฏิบัติ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวิจัยนี้นั้นสอดคล้องกับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย โดย (Bloom; et al. 1956) แบ่งได้เป็น 6 ระดับดังนี้

1) ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจดจำ สิ่งที่ได้เรียนรู้ การจำแนก ประสพการณ์ต่างๆ และระลึกได้อย่างถูกต้อง เช่น สูตรต่างๆ ทฤษฎี เป็นต้น

2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความเข้าใจในสิ่งที่จำ เช่น การบอก ความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความหลัก การตีความ การสรุปใจความสำคัญ เป็นต้น

3) การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎเกณฑ์ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทใหม่ๆ

4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะข้อมูล และกระจาย ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้อย่างชัดเจนเพื่อศึกษาและหาความสัมพันธ์

5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการนำข้อมูลส่วนย่อยๆ มาผสมผสานเป็นองค์รวมโดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

6) การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการใช้เกณฑ์วินิจฉัยหรือตัดสินกระทำหรือข้อมูลต่างๆ

การวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายว่า หมายถึงคะแนนในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณาครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่และพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ บลูม (Bloom; et al.1956) ซึ่งมี 3 องค์ประกอบได้แก่

1) ความรู้ (Knowledge) คือ ความสามารถในการรับรู้ รักษาความรู้ และจดจำความรู้ เช่น ความรู้เกี่ยวกับ กฎ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง วิธีการ เป็นต้น

2) ความเข้าใจ (Comprehension) คือ ความสามารถในการเรียนรู้ จำ และสื่อสารได้ เช่นการจำแนก การแปลความ การตีความ และการขยายความ

3) การวิเคราะห์ (Analysis) คือ ความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยอาศัย หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบดังกล่าวสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH โดยมีพื้นฐานมาจากการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหา หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งเพราะเป็นการเรียนรู้จากบริบทจริง มีการวิเคราะห์หลักฐานจากข้อมูลเพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล (Kingir; Geban; & Gunel. 2012 Villanueva; & Brian Hand. 2011; Ford. 2008)

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งเพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 148 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 63 คน และนักเรียนหญิง 85 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งมาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักเรียนกลุ่มดังกล่าว เพราะนักเรียนทั้ง 2 ห้องมีปริมาณเท่ากัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา คละกัน เช่นเดียวกับกลุ่มประชากร

กลุ่มทดลอง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 17 คน และนักเรียนหญิง 27 คน ที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่จัดการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

กลุ่มควบคุม

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 44 คน โดยเป็นนักเรียนชาย 18 คน และนักเรียนหญิง 26 คน ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ซึ่ง จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

ระยะเวลาในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยใช้เวลา ในการทดลอง 16 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเองทั้ง 2 กลุ่ม และมีการ สอบ และสอนซ่อมเสริมในภายหลัง กรณีที่นักเรียนขาดเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

วิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment) โดยใช้แบบแผนทดสอบก่อน และหลัง และมีกลุ่มควบคุม (Control Group Pretest-Posttest Design) (Campbell; &Stanley. 1963) มีกลุ่มตัวอย่างซึ่งจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้ รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH และกลุ่มควบคุมซึ่งจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) โดยมีการเก็บข้อมูลก่อน และหลังการทดลอง ดังตารางที่ 10

ตาราง 10 การเก็บข้อมูล

กลุ่ม	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E	T ₁	X	T ₂
C	T ₁	X _c	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E หมายถึงกลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง

C หมายถึงกลุ่มควบคุมซึ่งสอนโดยวิธีปกติ

T₁ หมายถึง การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest)

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

X_c หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

T₂ หมายถึง การทดสอบหลังการเรียนรู้ (Posttest)

การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ในการศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยมีรากฐานจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Anderson. 2002; Weiss; Pasley; Smith; Banilower; & Heck. 2003; Portes; & Ochs. 2003; Barrow. 2006; Haney; & McArthur. 2002) การจัดการเรียนรู้ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Hand; Treagust; & Vance. 1997) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Piaget. 1978) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Slavin. 1988)

2. นโยบายและการจัดการเรียนรู้ในระดับชาติ และนานาชาติ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551) มาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษายุคใหม่ (Next Generation Science Standards: NGSS) ผลการเรียนรู้วิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม (สสวท.) สรุปผลการประเมิน PISA 2012 และ PISA 2015 ลักษณะสำคัญทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Lederman; et al. 2002) มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน "ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์" ภายนอก และภายในประเทศไทย (ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทรกุล; และ ชาทรี ฝ่ายคำตา. 2556) สรุปได้ว่า มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเนื้อหาเกี่ยวกับเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ถูกบรรจุไว้ในหลักสูตรระดับชาติ และนานาชาติ แต่จากผลการประเมินในการทดสอบนานาชาติ คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และนักเรียนบางส่วนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ เพื่อกำหนดเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

3. รูปแบบการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัย และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (Bybee; et al. 2006) รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และเทคนิค SWH และข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ (Herron.

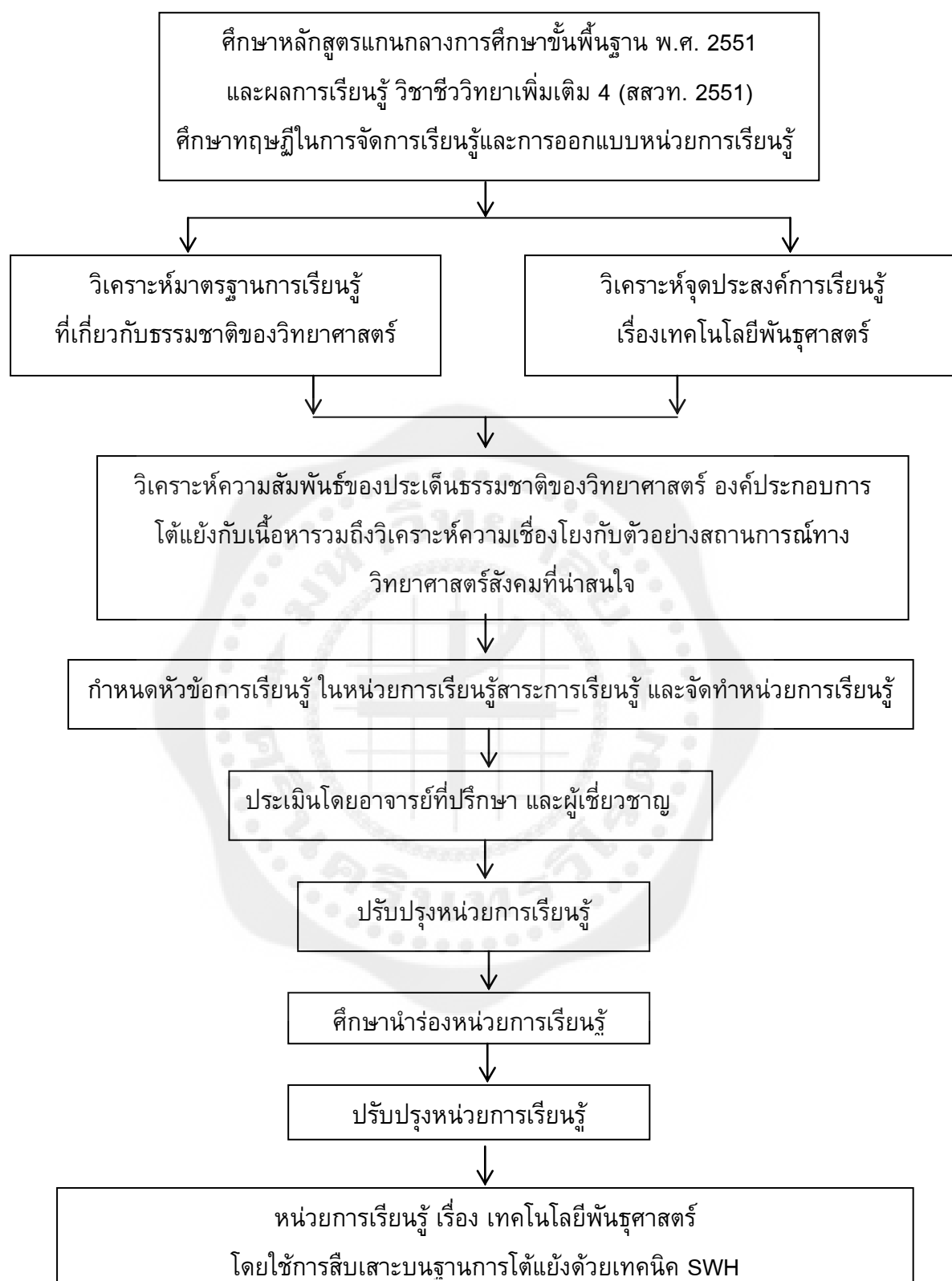
1971; Shulman; & Tamir. 1973; Egan. 2013) สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ 5E เป็นรูปแบบที่สำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนะนำให้ครูใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท. 2546) แต่อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัด เช่น การแสดงถึงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ทั้งนี้การพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการเชื่อมโยงประสบการณ์กับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการขาดความสอดคล้องกับสภาพจริงโดยขึ้นอยู่กับครูที่สอน ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าครูนำรูปแบบการสอนไปใช้อย่างขาดความเข้าใจทำให้เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Faikhamta; & Ladachart. 2016) ในขณะที่เทคนิค SWH มีข้อจำกัดในขั้นการอ่านซึ่งอาจไม่ได้รับความร่วมมือจากนักเรียนทำให้การดำเนินการไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และเทคนิค SWH ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ จุดประกายความคิด (Beginning idea) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ขั้นโต้แย้ง (Argumentation) และขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflection) ทั้งนี้ผู้วิจัยนำรูปแบบดังกล่าวใช้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 2 ประเภทคือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และแบบสังเกตการสอน

1. หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในการจัดการเรียนรู้ โดยมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการโต้แย้งเพื่อตรวจสอบความรู้ที่สร้างขึ้นโดยให้ความสำคัญกับเหตุผล หลักฐาน เชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ในสภาพจริง และสะท้อนแนวคิดของตนที่เปลี่ยนแปลงไป หรือสิ่งที่เรียนรู้ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แผนผังแสดงขั้นตอนการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ วิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 4 และ หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้ง นำมาวิเคราะห์ สาระการเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ การโต้แย้ง แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 การกำหนดผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการ และความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- มนุษย์ได้มีการนำความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุวิศวกรรม การโคลน และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มาใช้ในการพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ มากขึ้น และแพร่หลาย - การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่สร้างสิ่งมีชีวิตใหม่เกิดขึ้น หรือสิ่งมีชีวิตที่มีการดัดแปรพันธุกรรมส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านที่เป็นประโยชน์ และโทษต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม
มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน	-
ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่ยั่งยืน	-
พื้นฐานของความรู้ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจ ตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้	

ตาราง 11 (ต่อ)

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูลแปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้	- มนุษย์ได้มีการนำความรู้ทางเทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุวิศวกรรม การโคลน และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มาใช้ในการพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้าในด้านต่างๆ มากขึ้น และแพร่หลาย
ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึก และอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิม อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูล และประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่ การยอมรับเป็นความรู้ใหม่	- การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่สร้างสิ่งมีชีวิตใหม่เกิดขึ้น หรือสิ่งมีชีวิตที่มีการดัดแปรพันธุกรรม ส่งผลกระทบทั้งทางด้านที่เป็นประโยชน์ และโทษต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม
ผลการเรียนรู้ 1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีทาง DNA และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ	- เทคโนโลยีทาง DNA เป็นเทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ การเพิ่มปริมาณ DNA การวิเคราะห์ DNA และการศึกษาจีโนม - การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ เป็นวิธีการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะเพื่อตัดสาย DNA บริเวณที่มีลำดับเบสจำเพาะ และเชื่อมสาย DNA ที่ถูกตัดแล้วมาต่อกันด้วยเอนไซม์ DNA ไกลเอส - การเพิ่มปริมาณ DNA เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการโคลน DNA ทำได้โดยอาศัย DNA พหุวะ เช่น พลาสมิดของแบคทีเรีย หรือการโคลน DNA ในหลอดทดลองโดยเทคนิคพอลิเมอร์เชนรีแอกชัน

ตาราง 11 (ต่อ)

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
	- การวิเคราะห์ DNA ทำได้โดยการแยกขนาดและรูปร่างของโมเลกุลของ DNA โดยกระบวนการเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส ผลของการวิเคราะห์ DNA จะทำให้ได้แถบ DNA ขนาดต่าง ๆ - การศึกษาจีโนมทำได้โดยการวิเคราะห์ ความแตกต่างของรูปแบบ ของแถบ DNA ที่เกิดจากการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมได้

1.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับเนื้อหา รวมถึงวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับตัวอย่างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับสภาพจริง ส่วนประกอบการโต้แย้ง และกำหนดหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์ และหัวข้อการเรียนรู้ ซึ่งหน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 9 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 16 คาบ ดังตาราง 12

ตาราง 12 การวิเคราะห์จุดประสงค์และสาระการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์			คาบ
	ผลสัมฤทธิ์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ความสามารถในการโต้แย้ง	
บทนำ:คดีปริศนา นำเข้าสู่รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ บนฐานการโต้แย้ง ด้วยเทคนิค SWH		NOS 2		1
1. กรรไกรระดับ โมเลกุล	เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับ เอนไซม์ตัดจำเพาะและ การทำงานของเอนไซม์ ตัดจำเพาะได้	NOS 2	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2

ตาราง 12 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้	จุดประสงค์			คาบ
	ผลสัมฤทธิ์	ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	ความสามารถใน การโต้แย้ง	
2. การโคลนยีน	1. เพื่อให้นักเรียน อธิบายการโคลนยีน หรือ การโคลนดีเอ็นเอ (DNA Cloning) 2. เพื่อให้นักเรียน สามารถอภิปรายการ โคลนยีน และ เปรียบเทียบวิธีการ โคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย และเทคนิคพีซีอาร์	NOS 1, NOS 2	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	1
3. พันธุวิศวกรรม	เพื่อให้นักเรียนสามารถ อธิบาย อภิปราย และ สืบค้นเกี่ยวกับ กระบวนการ พันธุวิศวกรรม และ ขั้นตอนของเทคนิค พันธุวิศวกรรม	NOS 2	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2
4. GMOs อาหาร แห่งอนาคต หรือ ภัย ร้ายใกล้ตัว	เพื่อให้นักเรียน วิเคราะห์ และอภิปราย เกี่ยวกับความปลอดภัย ทางชีวภาพและการนำ สิ่งมีชีวิตดัดแปร พันธุกรรมมาใช้ ประโยชน์ด้านการสร้าง พืช และสัตว์ดัดแปร พันธุกรรม	NOS 1, NOS 3	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2

ตาราง 12 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้ที่	จุดประสงค์			คาบ
	ผลสัมฤทธิ์	ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	ความสามารถใน การโต้แย้ง	
5. จีโนมมนุษย์กับ ชีวิตที่เลือกได้	เพื่อให้นักเรียน สามารถอธิบาย วิเคราะห์ ผลการแยก ขนาดชิ้นส่วนดีเอ็นเอ โดยวิธีเจลอิเล็กโทรโฟ ริซิส และการ ประยุกต์ใช้ประโยชน์ เพื่อศึกษาจีโนมมนุษย์	NOS 2	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2
6. เทคโนโลยีพันธุ ศาสตร์กับปัญหาด้าน จริยธรรม	เพื่อให้นักเรียนอธิบาย และอภิปรายเกี่ยวกับ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ การนำไปใช้ได้อย่าง ปลอดภัย และคำนึงถึง คุณธรรมจริยธรรม	NOS 1, NOS 2, NOS 3	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2
7. เทคโนโลยีพันธุ ศาสตร์กับความหวัง แห่งอนาคต	เพื่อให้นักเรียนสามารถ อภิปราย และวิเคราะห์ แนวโน้มการนำ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้ ประโยชน์ในอนาคต	NOS 2, NOS 3	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2
8. ยอดนักสืบ	เพื่อให้นักเรียนสามารถ นำความรู้ความเข้าใจ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ แก้ปัญหาใน สถานการณ์เสมือนจริง ได้	NOS 2	เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าว อ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐาน อย่างมีเหตุผล	2
รวม				16

หมายเหตุ : NOS 1 = การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

NOS 2 = การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

NOS 3 = มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

1.3 กำหนดประเด็นการโต้แย้งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์ประเด็นการโต้แย้งที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ และมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 13

ตาราง 13 ประเด็นการโต้แย้งในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้	ประเด็นการโต้แย้ง	เวลา (คาบ)
บทนำ:คดี ปริศนา นำเข้าสู่รูปแบบ การเรียนรู้แบบ สืบเสาะบนฐาน การโต้แย้งด้วย เทคนิค SWH	นักเรียนโต้แย้งเกี่ยวกับสถานการณ์ คดีปริศนา โดยนักเรียน ต้องโต้แย้งว่าใครคือคนร้าย	1
1. กรรไกรระดับ โมเลกุล	นักเรียนโต้แย้งประเด็นการเลือกใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะที่เหมาะสมที่สุด	2
2. การโคลนยีน	นักเรียนโต้แย้งประเด็นการเลือกวิธีการโคลนยีนเพื่อสร้าง โปรตีนป้องกันโรคจากพืชที่พบในแมมมอธซึ่งถูกแช่แข็ง	1
3. พันธุ วิศวกรรม	นักเรียนโต้แย้งประเด็นการเลือกกระบวนการสร้าง <i>E.coli</i> ที่สามารถ ผลิตฮอร์โมนอินซูลินของมนุษย์ได้สมบูรณ์ที่สุด	2
4. GMOs อาหารแห่ง อนาคต หรือ ภัย ร้ายใกล้ตัว	นักเรียนโต้แย้งประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคต หรือ ภัย ร้ายใกล้ตัว	2
5. จีโนมมนุษย์ กับชีวิตที่เลือก ได้	นักเรียนโต้แย้งประเด็นใครคือพ่อแม่ของ ไซโกะจากข้อมูลแถบ DNA ที่กำหนด	2

ตาราง 13 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ประเด็นการโต้แย้ง	เวลา (คาบ)
6. เทคโนโลยี พันธศาสตร์กับ ปัญหาด้าน จริยธรรม	นักเรียนโต้แย้ง โดยได้ว่าที่ใน 3 ประเด็นได้แก่ - อัมบุญคือโอกาสหรือสุญญากาศทางจริยธรรม -ฐานข้อมูลจีโนมส่วนบุคคลนำไปสู่นวัตกรรมสุดล้ำหรือ จุดเริ่มต้นการโจรกรรมทางพันธุกรรม - โคลนนิ่งมนุษย์สุดยอต่อทางความคิดหรือวิกฤติด้านคุณธรรม	2
7. เทคโนโลยี พันธศาสตร์กับ ความหวังแห่ง อนาคต	นักเรียนนำเสนอนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีพันธศาสตร์ในอีก 100 ปีข้างหน้า และโต้แย้งประเด็นความเป็นไปได้ ความ เหมาะสม และความคุ้มค่า	2
8. ยอดนักสืบ	นักเรียนโต้แย้งเพื่อคลี่คลายคดีจาก หลักฐานต่าง ๆ โดย ใช้ความรู้ด้านเทคโนโลยีพันธศาสตร์	2

1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบหน่วยการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สารสำคัญ

1.4.4 วิธีการจัดกิจกรรม

1.4.5 การวัด และการประเมินผล

1.4.6 สื่อ และอุปกรณ์

1.4.7 เอกสารอ้างอิง

ขั้นตอนในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 นำหน่วยการเรียนรู้ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท พิจารณาด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องกับจุดประสงค์ ความยากง่าย การจัดการเรียนรู้ การประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ แล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ

1.2 นำหน่วยการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านชีววิทยา วิทยาศาสตร์ศึกษา และการสอน เพื่อประเมิน ความสอดคล้อง ความถูกต้อง และความเหมาะสม ขององค์ประกอบต่างๆในหน่วยการเรียนรู้ และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้การประเมินเป็นแบบสอบถามแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับคือ ถูกต้อง/เหมาะสม/สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง จำนวน 8 ข้อ และข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนี

ความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.0 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1.2.1 เครื่องมือประเมินควรระบุให้ชัดเจนว่าเป็นแบบวัด แบบทดสอบ แบบบันทึก

1.2.2 ควรใช้คำถามที่ชัดเจนขึ้น

1.2.3 พิจารณาเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรมการสอน

1.2.4 ควรเขียนเรื่อง GMOs ให้ครอบคลุมทุกด้าน

1.2.5 ควรระบุเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนขึ้น

การศึกษานำร่อง

1.1 นำหน่วยการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 2 จำนวนจำนวน 1 ห้องเรียน พบปัญหา และอุปสรรค เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุป เพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ทดลองเก็บข้อมูลจริง ดังนี้

1.1.1 ครูควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจความหมายของข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานให้ชัดเจนในบทนำ เพราะผู้วิจัยสังเกตพบว่าการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีความสับสนระหว่างหลักฐาน และเหตุผล หลังจากอธิบายให้เข้าใจแล้วพบว่านักเรียนสามารถดำเนินการตามรูปแบบการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ได้ดีขึ้น โดยสามารถระบุเหตุผล และหลักฐานได้ถูกต้องตั้งแต่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นต้นไป

1.1.2 ในช่วงแรกของการใช้หน่วยการเรียนรู้ครูควรสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเอง และกระตุ้นให้นักเรียนกล้าพูด กล้าแสดงความคิดเห็น โดยในบทนำ-แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีการอภิปรายภายในกลุ่ม 1-2 ประโยคต่อคน

1.1.3 ขั้นตอนการสร้างข้อกล่าวอ้าง ครูควรเน้นกับนักเรียนให้คิดด้วยตนเอง และบันทึกสิ่งที่ตนคิดก่อนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในขั้นต่อไป โดยไม่ต้องกลัวว่าจะตอบผิด ไม่มีผลต่อคะแนน เพราะผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนไม่มั่นใจในคำตอบของตนมักถามเพื่อนก่อนที่จะคิด ในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 แต่เมื่อนักเรียนได้รับคำชี้แจงแล้วกล้าที่จะเริ่มต้นคิด และบันทึกด้วยตนเอง ในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-8

1.1.4 ครูควรตั้งกติกาในชั้นโต้แย้งโดยให้สลับหน้าที่การนำเสนอให้เปลี่ยนคนทุกครั้ง จนกว่าจะนำเสนอครบทุกคนในกลุ่ม เพราะผู้วิจัยพบว่าแต่ละกลุ่มมักให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งเป็นผู้นำเสนอซ้ำๆ

1.1.5 ชั้นโต้แย้งที่นักเรียนร่วมกันโต้แย้งทั้งห้อง ในช่วง บทนำ-แผนที่ 3 ครูควรใช้คำถามการโต้แย้ง เช่น มีใครไม่เห็นด้วยกับแนวคิดนี้ไหม ไม่เห็นด้วยเพราะอะไร มีหลักฐานสนับสนุนไหม เพราะนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการโต้แย้ง แต่หลังจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 พบว่านักเรียนสามารถโต้แย้งประเด็นต่างๆ ได้ด้วยตนเอง

1.1.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พันธวิศกรรม เพิ่มเวลาจาก 1 คาบ เป็น 2 คาบ เพราะเป็นเรื่องที่นักเรียนต้องนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนเรื่องต่อไป อีกทั้งนักเรียนใช้เวลาในการวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบมาก ทำให้ทำกิจกรรมไม่ทันเวลาตามที่กำหนด

1.2 ปรับปรุงจากผลการนำหน่วยการเรียนรู้ไปทดลองใช้จริง

2. แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งพัฒนาจาก จาก View of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) (Lederman; et al. 2002) โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากงานวิจัยที่ผ่านมาดังตาราง 6 พบว่า การจัดการเรียนการสอนในเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งในระดับชั้นมัธยมศึกษา มี มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และรูปแบบการเรียนรู้ ได้แก่ การถูก เหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การอิงหลักฐาน เชิงประจักษ์ และ มิติทางสังคมและวัฒนธรรม ผู้วิจัยจึงเลือกเฉพาะคำถามที่ตรงกับมุมมองต่อ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สนใจ และปรับปรุงเพิ่มเติมจาก VNOS Form-C เนื่องจากเป็นแบบวัดที่ ได้รับการยอมรับ นำไปใช้แพร่หลาย อีกทั้งครอบคลุมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัย สนใจทั้ง 3 ด้าน และ เหมาะสมกับวัยในกลุ่มที่ผู้วิจัยศึกษา คือผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อีกทั้งบริบทสอดคล้องกับกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา โดยการนำแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์มาใช้ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

2.1 ศึกษาเอกสาร หลักการที่เกี่ยวข้องกับความรู้และเนื้อหาธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ได้แก่

2.1.1 กรอบเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ ลีดเดอร์แมน และ คณะ (Lederman; et al.2002) ซึ่งใช้เป็นกรอบในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดมุมมองต่อธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ เครื่องมือนี้คือ View of Nature of Science Form C (VNOS Form-C)

2.1.2 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

2.1.3 เป้าหมายการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปเป็นกรอบในการกำหนดประเด็นคำถาม

2.1.4 ศึกษาข้อเด่นข้อด้อยของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ในแต่ละรูปแบบ

2.1.5 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าประเด็นใดบ้างที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือเข้าใจ คลาดเคลื่อนเพื่อนำมากำหนดข้อคำถาม

2.2 วิเคราะห์มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่สอดคล้องกับเนื้อ และการโต้แย้งเพื่อใช้สร้างแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.3 นำคำถามจากแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (VNOS-C) มาปรับปรุงพัฒนาเพื่อให้ได้คำถามที่สอดคล้องกับบริบทในหน่วยการเรียนรู้ ดังตาราง 14

ตาราง 14 รายละเอียดแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา

มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Aspects)	ข้อที่
1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1,2
2. การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	3,4
3. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์	5,6

จากตาราง 14 แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด 6 ข้อ ซึ่งรายละเอียดประเด็นที่ต้องการวัด ครอบคลุมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ประเด็นได้แก่

2.3.1 การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 มิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 นำแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.2 นำแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมิน ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้การประเมินเป็นแบบสอบถามแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือ ถูกต้อง/เหมาะสม/สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง และข้อเสนอแนะ

แบบปลายเปิด แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.0 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

2.2.1 ควรเพิ่มประเด็นการลงความเห็นในแนวการตอบ

2.2.2 แนวการตอบข้อ 2 ควรเป็นการใช้หลักฐานผลสากับจินตนาการ นำไปสู่การ

อธิบาย

2.2.3 ควรศึกษานำร่องเพื่อดูแนวโน้มของคำตอบนักเรียน

การศึกษานำร่อง

2.1 แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวนจำนวน 1 ห้องเรียน พบปัญหา และอุปสรรค เกิดขึ้นระหว่างการใช้แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุป เพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ทดลองเก็บข้อมูลจริง ดังนี้

2.1.1 คำถามข้อ 3 นักเรียนจำนวนมากไม่เข้าใจคำถาม และแสดงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ไม่ตรงกับประเด็นที่ต้องการวัดจึงปรับปรุงคำถาม โดยยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ชัดเจน และเข้าใจง่ายขึ้น

2.1.2 ปรับปรุงสถานการณ์คำถามข้อ 5 ให้สอดคล้องกับประเด็นมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ มากขึ้นเพราะ คำตอบของนักเรียนส่วนมากไม่ครอบคลุมประเด็นดังกล่าว

2.1.3 ปรับปรุงแนวการตอบคำถามให้สอดคล้องกับคำตอบของนักเรียนที่ได้จากการศึกษานำร่อง

2.2 นำผลจากการศึกษานำร่องไปปรับปรุงแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และนำไปใช้ทดลองจริง

3. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ โดยใช้ 3 สถานการณ์โต้แย้ง ประเด็นละ 4 ข้อ รวมเป็น 12 ข้อ ซึ่งปรับปรุงจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (The Argumentation Skills Questionnaire; ASQ) ของลิน และมินท์ซ (Lin; & Minitze. 2010: 993-1017) เพราะ ใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับบริบทของหน่วยการเรียนรู้ และมีเกณฑ์ที่ระบุตามองค์ประกอบในการโต้แย้งที่ชัดเจนได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claims) การให้เหตุผล (Warrants) การโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง (Counterarguments) การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive arguments) และหลักฐาน (Evidences)

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.1 ศึกษาเอกสาร หลักการที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน

3.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งโดยพัฒนาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ ลิน และ มินท์ส (Lin; & Mintzes. 2010: 11-13) ซึ่งเป็นแบบทดสอบประเภท อัตนัย ประกอบด้วยคำถามจาก 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวม 12 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 1 ชั่วโมง ซึ่งคำถามแต่ละข้อวัดองค์ประกอบของการโต้แย้งที่แตกต่างกันดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล (Claims and warrants) 2) การโต้แย้ง (Counterarguments) 3) การโต้แย้งเพื่อการสนับสนุน (Supportive argument) 4) การระบุหลักฐาน (Evidence) ดังตาราง 15

ตาราง 15 เกณฑ์ให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้ง

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
1. ข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล (Claims And warrants)	ไม่ตอบหรือไม่เห็นข้อขัดแย้ง	ไม่ตอบ หรือตอบว่าไม่รู้	ให้ 0 คะแนน
	ตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยแต่ไม่มีเหตุผลสนับสนุน	เห็นด้วย, ไม่เห็นด้วย	ให้ 1 คะแนน ทั้งเห็นด้วย และไม่เห็นด้วย
	ตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยและแสดงเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	เห็นด้วย เพราะ... ไม่เห็นด้วยเพราะ...	ให้ 1 คะแนน สำหรับความคิดเห็นทั้งเห็นด้วย และไม่เห็นด้วย และบวกคะแนนเพิ่มกรณีที่เหตุผลถูกต้อง 1 เหตุผลให้ 1 คะแนน 2 เหตุผลขึ้นไปให้ 2 คะแนน

ตาราง 15 (ต่อ)

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
2. การโต้แย้ง (เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบข้อ 1) (Counterarguments)	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ , ให้ความเห็นแต่ไม่ระบุเหตุผล	ให้ 0 คะแนน
	มีเหตุผลที่ตรงประเด็นตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไปโดยเป็นเหตุผลที่ขัดแย้งกับข้อ 1	เห็นด้วยเพราะ... ไม่เห็นด้วยเพราะ...	ให้ 1 คะแนนสำหรับเหตุผลที่ขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างในข้อที่ 1 และบวกคะแนนเพิ่มกรณีที่เหตุผลถูกต้อง 1 เหตุผลให้ 1 คะแนน 2 เหตุผลขึ้นไปให้ 2 คะแนน
3. การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive argument)	ไม่มีคำตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ ให้ความเห็นแต่ไม่ระบุเหตุผล	ให้ 0 คะแนน
	ขยายความ และแสดงหลักฐานสอดคล้องกับการตอบคำถามในข้อ 1	การตรวจสอบ พันธุกรรมก่อนการฝังตัวของตัวอ่อนมีข้อดีคือ.... ดังนั้น.....	ให้ 1 คะแนน และบวกคะแนนเพิ่มสำหรับเหตุผลใหม่เพิ่มเติม 1 คะแนน
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้งโดยให้เหตุผลโต้แย้งกับคำถามข้อ 2	ทารกที่เกิดจากการคัดเลือกตัวอ่อนไม่ต้องการมาจากโรค จึงไม่ขัดต่อชีวจริยธรรม	ให้เพิ่มอีก 1 คะแนน กรณีเหตุผลโต้แย้งกับคำตอบในข้อ 2

ตาราง 15 (ต่อ)

คำถาม	แนวการตอบคำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
4. หลักฐาน (Evidence)	ไม่มีหลักฐานมาสนับสนุนการอธิบาย, ไม่ตอบ	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ	ให้ 0 คะแนน
	แสดงหลักฐาน สอดคล้องกับข้อกล่าว อ้างในข้อที่ 1	จากกรณีตัวอย่าง... ดังนั้น...	ให้ 1 คะแนน และ บวกคะแนนเพิ่ม สำหรับแต่ละหลักฐาน เพิ่มเติม 1 หลักฐาน ให้ 1 คะแนน 2 หลักฐาน ให้ 2 คะแนน

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อพิจารณาด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับประเด็นการประเมินซึ่งเป็นองค์ประกอบของการโต้แย้ง

3.2 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ศึกษา และชีววิทยา เพื่อประเมิน ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งที่ประเมิน และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้การประเมินเป็นแบบสอบถามแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับคือ ถูกต้อง/เหมาะสม/สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง และข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 (รายละเอียดดังภาคผนวก ก)

ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

3.2.1 เกณฑ์การให้คะแนนควรปรับปรุงให้แต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้งมีคะแนนเต็มเท่ากัน

3.2.2 ไม่ควรใส่องค์ประกอบของการโต้แย้งที่ประเมินในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งสำหรับนักเรียน

3.2.3 ข้อ 2.2 ควรแก้ไขให้คำถามมีข้อความที่สั้น และเข้าใจง่ายมากขึ้น

การศึกษานำร่อง

3.1 นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวนจำนวน 1 ห้องเรียน พบปัญหา และอุปสรรค เกิดขึ้นระหว่างการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ซึ่งผู้วิจัยได้สรุป เพื่อปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ทดลองเก็บข้อมูลจริง ดังนี้

3.1.1 ควรเพิ่มเติมคำถามให้ครอบคลุม และเน้นการระบุหลักฐานให้ครบทุกหลักฐาน เพราะผู้วิจัยพบว่าคำตอบของนักเรียนส่วนมากระบุหลักฐานเพียง 1 หลักฐาน

3.1.2 ควรเพิ่มการอธิบายเชื่อมโยงหลักฐานในคำถามเพื่อให้คำตอบของนักเรียนประกอบด้วยเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับหลักฐานอย่างชัดเจนขึ้น

3.2 นำผลจากการศึกษานำร่องไปปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวมเป็นคะแนนเต็ม 30 คะแนน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

4.1 ศึกษาแนวคิด งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวิธีการสร้างข้อสอบแบบปรนัย

4.2 วิเคราะห์ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามหลักทฤษฎีของบลูม ประกอบด้วย ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการกำหนดจำนวนข้อสอบ

4.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 60 ข้อ

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

4.1 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับกับจุดประสงค์ที่ประเมิน

4.2 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ด้านชีววิทยา วิทยาศาสตร์ศึกษา และการสอน เพื่อประเมิน ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของคำถามกับจุดประสงค์ที่ประเมิน และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้การประเมินเป็นแบบสอบถามแบบ มาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับคือ ถูกต้อง/เหมาะสม/สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง และข้อเสนอแนะแบบปลายเปิด แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนี

ความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.5 (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

4.2.1 คำถามควรชัดเจน หลีกเลี่ยงการใช้ภาษาที่ตีความได้หลายความหมาย

4.2.2 จุดประสงค์ควรระบุให้ชัดเจนขึ้น

4.3 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวนจำนวน 1 ห้องเรียน

4.4 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยตรวจให้คะแนน ข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ผิด หรือไม่ได้ตอบให้ 0 คะแนน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) และค่าความยากง่าย (Difficulty) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 27 % ของจุงเตห์ ฟาน (Fun.1992) แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมจำนวน 30 ข้อ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 (Ferguson.1976: 428) โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.78

การศึกษานำร่อง

4.1 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในคำถาม และทำเสร็จภายในเวลา 1 ชั่วโมง

4.2 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง

5. แบบสังเกตการสอน

แบบสังเกตการสอนสร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งมุ่งศึกษาการสนทนา ปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนกับเพื่อน และนักเรียนกับครู ในบริบทของชั้นเรียน ตามสภาพจริง (Creswell. 2007) โดยบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ และผลที่เกิดขึ้น จากสิ่งที่สังเกตได้ในห้องเรียนและการถอดเทปบทสนทนาของผู้เรียนระหว่างการเรียน นำมาบันทึกหลังการสอนทุกครั้งซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

5.1 ศึกษารูปแบบของแบบสังเกตการสอนเพื่อกำหนดประเด็นการบันทึก

5.2 สร้างแบบสังเกตการสอน โดยประกอบด้วย 3 ประเด็นได้แก่ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งของนักเรียน และบรรยากาศในการเรียน

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

5.1 นำแบบสังเกตการสอนไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาด้าน ความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องกับสิ่งที่สังเกต

5.2 นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ด้าน ชีววิทยา วิทยาศาสตร์ศึกษา และการสอนชีววิทยา และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

การศึกษานำร่อง

5.1 นำแบบสังเกตการสอนที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วศึกษานำร่องกับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน พบว่าสามารถใช้ บันทึก บทสนทนาตามสภาพจริง ในประเด็นมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และบรรยากาศในชั้นเรียน

5.2 นำแบบสังเกตการสอนไปใช้เก็บข้อมูลจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. นำหนังสือขออนุญาตการทำวิจัยไปให้โรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง
2. เลือกนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)
3. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ตรวจและให้คะแนน หรือ จัดกลุ่ม
4. ผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง ใช้เนื้อหาเดียวกันทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ใช้ ระยะเวลาเท่ากันคือ 16 คาบ คาบละ 50 นาที โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วย การเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในขณะที่กลุ่ม ควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)
5. ผู้วิจัยบันทึกแบบสังเกตการสอนทุกคาบเรียน และ ประเมินมุมมองต่อธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้งจากแบบทดสอบในแต่ละเรื่อง และถอดเทปบันทึกการ สนทนาในชั้นเรียน บันทึกในแบบสังเกตการสอน
6. ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียน เมื่อเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ครบตามที่กำหนด โดยใช้ แบบมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบวัดผล สัมฤทธิ์ในการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

7. ตรวจสอบให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน จัดกลุ่มมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากแบบมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

8. ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างก่อน และหลังเรียน ในการเก็บข้อมูลเพื่อสนับสนุน มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้ง ของนักเรียน จำนวน 30 คนโดย 15 คนจากกลุ่มทดลอง และ 15 คน จากกลุ่มควบคุม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้จากการตอบแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมาวิเคราะห์รายข้อ โดยอ่านคำตอบอย่างละเอียด กำหนดรหัสเพื่อแทนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นที่ศึกษา ลงรหัสความเข้าใจในแบบวัดแต่ละข้อ และอ่านคำตอบของผู้เรียนอีกครั้งเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและนำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ บทสนทนาในชั้นเรียน และการวิเคราะห์บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้มาประกอบทั้งนี้เป็นการตีความร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยผู้วิจัยแบ่งความเข้าใจออกเป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของเอเคอร์สัน บูซเซลลี และดอนเนลลี (Akerson; Buzzelli; & Donnelly. 2008) และแนวคิดของคาร์ลิก และลีเดอร์แมน (Khalick; & Lederman. 2000) เนื่องจากสอดคล้องกับบริบทที่ผู้วิจัยศึกษาคือเป็นผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาเช่นกัน ประกอบด้วย

มุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed view) คือสามารถอธิบาย ขยายความ และยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนทุกประเด็น

มุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Adequate view) คือนักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความ และยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นอย่างถูกต้อง แต่มีบางประเด็นไม่ถูกต้อง หรือไม่ชัดเจน

มุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Inadequate view) คือ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน ไม่ตอบคำถาม หรือตอบในเชิงไม่สอดคล้องกับคำถามถือว่าผู้เรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มนี้

ทั้งนี้นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ตามแนวแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาประกอบการจัดกลุ่ม

2. หลังจากการจัดกลุ่มมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ระบุความถี่ของจำนวนนักเรียนที่ถูกจัดในแต่ละกลุ่ม นำข้อมูลมาเข้ารหัสดังนี้ ตัวอักษร A แทนนักเรียนกลุ่มทดลอง B แทนนักเรียนกลุ่มควบคุม ตัวเลขแทนลำดับของนักเรียน เช่น A10 หมายถึง นักเรียนคนที่ 2 จากกลุ่มทดลอง ทั้งนี้การเข้ารหัสนำไปสู่การสรุปผลที่ชัดเจน

3. นำความถี่มารวมกันและหาร้อยละของแต่ละกลุ่มมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
4. วิเคราะห์เปรียบเทียบมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม และเปรียบเทียบร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม
5. นำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียน จาก แบบสังเกตการสอน และแบบทดสอบมาวิเคราะห์การพัฒนาของนักเรียนโดยการวิเคราะห์ข้อความ (discourse analysis) เช่น บทสนทนาที่แสดงถึงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การตอบคำถามในแบบทดสอบ เป็นต้น
6. วิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลองโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample) เปรียบเทียบก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)
7. เปรียบเทียบร้อยละของคะแนนการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม
8. นำข้อมูลจากการถอดเทปบันทึกเสียงการสนทนาระหว่างเรียน แบบสังเกตการสอน แบบทดสอบวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งของผู้เรียนระหว่างเรียนโดยพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์จากกรอบแนวคิดของ ของ ลิน และ มินท์ส (Lin; & Mintzes. 2010: 11-13) และวิเคราะห์จากข้อความ ในประเด็นที่เป็นองค์ประกอบของการโต้แย้งได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล การโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง และการโต้แย้งเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แล้วนำผลการวิเคราะห์ไปสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน
9. วิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยหาค่าเฉลี่ย แล้วเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538)
10. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน และหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)
11. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง หลังเรียนกับเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for one sample)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. สถิติ พื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยคำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ร้อยละ (Percentage) โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{ตัวเลขที่ต้องการเปรียบเทียบ}}{\text{จำนวนเต็ม}} \times 100$$

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ

SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคน

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence; IOC) โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540)

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

เมื่อ

IOC แทน ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ

 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงคือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพื้นฐานศาสตร์ โดยใช้เทคนิค 27% ของจุ่ง เตห์ ฟาน (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2539)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ

P แทน ค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนผู้เรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพื้นฐานศาสตร์ โดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540)

$$r_t = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ

 r_t แทน สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับผู้เรียนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับผู้เรียนทั้งหมด

ความยากง่ายของข้อสอบมีค่าไม่เกิน 1 แต่ค่าที่ยอมรับได้จะอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 0.8

$$D = \frac{R_u - R_l}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ

D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
R_u	แทน	จำนวนผู้เรียนที่ตอบในกลุ่มเก่ง
R_l	แทน	จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 เปรียบเทียบนักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละกลุ่มมุมมอง ก่อน และหลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จัดอยู่ในแต่ละกลุ่มมุมมอง

3.2 เปรียบเทียบการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3.3 เปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลองโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)

3.4 เปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

3.5 เปรียบเทียบร้อยละของคะแนนการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

3.6 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

3.7 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)

3.8 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนเรียน และหลังเรียนโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples)

3.9 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเทคโนโลยี
พันธุศาสตร์ หลังเรียนกับเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for one sample)

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science
for Window) ในการทดสอบค่า ที



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งเพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายงานวิจัยดังนี้

ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในประเด็นดังต่อไปนี้

1. มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถในการโต้แย้ง
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง

1. มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 พบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังเรียน มากกว่ากลุ่มควบคุม และมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน โดยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง แบบสังเกตการสอน การถอดเทปการจัดการเรียนรู้ และ ผู้เชี่ยวชาญด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูล (Peer review) อีกทั้งมีการตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation)

จากแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และควบคุมมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นการถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS 1) นักเรียนส่วนมากอยู่ในกลุ่มมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Inadequate view; InV) ร้อยละ 61.36 และ ร้อยละ 59.09 ตามลำดับ ในประเด็นการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(NOS 2) นักเรียนส่วนมากทั้งกลุ่มทดลอง และควบคุมมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชากรวิทยาศาสตร์ (Inadequate view; InV) ร้อยละ 56.82 และร้อยละ 54.55 ตามลำดับ ในขณะที่ประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (NOS 3) นักเรียนส่วนมากทั้งกลุ่มทดลอง และควบคุมมีมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชากรวิทยาศาสตร์ (Adequate view; AV) ร้อยละ 56.82 และร้อยละ 50 ตามลำดับ และหลังเรียนนักเรียนกลุ่มทดลองส่วนมากมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชากรวิทยาศาสตร์ (Informed view; IV) ในประเด็นการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิมมากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 45.46 และร้อยละ 13.63 ตามลำดับ ในประเด็นค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์นักเรียนกลุ่มทดลองมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุม ร้อยละ 59.09 และร้อยละ 6.81 ตามลำดับ และในประเด็นการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์นักเรียนกลุ่มทดลองมีมุมมองสอดคล้องกับมิติประชากรวิทยาศาสตร์ร้อยละ 31.82 และร้อยละ 6.81 ตามลำดับ ทั้งนี้หลังเรียนนักเรียนถูกจัดอยู่ในกลุ่มมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชากรวิทยาศาสตร์มากที่สุดในประเด็นมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ดังตาราง 16

ตาราง 16 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น ก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ประเด็นที่ศึกษา	กลุ่ม	ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์					
		สอดคล้อง (Informed view)		สอดคล้องบางส่วน (Adequate view)		ไม่สอดคล้อง (Inadequate view)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
NOS 1	ทดลอง	0	45.46	38.64	43.18	61.36	11.36
	ควบคุม	0	13.63	40.91	54.55	59.09	31.82
NOS 2	ทดลอง	0	31.82	43.18	68.18	56.82	0
	ควบคุม	0	6.81	45.45	63.64	54.55	29.55
NOS 3	ทดลอง	22.73	59.09	56.82	40.91	20.45	0
	ควบคุม	6.82	6.81	50.00	63.64	43.18	29.55

NOS 1 การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

NOS 2 การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

NOS 3 มิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

ในประเด็นการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ประเด็น โดยในประเด็นมิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ มีการพัฒนามุมมองมากที่สุด ร้อยละ 84.09 ในประเด็นการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการพัฒนามุมมองมากเป็นลำดับสอง ร้อยละ 74.99 และประเด็นการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุด ร้อยละ 63.64 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุมทุกประเด็น โดยเฉพาะประเด็นสังคม และวัฒนธรรม นักเรียนกลุ่มทดลองมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุมมากที่สุดประมาณ 5 เท่าของกลุ่มควบคุม ดังตาราง 17

ตาราง 17 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น

ประเด็นที่ศึกษา	กลุ่ม	ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติ				
		InV to AV	InV to IV	AV to IV	รวม	ไม่เปลี่ยนแปลง
NOS 1	ทดลอง	27.27	27.27	20.45	74.99	25.01
	ควบคุม	22.73	25.00	13.64	61.37	38.63
NOS 2	ทดลอง	34.09	20.45	9.09	63.63	36.37
	ควบคุม	25.00	2.27	4.55	31.82	68.18
NOS 3	ทดลอง	15.91	34.09	34.09	84.09	15.91
	ควบคุม	13.64	0	2.27	15.91	84.09

InV to AV เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์

InV to IV เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์

AV to IV เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณารายละเอียดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นพบว่า ผู้เรียนมีการพัฒนาแตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอโดยยกตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสนทนากลุ่มการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างเรียน การตอบแบบทดสอบ และความคิดเห็นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนข้อสังเกตต่าง ๆ จากแบบสังเกตการสอน และการถอดเทปการจัดการเรียนรู้ดังนี้

การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ (NOS 1)

ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่าในประเด็นนี้นักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.36) มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาคำตอบจากแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ข้อ 3 ซึ่งถามว่า “จากการสำรวจป่าบนเกาะแห่งหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ ได้พบสัตว์ชนิดต่าง ๆ มากมาย นักเรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ ที่นักวิทยาศาสตร์จะระบุ สปีชีส์ ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันแตกต่างกัน เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น จงยกตัวอย่างประกอบ” และ ข้อ 4 ถามว่า “มีความเป็นไปได้หรือไม่ที่นักวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 กลุ่ม พิจารณาจากข้อมูลชุด เดียวกันแต่ลงความเห็นในประเด็นสาเหตุของการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์แตกต่างกัน เพราะเหตุใด” ประกอบกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกรณีนี้ผลการวิเคราะห์จากคำตอบทั้งสองข้อแตกต่างกัน นักเรียนมีมุมมองว่า วิทยาศาสตร์มีหลักการ ความรู้ ที่แน่นอน หลักฐานต้องแตกต่างกันเท่านั้นจึงจะ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ตีความ หรือสรุปองค์ความรู้ได้แตกต่างกัน การที่นักวิทยาศาสตร์สรุปข้อมูล แตกต่างกันจากหลักฐานเดียวกันเป็นไปได้ดังตัวอย่างคำตอบเช่น (A นักเรียนกลุ่มทดลอง ตัวเลข หลักที่ 1 และ 2 คือ ลำดับของนักเรียน)

“เป็นไปได้ไม่ได้ เพราะ นักวิทยาศาสตร์ ได้ทำการค้นคว้าศึกษาสปีชีส์ของสัตว์มาก่อน จึงทำ ให้นักวิทยาศาสตร์ สามารถบอกความเหมือนกันของสปีชีส์ต่าง ๆ ได้ และสามารถบอกความ แตกต่างของสปีชีส์อื่นได้อย่างชัดเจน”

A07 (ข้อ 3)

“เป็นไปได้ไม่ได้ ยกเว้นแต่สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบต่างกัน แหล่งที่เจอหลักฐานต่างกัน”

A44 (ข้อ 4)

นักเรียนร้อยละ 38.64 มีมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีมุมมองว่านักวิทยาศาสตร์สามารถสรุปองค์ความรู้แตกต่างกันได้จากหลักฐานเดียวกัน เพราะนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความคิดเห็นแตกต่างกัน ซึ่งเป็นมุมมองที่สอดคล้องกับมติ ประชาคมวิทยาศาสตร์ แต่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์บางส่วนในการมอง

ว่าเป็นเพียงเรื่องความคิดเห็นของแต่ละคน ไม่อ้างอิงถึงการตีความจากข้อมูลตามความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์เดิม หรือค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“เป็นไปได้ เพราะ ข้อมูลชุดเดียวกัน แต่ความคิดเห็นของแต่ละคนก็แตกต่างกันออกไป ตามการพิจารณา”

A31 (ข้อ 3)

“เป็นไปได้ เพราะ การตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า ซึ่งก็สามารถมีความแตกต่างกันออกไป ข้อมูลชุดเดียวกัน ก็อาจจะมีหลายๆสมมติฐาน”

A43 (ข้อ 4)

ขณะจัดการเรียนรู้นักเรียนแสดงถึงการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประเด็น การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างต่อเนื่อง ในการจัดการเรียนรู้ขั้นการนำเสนอ และการสะท้อนแนวคิด ซึ่งทราบจากผลการถอดเทปบทสนทนาในชั้นเรียนจากแบบสังเกตการสอนขณะใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การโคลนนิ่ง ดังนี้

ครู: นักเรียนคิดว่าข้อมูลที่แต่ละทีมอ่านก่อน มีผลต่อการลงความเห็นเลือกวิธีการโคลนนิ่ง จากพืชในสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือไม่

นักเรียน: มีผล

ครู: อย่างไร

นักเรียน : ถ้าอ่านข้อมูลที่สนับสนุนวิธีโคลนนิ่งใดมา ก็มีแนวโน้มที่ใช้วิธีนั้นมากกว่า เพราะมีความเชื่อว่ามีประสิทธิภาพ

(บทสนทนาในห้องเรียน)

ยิ่งไปกว่านั้น จากแบบทดสอบที่ 2 ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ และข้อ 1.7 ถามว่า “นักเรียนคิดว่ากรณีที่แฉงได้รับการสอนจากครอบครัวว่า การดัดแปรพันธุกรรมเป็นการฝืนธรรมชาติ จะมีผลต่อการเลือกทำงานวิจัยเรื่องนี้ของแฉงหรือไม่อย่างไร จงยกตัวอย่างประกอบ” คำตอบของนักเรียนแสดงถึงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบเช่น

“มีผล เพราะตั้งแต่เด็กจนโตสถาบันครอบครัวให้การช่วยเหลือเราจึงมักนำความคิดเห็นของครอบครัวเป็นที่ตั้ง จึงส่งผลต่อการดำเนินงานวิจัย เช่น ครอบครัวเห็นว่าการดัดแปรพันธุกรรม

เป็นการฝืนธรรมชาติ เราจะเกิดความคิดและความรู้สึกที่จำกัดในการทำวิจัย”

A25 (แบบทดสอบที่ 2 ข้อ 1.7)

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ นักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตั้งแต่เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 27.27 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ 27.27 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 20.45 กล่าวโดยสรุปมีนักเรียนที่พัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ ร้อยละ 74.99 และมีนักเรียนที่มีมุมมองด้านนี้สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ร้อยละ 45.46 ซึ่งก่อนการจัดการเรียนรู้ไม่มีนักเรียนที่ถูกจัดไว้ในกลุ่มนี้เลยโดยคำตอบของนักเรียนในแบบวัด มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนได้สนับสนุนการพัฒนามุมมองของนักเรียน ดัง ตัวอย่างคำตอบเช่น

“เป็นไปได้ เพราะ สัตว์สปีชีส์เดียวกัน อาจมีลักษณะบางอย่างแตกต่างกัน ทำให้ นักวิทยาศาสตร์ลงความเห็นไปตามความเชี่ยวชาญ หรือความรู้ประสบการณ์ที่ตนมี”

A31 (ข้อ 3)

“เป็นไปได้ เพราะ ดูจากหลักฐานที่พบอาจจะมีความแตกต่างกันถ้ามองต่างสาขาวิชา และ ข้อมูลสามารถวิเคราะห์ได้หลายประการ ตามความชำนาญ และมุมมองที่แตกต่างกันของ นักวิทยาศาสตร์”

A43 (ข้อ 4)

แม้ว่านักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน ประเด็นการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ อย่างไม่ไรก็ตามนักเรียนร้อยละ 25.01 ไม่เปลี่ยนแปลงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น ดังกล่าว

การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS 2)

ประเด็นนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคม วิทยาศาสตร์ร้อยละ 56.82 เมื่อพิจารณาคำตอบจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ข้อ 1 ซึ่งถามว่า “ในมุมมองของนักเรียน วิทยาศาสตร์คืออะไร และวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่ แตกต่างจากศาสตร์อื่น หรือ ความรู้อื่น เช่น ศิลปะ ภาษาไทย ศาสนา เป็นต้น อย่างไร” และ ข้อ 2 “แบบเรียนวิทยาศาสตร์มักนำเสนอโครงสร้าง DNA เป็นลักษณะเกลียวคู่ คล้ายบันไดเวียนขวา นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไร” ” ประกอบกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกรณี ที่ ผลการวิเคราะห์จากคำตอบทั้งสองข้อแตกต่างกัน นักเรียนมีมุมมองว่า วิทยาศาสตร์คือ ความจริงที่

พิสูจน์ได้ หรือ ธรรมชาติที่อยู่รอบตัว หรือ การลองผิดลองถูก โดยไม่ได้กล่าวเชื่อมโยงถึง
ความสำคัญของหลักฐานดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“ข้อเท็จจริงที่พิสูจน์ได้ ซึ่งทราบจากสมมติฐาน”

A14 (ข้อ 1)

“จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ที่มีความละเอียดสูง แล้วก็คาดคะเนลักษณะ”

A30 (ข้อ 2)

นักเรียนร้อยละ 43.18 มีมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์
นักเรียนมีมุมมองว่า วิทยาศาสตร์คือ ศาสตร์ที่มีเหตุผล มีหลักฐานสนับสนุน แต่ยังเข้าใจว่าหลักฐาน
ต้องมาจากการทดลองเท่านั้น และคิดว่าการทดลองเป็นสิ่งที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์
อื่นโดยไม่ได้กล่าวถึงความสำคัญของหลักฐานต่อวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“คือการพิสูจน์ความจริง ต้องให้เหตุผล มีการทดลอง มีหลักฐาน”

A8 (ข้อ 1)

“ทราบได้จากการตั้งสมมติฐาน แล้วทดลองโดยใช้รังสีเอกซ์ เพื่อให้ได้หลักฐานในการยืนยัน
ยังโครงสร้างของ DNA”

A12 (ข้อ 2)

ขณะจัดการเรียนรู้นักเรียนแสดงถึงการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ประเด็น การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างต่อเนื่อง ในการจัดการเรียนรู้
ขั้นการนำเสนอ และการสะท้อนแนวคิดซึ่งทราบจากผลการถอดเทปบทสนทนาในชั้นเรียนจาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พันธุวิศวกรรม ดังนี้

ครู: นักเรียนคิดว่าการออกแบบขั้นตอนการทำพันธุวิศวกรรม และการดัดแปรพันธุกรรม
เพื่อผลิตฮอร์โมนอินซูลินของแต่ละกลุ่มมีส่วนคล้ายกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่

นักเรียน: มี

ครู: มีส่วนใดบ้างที่คล้ายกัน

นักเรียน 1: ต้องทราบก่อนว่า เอนไซม์ใดตัดรหัสเบสใด ซึ่งต้องนำข้อมูลจากผลการ
ทดลองในอดีตหลาย ๆ ครั้ง เป็นหลักฐานยืนยัน เราก็ใช้ข้อมูลไปตัดสินใจว่าจะเลือกเอนไซม์ใด

ครู: อธิบายเสริมอีกได้ไหมคะว่าเหมือนนักวิทยาศาสตร์อย่างไร

นักเรียน 2: นักวิทยาศาสตร์สรุปผลตามหลักฐาน ข้อมูล และเหตุผลที่มี เหมือนที่เราเลือก
เอนไซม์ กับออกแบบวิธีดัดแปรพันธุกรรม

(บทสนทนาในห้องเรียน)

ยิ่งไปกว่านั้น จากแบบทดสอบที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ และข้อ 2.4 ถามว่า “นักเรียนคิดว่าหลักฐานมีความสำคัญต่อการอธิบายเรื่องพันธุกรรมให้ชาวบ้านเข้าใจหรือไม่ อย่างไร จงยกตัวอย่างประกอบ” คำตอบของนักเรียนแสดงถึงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ดังตัวอย่าง

“มีความสำคัญเพราะหากขาดหลักฐานไปจะขาดความน่าเชื่อถือ เช่นหากเราจะเพิ่มฮอโมโนอินซูลิน แล้วไม่มีหลักฐานใดๆ ชาวบ้านจะคิดว่าไม่ปลอดภัย และไม่เข้าใจ”

A13 (แบบทดสอบที่ 3 ข้อ 3.4)

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ นักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์สูงขึ้นดังนี้ เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 34.09 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ 20.45 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 9.09 กล่าวโดยสรุปมีนักเรียนที่พัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ร้อยละ 63.63 และมีนักเรียนที่มีมุมมองด้านนี้สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ร้อยละ 31.82 ซึ่งก่อนการจัดการเรียนรู้ไม่มีนักเรียนที่ถูกจัดไว้ในกลุ่มนี้เลย อีกทั้งพบว่าไม่มีนักเรียนที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังจัดการเรียนรู้ โดยคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนได้สนับสนุนการพัฒนามุมมองของนักเรียน ดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“วิทยาศาสตร์ คือ ศาสตร์ที่ใช้เหตุผล มีการคิดวิเคราะห์ ทดลอง มีกระบวนการขั้นตอน และหลักการคิด หาหลักฐาน หาข้อเท็จจริงที่สามารถพิสูจน์ได้ ต่างจากศาสตร์อื่นที่ใช้หลักความเชื่อ และจินตนาการโดยไม่คำนึงถึงหลักฐาน มาใช้เป็นหลักการคิด”

A8 (ข้อ 1)

“การทดลองหลาย ๆ ครั้งจนได้หลักฐาน ประกอบกับข้อมูลที่ค้นคว้าจากงานวิจัยต่าง ๆ ร่วมกันยืนยันโครงสร้าง DNA ที่น่าเชื่อถือ ”

A12 (ข้อ 2)

แม้ว่านักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนร้อยละ 36.37 ไม่เปลี่ยนแปลงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นดังกล่าว

มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (NOS 3)

ประเด็นนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่าผู้เรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 20.45 เมื่อพิจารณาคำตอบจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ข้อ 5 ซึ่งถามว่า “มีการนำเสนอแนวคิดที่จะดัดแปลงพันธุกรรมในตัวอ่อนมนุษย์เพื่อให้ได้ทารกตามแบบที่พ่อกับแม่ต้องการ นักเรียนจะสนับสนุน หรือคัดค้านงานวิจัยนี้เพราะเหตุใด” และ ข้อ 6 “แก๊วเป็นนักวิทยาศาสตร์ ในสังคมที่มีความอนุรักษ์นิยมสูง ประชาชนส่วนมากไม่ค่อยชอบการเปลี่ยนแปลง และเชื่อว่าพันธุวิศวกรรมเป็นเรื่องผิดจริยธรรม แก๊วจึงไม่ทำงานวิจัยในเรื่องดังกล่าวเลยนักเรียนคิดว่าสังคม วัฒนธรรม และจริยธรรมในท้องถิ่นมีผลต่อการศึกษาเรื่องพันธุวิศวกรรมของแก๊วหรือไม่อย่างไร จงยกตัวอย่างประกอบ” ประกอบกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง กรณีที่ผลการวิเคราะห์จากคำตอบทั้งสองข้อแตกต่างกัน นักเรียนมีมุมมองว่า สังคมและวัฒนธรรมไม่มีอิทธิพลต่อความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์ เพราะนักวิทยาศาสตร์ต้องศึกษาเพื่อให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ เมื่อสังคมได้รับประโยชน์ ความเชื่อของสังคมจึงถูกมองข้าม ดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“สนับสนุน เพราะ ความเชื่อ และวัฒนธรรม นั้นเป็นสิ่งที่คนปฏิบัติกันมาเรื่อยๆ แต่ความต้องการใน การดัดแปลงพันธุกรรมเพื่อพัฒนาให้ตัวเองมีชีวิตที่ดีขึ้น คนจึงอาจไม่สนความเชื่อและวัฒนธรรม”

A41 (ข้อ 5)

“ไม่มีผล เพราะ ในเรื่องของการศึกษา ถือว่าเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทุกคนควรทำ เพราะการศึกษาในเรื่องนี้ อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่อาจต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลง เช่น ในบางประเทศเริ่มเปิดกว้างเรื่องนี้มากขึ้น เป็นต้น”

A40 (ข้อ 6)

นักเรียนร้อยละ 56.82 มีมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีมุมมองว่าสังคมมีผลต่อการทำงานของ การตัดสินใจทำงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ แต่ไม่อธิบายประเด็นอิทธิพลต่อความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์ การลงความเห็น และไม่ยกตัวอย่างเชื่อมโยงสถานการณ์ให้เห็นถึงอิทธิพลของสังคม และวัฒนธรรมต่องานด้านวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบเช่น

“ไม่สนับสนุน ความเชื่อขัดขวางการวิจัย”

A1 (ข้อ 5)

“มีผล เพราะ ผิดหลักจริยธรรม อาจเกิดข้อผิดพลาดทางการวิจัยให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีได้”

A12 (ข้อ 6)

ขณะจัดการเรียนรู้ นักเรียนแสดงถึงการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประเด็น มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ อย่างต่อเนื่อง ในการจัดการเรียนรู้ขึ้นการ

นำเสนอ และการสะท้อนแนวคิดซึ่งทราบจากผลการถอดเทปบทสนทนาในชั้นเรียนจาก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคต หรือ ภัยร้ายใกล้ตัว ดังนี้

ครู: นักเรียนคิดว่าสังคมเพื่อนมีอิทธิพลต่อความคิดของนักเรียน ในการยอมรับหรือปฏิเสธอาหารดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่

นักเรียน 1: มีผล

ครู: มีผลอย่างไร

นักเรียน 1: ถ้าเพื่อนมีความเห็นคล้ายเรา ทำให้มั่นใจมากขึ้นว่าที่เราคิดถูก

นักเรียน 2: ตอนแรกเห็นด้วยกับอาหารดัดแปรพันธุกรรม แต่เพื่อนในกลุ่มยกตัวอย่างหลักฐานที่ไม่ให้ด้วยเยอะ ๆ ก็เริ่มจะเปลี่ยนใจ

ครู: แล้วนักเรียนคิดว่าถ้าเปรียบเทียบกับงานด้านวิทยาศาสตร์ สังคมจะมีผลต่องานหรือไม่อย่างไร

นักเรียน 3 มีผลเช่น ถ้าสังคมต่อต้านอาหาร GMOs เค้าอาจไม่ทำวิจัยเรื่องนี้ หรือ ดีความผลการทดลองไปในแนว GMOs เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

นักเรียน 4 : ถ้าเป็นนักวิทยาศาสตร์ของบริษัทที่ทำอาหาร GMOs อาจรายงานผลวิจัยสนับสนุนบริษัท

(บทสนทนาในห้องเรียน)

ยิ่งไปกว่านั้น จากแบบทดสอบที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ และข้อ 1.5 ถามว่า “นักเรียนคิดว่าสังคม ของหมู่บ้าน มีผลต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ดัดแปรพันธุกรรมของตู้หรือไม่อย่างไร” คำตอบของนักเรียนแสดงถึงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ดังตัวอย่าง

“มีผล เพราะสังคมและวัฒนธรรมที่ได้รับเป็นตัวหล่อหลอมความคิด และทัศนคติในการมองสิ่งต่าง ๆ เช่น ตู้อาศัยอยู่ในหมู่บ้านที่มีความอนุรักษ์นิยมสูงจึงทำให้มีอคติต่อผลิตภัณฑ์ดัดแปรพันธุกรรม และต่อต้านผลิตภัณฑ์”

A16 (แบบทดสอบที่ 4 ข้อ 1.5)

หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ นักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์สูงขึ้นดังนี้ เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ร้อยละ 15.91 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ 34.09 เปลี่ยนกลุ่มจากมุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เป็นมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 34.09 กล่าวโดยสรุปมีนักเรียนที่พัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ในประเด็นนี้ร้อยละ 84.09 และมีนักเรียนที่มีมุมมองด้านนี้สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ร้อยละ 59.09 ซึ่งก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้เพียงร้อยละ 22.73 อีกทั้งพบว่าไม่มีนักเรียนที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังจัดการเรียนรู้ โดยคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนได้สนับสนุนการพัฒนามุมมองของนักเรียน ดังตัวอย่างคำตอบ เช่น

“ไม่สนับสนุน เพราะ ถ้าผู้คนในสังคมมีการต่อต้านการวิจัยตัดแปรรูปร่างกรรมในตัวอ่อนมนุษย์ ชาวบ้านก็อาจจะเกิดจลาจลโดยการขัดขวางการวิจัย อาจมียับยั้งความก้าวหน้าในการพัฒนาการวิจัย โดยการอ้างถึงหลักตามศาสนา และจริยธรรมเพื่อปลุกกระตมผู้อื่นทำให้เกิดความหนักข้อของสถานการณ์ขึ้นมาได้ ยกตัวอย่างถ้ามีคนในครอบครัวไม่เห็นด้วยในการตัดแปรรูปร่างกรรมในตัวอ่อนก็จะนำความคิดเห็นของตนไปบอกเล่าแก่คนในครอบครัว ส่งผลให้คนในครอบครัวคล้อยตามเมื่อเกิดการปลุกกระตมก็จะส่งผลเสียในปริมาณมาก ทำให้งานวิจัยเกิดความล่าช้าหรืออาจจะต้องยกเลิกงานวิจัยนั้นไป”

A1 (ข้อ 5)

“มีผล เพราะ การคัดค้านของคนรอบข้างจะนำไปสู่การขัดขวาง จนทำให้ไม่ประสบความสำเร็จ เช่น ที่แก้วจะทำการวิจัย แต่ไม่มีใครเห็นด้วยเลย ชาวบ้านรวมตัวกันประท้วงจนสุดท้ายก็ต้องเลิกล้มการทำวิจัยไป”

A12 (ข้อ 6)

แม้ว่านักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (NOS 3) แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนร้อยละ 15.01 ไม่เปลี่ยนแปลงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นดังกล่าว

2. ความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน

ผู้วิจัยศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 พบว่าผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์มีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ในทุกประเด็นการประเมิน โดยเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งก่อนและหลังเรียนรายประเด็นพบว่าในประเด็นข้อกล่าวอ้าง และในประเด็นการให้เหตุผล 2.13 และ 2.87 คะแนนตามลำดับ ในประเด็นการโต้แย้ง 1.85 และ 2.81 คะแนน ตามลำดับ ในประเด็นการโต้แย้งเพื่อสนับสนุน 1.43 และ 2.58 คะแนน ประเด็นหลักฐาน 1.18 และ 2.37 คะแนน ตามลำดับ ดังตาราง 18 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการโต้แย้งรายประเด็นของนักเรียนที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และกลุ่มควบคุมพบว่าในประเด็นข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล 2.87 และ 1.27 คะแนน ตามลำดับ ใน

ประเด็นการโต้แย้ง 2.81 และ 1.95 คะแนน ตามลำดับ ประเด็นการโต้แย้งเพื่อสนับสนุน 2.58 และ 1.23 คะแนน ตามลำดับ ประเด็นหลักฐาน 2.37 และ 1.36 คะแนน ตามลำดับ ตาราง 19 เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ คะแนนในประเด็นหลักฐาน มีการพัฒนาร้อยละ 101 ซึ่งเป็นประเด็นที่มีการพัฒนาสูงที่สุด ประเด็นการโต้แย้งเพื่อสนับสนุนมีการพัฒนาร้อยละ 80.42 ประเด็นการโต้แย้ง ร้อยละ 51.89 และประเด็นข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลพัฒนา ร้อยละ 34.74 ตาราง 20

ตาราง 18 คะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

ประเด็นการ ประเมิน	N	คะแนน เต็ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
Q1. ข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล	44	3	2.13	0.37	2.87	0.24	12.56**	0.00
Q2. การโต้แย้ง	44	3	1.85	0.21	2.81	0.21	15.69**	0.00
Q3. การโต้แย้ง เพื่อสนับสนุน	44	3	1.43	0.43	2.58	0.40	17.57**	0.00
Q4. หลักฐาน	44	3	1.18	0.56	2.37	0.48	11.99**	0.00

**p < 0.01

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และควบคุม

ประเด็นการประเมิน	N	กลุ่ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
Q1. ข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล	44	ทดลอง	2.13	0.37	2.87	0.24	5.19**	0.00
		ควบคุม	1.98	0.33	1.27	0.40		
Q2. การโต้แย้ง	44	ทดลอง	1.85	0.21	2.81	0.21	6.86**	0.00
		ควบคุม	1.65	0.59	1.95	0.56		
Q3. การโต้แย้งเพื่อ สนับสนุน	44	ทดลอง	1.43	0.43	2.58	0.40	8.85**	0.00
		ควบคุม	1.11	0.54	1.23	0.43		
Q4. หลักฐาน	44	ทดลอง	1.18	0.56	2.37	0.48	4.36**	0.00
		ควบคุม	0.80	0.66	1.36	0.67		

**p < 0.01

ตาราง 20 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียน

ประเด็นการประเมิน	ร้อยละของคะแนนการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
Q1. ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล	34.74	14.65
Q2. การโต้แย้ง	51.89	17.57
Q3. การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน	80.42	9.91
Q4. หลักฐาน	101.00	71.25

เมื่อพิจารณารายละเอียดประเด็นการประเมินความสามารถในการโต้แย้งในแต่ละประเด็นพบว่าผู้เรียนมีการพัฒนาแตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอโดยยกตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง การสนทนาระหว่างนักเรียนระหว่างเรียน การตอบแบบทดสอบและความคิดเห็นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนข้อสังเกตต่างๆ จากแบบสังเกตการสอนและการถอดเทปการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล (Claims and warrants)

ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการสร้างข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล 2.13 จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ผู้เรียนส่วนมากสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ แต่การให้เหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้างมีเพียง 1 เหตุผล หรือ ไม่มีเหตุผลประกอบ

ขณะจัดการเรียนรู้นักเรียนได้แสดงถึงการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งอย่างต่อเนื่องในทุกเรื่องที่เรียน และบรรยากาศในการเรียนแตกต่างจากกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยวิธีปกติโดยกลุ่มที่เรียนรู้แบบปกตินักเรียนจำนวนน้อยมีส่วนร่วมในการเรียน มักเป็นคนเดิมที่ตอบคำถาม เมื่อตอบถูกแล้วขาดการอภิปรายในชั้นเรียน ในขณะที่กลุ่มที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยี พันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และบทสนทนาแสดงถึงความสามารถในการโต้แย้งในประเด็นข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลอย่างชัดเจนจากการวิเคราะห์ว่าทฤษฎี ตัวอย่างบทสนทนาจากการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 จีโนมมนุษย์กับชีวิตที่เลือกได้ ดังนี้

กลุ่มควบคุม

ครู: จาก DNA fingerprint นักเรียนคิดว่าใครน่าจะเป็นพ่อและแม่ของไซโกะมากที่สุด

นักเรียนB1: H กับ D

ครู: เพราะอะไร

นักเรียนB1: แถบ DNA คล้ายกัน

กลุ่มทดลอง

ครู: จาก DNA fingerprint นักเรียนคิดว่าใครน่าจะเป็นพ่อและแม่ของไซโกะมากที่สุด

นักเรียน A1: F กับ H

นักเรียน A2: ผมว่า D กับ H น่าจะเป็นพ่อแม่ เพราะ แถบ DNA ไซโกะ เหมือนคนละครึ่ง

นักเรียน A3: แต่ F แถบ DNA ตรงกับไซโกะมากกว่า

นักเรียน A4 : F แถบ DNA ตรงทุกแถบ F และ H น่าจะเป็น พ่อแม่

นักเรียน A4 : D กับ H เพราะ DNA ของ ไซโกะเหมือนพ่อแม่ อย่างละครึ่ง แต่ F เหมือนทุกแถบ น่าจะเป็นฝาแฝดมากกว่าพ่อแม่

ครู: เราลองรวบรวมหลักฐาน และข้อมูลจากใบกิจกรรม และร่วมกันลงความเห็น ว่านักเรียนเห็นด้วยกับความคิดใด

(บทสนทนาในห้องเรียน)

ยิ่งไปกว่านั้นจากคำตอบแบบทดสอบที่ 5 ข้อ 1.1 ถามว่า “นักเรียนเห็นด้วยกับการที่แก๊วขายข้อมูลจีโนมหรือไม่ เพราะเหตุใด” นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นประกอบกับเหตุผลถูกต้อง และให้เหตุผลมากกว่า 1 เหตุผล จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง ดังตัวอย่างคำตอบ

“ไม่เห็นด้วย เพราะจีโนมเหล่านี้มีข้อมูลครบถ้วน อีกทั้งยังสามารถนำจีโนมไปศึกษา และพัฒนาต่อได้ แต่ที่สำคัญที่สุดคือขัดสิทธิมนุษยชน ความปลอดภัย”

A21 (ข้อ1.1)

หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการโต้แย้งประเด็น ข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผล 2.87 ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังตาราง 19 อีกทั้งคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงข้อกล่าวอ้างประกอบเหตุผลมากกว่า 1 เหตุผล ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ข้อ 11 ถามว่า “นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับการสร้างทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม (Designer babies) ด้วยเทคนิคดังกล่าวเพราะเหตุใด” ดังนี้

“เห็นด้วยเพราะทำให้สามารถรักษาโรคทางพันธุกรรมได้ ดังกรณีตัวอย่างที่นำ Stem cell ของทารกซึ่งได้รับการออกแบบพันธุกรรมเพื่อให้เข้ากับพี่ มาปลูกถ่ายไขกระดูก และ เป็นทางเลือกให้สามารถมีบุตรเป็นเพศที่ต้องการ โดยเฉพาะในประเทศที่มีกฎหมายกำหนดจำนวนบุตรจะเป็นประโยชน์มาก”

A2 (ข้อ 1.1)

การโต้แย้ง (Counterarguments)

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง (Counterarguments) 1.85 จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ผู้เรียนส่วนมากสามารถสร้างข้อโต้แย้งได้ แต่การให้เหตุผลประกอบข้อโต้แย้งมีเพียง 1 เหตุผล หรือ ไม่มีเหตุผลประกอบ

ขณะจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งข้อกล่าวอ้างได้ จากการวิเคราะห์วาทกรรม การถอดเทปกิจกรรมโต้วาที โดยนักเรียนมีการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกับข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน ตัวอย่างบทสนทนาจากการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เทคโนโลยีพันธุศาสตร์กับปัญหาด้านจริยธรรม ซึ่งมีกิจกรรมโต้วาที ดังนี้

ญัตติ อัมบุญคือโอกาสหรือสุญญากาศทางจริยธรรม

นักเรียนฝ่ายเสนอ 1: ถ้าจะบอกว่าอัมบุญทำให้เกิดธุรกิจการรับจ้าง เหมือนนำชีวิตมนุษย์มาซื้อขาย ผิดจริยธรรม และขัดต่อวัฒนธรรมของสังคม เราก็สามารถออกกฎหมายอนุญาตให้ทำ และควบคุมให้เป็นไปโดยสมัครใจทั้ง 2 ฝ่าย ไม่ให้เป็นเพื่อการค้าได้

ยิ่งไปกว่านั้นจากคำตอบแบบทดสอบที่ 6 ข้อ 2.2 กำหนดสถานการณ์และ ถามว่า “ถ้านักวิทยาศาสตร์บางกลุ่มมีความคิดเห็นไม่สอดคล้องกับคำตอบในข้อ 2.1 นักเรียนคิดว่าเขามีความคิดเห็นอย่างไร เพราะเหตุใด” นักเรียนส่วนมากแสดงความคิดเห็นขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างของตน และให้เหตุผลมากกว่า 1 เหตุผล จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งประเด็น การโต้แย้ง ดังตัวอย่างคำตอบ

“การโคลนนิ่งเป็นเรื่องที่ผิดศีลธรรม เพราะการโคลนนิ่งต้องใช้ตัวอ่อนในการโคลน เมื่อทำผิดพลาดจะทำลายตัวอ่อนทิ้ง และตัวโคลนที่เกิดมามีสถานะไม่สมบูรณ์ และไม่มีกฎหมายรองรับ”

A26 (ข้อ 2.2)

หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการโต้แย้งประเด็น การโต้แย้ง 2.81 กลุ่มควบคุม 1.95 กล่าวโดยสรุปคือนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง มีความสามารถในการโต้แย้ง ประเด็นการโต้แย้ง มากกว่ากลุ่มที่เรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 อีกทั้งคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงข้อโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่คาดคะเนขึ้น ประกอบเหตุผลมากกว่า 1 เหตุผล ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ข้อ 2.2 ถามว่า “ถ้าเกษตรกรคนอื่นๆไม่เห็นด้วยกับแนวคิดในข้อ 2.1 นักเรียนคิดว่าเขาน่าจะมีความคิดเห็นอย่างไรเพราะเหตุใด” ดังนี้

“การทำเกษตรพันธสัญญา เป็นการช่วยเหลือเกษตรกรที่พึ่งเรียนรู้การทำเกษตรให้มีรายได้ที่แน่นอน ง่ายต่อการดำเนินการ แคล้วคลาด และผลิตตามที่ตกลงไว้ และได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ”

A4 (ข้อ 2.2)

การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive argument)

ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการโต้แย้งประเด็น การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive argument) 1.43 จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพิ่มเติมได้ เป็นลักษณะการอธิบายขยายความมากกว่าการให้เหตุผลหรือหลักฐานเพิ่มเติม อีกทั้งไม่มีนักเรียนที่สร้างข้อความหักล้างความคิดเห็นของผู้ที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากข้อกล่าวอ้างของนักเรียน

ขณะจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง นักเรียนสามารถสร้างโต้แย้งเพื่อสนับสนุนได้ จากการวิเคราะห์ว่าทฤษฎีกิจกรรมสวมบทบาทเป็นนักวิทยาศาสตร์กำลังเสนอโครงการสร้างนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ในอีก 100 ปี ข้างหน้า โดยนักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและข้อมูลที่หักล้างได้เมื่อนักเรียนในกลุ่มอื่นไม่เห็นด้วย โดยผู้วิจัยจะยกตัวอย่างนักเรียนนำเสนอนวัตกรรม “ต้นนุ่มนิ่ม” และตัวอย่างบทสนทนาในการเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เทคโนโลยีพันธุศาสตร์กับความหวังแห่งอนาคตดังนี้

นักเรียน 1: ต้นนุ่มนิ่มมีหลักการคือนำ DNA ที่มียืนของผักกระเจตมาแทรกในยืนของต้นไม้ยืนต้นที่จะนำไปปลูกริมถนน จะช่วยลดอุบัติเหตุ หรือทำให้ความรุนแรงของอุบัติเหตุลดลง

นักเรียน 2: การที่ต้นไม้นุ่มนิ่ม อาจทำให้ความคงทนของต้นไม้ลดลงได้ ไม้ยืนต้นจะสามารถตั้งอยู่ได้อย่างไร โดยธรรมชาติแล้วผักกระเจตเป็นไม้ล้มลุก

นักเรียน 1: เราจะคัดเลือกเฉพาะยืนที่ควบคุมการสร้างนมผักกระเจต ส่วนโครงสร้างข้างในยังคงเดิม เราจะได้ต้นไม้ที่คงทน และมีความนุ่มนิ่มยืดหยุ่นทำให้ปลอดภัย และผักกระเจตก็เป็นผักที่หาได้ง่าย

ยิ่งไปกว่านั้นจากคำตอบแบบทดสอบที่ 7 ข้อ 1.4 กำหนดสถานการณ์และ ถามว่า “นักเรียนมีวิธีการ หรือ หลักฐานใดที่คาดว่าจะสามารถโน้มน้าวให้ประชาชนกลุ่มดังกล่าวเห็นด้วยกับธุรกิจ Startup ของนักเรียน” นักเรียนส่วนมากสามารถอธิบายขยายความ ให้หลักฐานเพิ่มเติม และให้ข้อมูลที่หักล้างกับกลุ่มที่ไม่เห็นด้วยได้ จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งประเด็น การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน ดังตัวอย่างคำตอบ

“อธิบายขั้นตอน ทดลองเพื่อเป็นที่ยอมรับ บอกประโยชน์ ความคุ้มค่า และแสดงให้เห็นว่าปลอดภัย”

A14 (ข้อ1.4)

หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการโต้แย้งประเด็น การโต้แย้ง 2.58 กลุ่มควบคุม 1.23 กล่าวโดยสรุปคือนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง มีความสามารถในการโต้แย้ง ประเด็น การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน มากกว่ากลุ่มที่เรียนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 อีกทั้งคำตอบของนักเรียนแสดงถึงการโต้แย้งฝ่ายที่ไม่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างของตน และมีการเขียนข้อความที่หักล้างกับข้อความที่คาดคะเนไว้ของฝ่ายที่ไม่เห็นด้วย โดยประกอบเหตุผลมากกว่า 1 เหตุผล ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ข้อ 3.3 ถามว่า “นักเรียนมีวิธีโน้มน้าวใจให้ผู้ที่ไม่เห็นด้วยเพราะเหตุผลดังข้อ 3.2 อย่างไร จึงยกตัวอย่างประกอบ” ดังนี้

“การดัดแปรพันธุกรรมตัวอ่อนนั้นอาจทำในวัตถุประสงค์อื่นที่นอกเหนือจากการรักษาโรคได้ ค่าใช้จ่ายสูง ควบคุมผลได้ยาก การที่ดัดแปรพันธุกรรมตัวอ่อนไม่ได้หมายความว่า จะปลอดภัยทุกอย่างเสมอไป ดังกรณีตัวอย่างประเทศจีนที่ตัดต่อยีนแล้วไม่ได้ผลตามต้องการ”

A11 (ข้อ 3.3)

หลักฐาน (Evidence)

ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการโต้แย้งประเด็น หลักฐาน (Evidence) 1.18 จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถระบุหลักฐาน และเขียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ โดยนำความคิดเห็นมาเป็นหลักฐาน

ขณะจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง จากการวิเคราะห์หาทหกรรม นักเรียนสามารถระบุหลักฐาน และพูดเชื่อมโยงหลักฐานสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือมากขึ้น มีการสร้างตารางสรุปหลักฐานที่พบด้วยตนเอง ดังการสนทนาในกิจกรรมการประชุมนักสืบเพื่อคลี่คลายคดี ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ยอดนักสืบ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์เพชรถูกขโมยจากงานแสดงอัญมณี โดยผู้ร้ายทิ้งหลักฐานไว้ 6 หลักฐาน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสวมบทบาทเป็นนักสืบ สืบหาหลักฐานต่างๆโดยใช้ความรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ในการวิเคราะห์หลักฐาน และให้แต่ละทีมสร้างข้อกล่าวอ้างและร่วมกันโต้แย้งในที่ประชุมนักสืบเพื่อนำไปสู่การสรุปคดี ดังนี้

นักเรียน 1: E เป็นคนขโมยเพชร เพราะพบลายนิ้วมือบนเพดานเป็นหลักฐาน และ E น่าจะเป็นเลขาของเศรษฐี จากหลักฐานกล่องวงจรปิดถูกปิดหมดแสดงว่าเป็นคนในที่รู้ระบบเป็นอย่างดี

นักเรียน 2: E ไม่น่าใช่คนร้ายจากหลักฐาน DNA fingerprint ไม่ตรงกับ E คิดว่า C เป็นคนร้ายจากการที่ ลายนิ้วมือของ C พบอยู่บริเวณจัดงานมากที่สุด และแถบ DNA ตรงกับที่เกิดเหตุตามตารางวิเคราะห์หลักฐาน

นักเรียน 3: D กับ C ร่วมมือกันโดย D เป็นคนต่อสู้กับพนักงานรักษาความปลอดภัย เพราะจากการตรวจ DNA คาบเลือดที่ห้องครัว และ C หลังขโมยน่าจะหนีขึ้นไปทางฝ้าเพดานเพราะ พบลายนิ้วมือบนฝ้าเพดาน

(บทสนทนาในห้องเรียน)

ยิ่งไปกว่านั้นจากคำตอบแบบทดสอบที่ 8 ข้อ 2.4 กำหนดสถานการณ์และ ถามว่า “ถ้ามีนักวิทยาศาสตร์บางกลุ่มไม่เชื่อว่า การให้กำเนิดทารกซึ่งมีพันธุกรรมของมนุษย์ 3 คนเป็นเรื่องจริง นักเรียนคิดว่า เป็นเพราะเหตุใด และจะอย่างไรให้นักวิทยาศาสตร์กลุ่มดังกล่าวเชื่อ” นักเรียนส่วนมากสามารถระบุหลักฐาน และข้อความเชื่อมโยงกับหลักฐาน จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งประเด็น หลักฐาน ดังตัวอย่างคำตอบ

“นำบทความวิจัยที่สำเร็จให้บุคคลที่ไม่เชื่อดู และนำตัวอย่างของเด็กที่เกิดจากเทคนิคนี้ให้เห็นถึงสุขภาพของเด็ก”

A (ข้อ 1.4)

หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการโต้แย้งประเด็น หลักฐาน 2.37 กลุ่มควบคุม 1.36 กล่าวโดยสรุปคือนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง มีความสามารถในการโต้แย้งประเด็น หลักฐาน มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 อีกทั้งคำตอบของนักเรียนระบุถึง หลักฐานมากกว่า 1 หลักฐานและมีการเชื่อมโยงให้เห็นความสัมพันธ์ของหลักฐาน และการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างของตน ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ข้อ 3.4 ถามว่า “หลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียนในข้อ 3.1 และ 3.3 จงระบุให้ครบทุกหลักฐาน และอธิบายแสดงความเชื่อมโยงของหลักฐานกับความคิดเห็น” ดังนี้

“การประสบความสำเร็จจากการใช้เทคนิคคริสเปอร์-แคสไนน์กับเซลล์มนุษย์ เช่น รักษาโรคลูคีเมีย ในเด็ก 1 ขวบ การกำจัดโรคจากประชากรในระยะยาว การทำให้ผู้ป่วย HIV ต้านต่อไวรัสได้ เป็น หลักฐานในการยืนยันว่าเราควรส่งเสริมให้มีการดัดแปรพันธุกรรมในตัวอ่อนมนุษย์โดยใช้เทคนิค ดังกล่าวเพราะมีความเป็นไปได้ที่จะประสบความสำเร็จ”

A12 (ข้อ 3.4)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 พบว่าสอดคล้องกับสมมติฐานคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีผลการศึกษาดังนี้

การทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยทดสอบการเท่าเทียมโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบท 5E ด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 21

ตาราง 21 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	ก่อนการทดลอง			
			$\bar{X}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	44	30	13.34	3.01	1.19	0.24
กลุ่มควบคุม	44	30	12.57	3.12		

$p > 0.01$

จากตาราง 21 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนกลุ่มทดลอง 13.34 คะแนน และกลุ่มควบคุม 12.57 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ก่อนกับหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ในแต่ละประเด็น ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ด้วยการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 22

ตาราง 22 คะแนนเฉลี่ยเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ก่อนกับหลังเรียนในแต่ละประเด็น

ประเด็น การประเมิน	N	คะแนน เต็ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ความรู้	44	6	2.80	1.39	5.14	0.82	9.80**	0.00
2. ความเข้าใจ	44	12	4.86	1.64	7.57	1.53	8.69**	0.00
3. การวิเคราะห์	44	12	5.68	2.07	7.80	1.66	6.14**	0.00
ภาพรวม	44	30	13.34	3.01	20.41	2.86	5.39**	0.00

**p < 0.01

จากตาราง 22 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองหลังการจัดการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง มากกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ทุกประเด็นที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 โดยประเด็นความรู้ความจำ 5.14 คะแนน ความเข้าใจ 7.57 คะแนน ความวิเคราะห์ 7.80 คะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ก่อน และหลังเรียนระหว่าง กลุ่มทดลอง และควบคุม

ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และหลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง และกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติด้วยการทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 23

ตาราง 23 คะแนนเฉลี่ยเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ประเด็น การประเมิน	N	กลุ่ม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ความรู้	44	ทดลอง	2.80	1.39	5.14	0.82	1.97	0.05
		ควบคุม	2.00	1.18	3.70	1.17		
2. ความเข้าใจ	44	ทดลอง	4.86	1.64	7.57	1.53	3.94**	0.00
		ควบคุม	4.57	1.44	5.64	1.42		
3. การวิเคราะห์	44	ทดลอง	5.68	2.07	7.80	1.66	3.13**	0.00
		ควบคุม	5.98	1.84	6.64	1.71		
ภาพรวม	44	ทดลอง	13.34	3.01	20.41	2.86	5.39**	0.00
		ควบคุม	12.57	3.11	15.98	2.87		

**p < 0.01

จากตาราง 23 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองหลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในประเด็น ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ ในขณะที่ประเด็น ความรู้ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์

หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ ร้อยละ 50 โดยทดสอบค่าที (t-test for one sample) พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผ่านเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังตาราง 24

ตาราง 24 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ของกลุ่มทดลอง

กลุ่ม	N	$\bar{X}$	S.D.	การเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50	
				t	p
ทดลอง	44	20.41	2.86	12.57**	0.00

**p < 0.01

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) มีสาระสำคัญของวิจัยสรุปได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ชีววิทยา โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งโดยพิจารณาจาก

1.1 มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การถูกเหนี่ยวนำโดยความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The empirical nature of scientific knowledge) และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The social and cultural embeddedness of scientific knowledge)

1.2 ความสามารถในการโต้แย้ง

1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์หลังเรียน มากกว่ากลุ่มควบคุม และมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียน 148 คน ชาย 63 คน หญิง 85 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มที่ศึกษาเป็นผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งมาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักเรียนกลุ่มดังกล่าว เพราะนักเรียนทั้ง 2 ห้องมีปริมาณเท่ากัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา คละกัน เช่นเดียวกับกลุ่มประชากร ทั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมดังนี้

กลุ่มทดลอง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วย นักเรียน 44 คน ชาย 17 คน หญิง 27 คน ที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH

กลุ่มควบคุม

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วย นักเรียน 44 คน ชาย 18 คน หญิง 26 คน ที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ ที่จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH
2. แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์
4. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง
5. แบบสังเกตการสอน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้ แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง การสัมภาษณ์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และแบบสังเกตการสอน

2. ทดลองใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง และใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม เก็บข้อมูลระหว่างเรียนโดยใช้ แบบสังเกตการสอน

3. ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้ แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง การสัมภาษณ์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ และแบบสังเกตการสอน โดยใช้เครื่องมือชุดเดียวกับการทดสอบก่อนเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 โดยเปรียบเทียบร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อน และหลังเรียน ในแต่ละกลุ่มมุมมอง ได้แก่ มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ มุมมองบางส่วนสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่พัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยเปรียบเทียบคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ก่อน และหลังเรียนโดยใช้ค่าที (t-test for dependent sample) และเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าที (t-test for independent samples)

3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ค่าที (t-test for independent samples) เพื่อให้ทราบว่ายี่สิบสองกลุ่มมีความเท่าเทียมกัน

4. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ก่อน และหลังเรียนเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าที (t-test for independent samples) และวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 โดยทดสอบค่าที (t-test for one sample)

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สรุปผลการวิจัยดังนี้

**ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐาน
การโต้แย้ง**

เมื่อนำหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
ปรากฏผลดังนี้

1. มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

นักเรียนกลุ่มทดลองมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติ
ประชาคมวิทยาศาสตร์หลังเรียน มากกว่ากลุ่มควบคุม และมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน เป็นไปตาม
สมมติฐาน

ระหว่างเรียนในแต่ละเรื่องนักเรียนตอบคำถามที่แสดงถึงมุมมองที่สอดคล้องกับ
มติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยสามารถเปรียบเทียบกระบวนการที่ตนเรียนรู้กับการทำงานของ
นักวิทยาศาสตร์ได้โดยสะท้อนผ่านบทสนทนาที่กล่าวถึงประเด็น การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้
ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้
ทางวิทยาศาสตร์ มิติทางสังคม และวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

2. ความสามารถในการโต้แย้ง

นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
เป็นไปตามสมมติฐาน

ระหว่างเรียนในแต่ละเรื่องนักเรียนมีบทสนทนาที่แสดงถึงองค์ประกอบของการ
โต้แย้ง ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผล การโต้แย้ง การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน และหลักฐาน โดย
บทนำถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ครูต้องใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นการโต้แย้ง ในขณะที่การเรียน
ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-8 นักเรียนสามารถโต้แย้งได้เอง มีการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าว
อ้าง และขอโต้แย้ง

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ 50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยจะนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักเรียนที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุม และก่อนเรียนทุกประเด็น โดยนักเรียนส่วนมากมีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในกลุ่มที่สอดคล้องกับมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะสาเหตุ 2 ประการดังนี้

ประการแรก รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้มีขั้นตอนคล้ายกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ มีการตั้งคำถาม สร้างข้อกล่าวอ้าง ค้นคว้าข้อมูล นำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีการนำเสนอโต้แย้งประกอบหลักฐาน เพื่อให้ได้รับการยอมรับในข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น นักเรียนจึงเห็นความสำคัญของหลักฐานเชิงประจักษ์ต่องานด้านวิทยาศาสตร์ ดังผลความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมเป็นลำดับสอง นอกจากนี้ยังมีการลงความเห็นจากหลักฐาน โดยนักเรียนใช้พื้นฐานความรู้และประสบการณ์เดิมประกอบการพิจารณา นักเรียนจึงเข้าใจว่า ความรู้เดิม ประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการลงความเห็นของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของแฮนด์ และ นอร์ตัน-ไมเออร์ (Hand; & Norton-Meier. 2011: 29) ที่สอนนักเรียนโดยนำสถานการณ์ในบทเรียนเรื่อง ธรณีสัณฐาน ที่นักวิทยาศาสตร์ไม่เห็นด้วยจนกว่าจะมีหลักฐานสนับสนุนแนวคิดมาเป็นประเด็นในการโต้แย้ง พบว่าทำให้นักเรียนมีโอกาสในการเรียนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การลงความเห็นจากหลักฐาน และความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์

ประการที่สอง รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้ มีขั้นตอนที่เอื้อต่อการนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคมเชื่อมโยงกับบทเรียนซึ่งจัดเป็นบริบทที่สอดคล้องกับสภาพจริงดังนี้ ขั้นตอนแรกความคิดครูต้องหาสถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามดังนั้นการนำประเด็นที่เป็นที่ถกเถียงกันในสังคมในขณะที่ยังเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เช่น ประเด็นอัมบูญคือโอกาส หรือสุญญากาศทางจริยธรรม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการตั้งคำถามถึงข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมต่อสภาพสังคม ขั้นการสำรวจค้นหานักเรียนได้ค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อค้นหาข้อมูลต่างๆ ประกอบการสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อสนับสนุนความเชื่อของตนแล้วนำไปสร้างข้อกล่าวอ้างในขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง เช่น การอัมบูญเป็นโอกาสในการมีบุตรของครอบครัวที่มีการถ่ายทอดโรคทางพันธุกรรมดังหลักฐานจากกรณีตัวอย่าง ขั้นการโต้แย้งทำให้นักเรียนทราบถึงมุมมองที่แตกต่างซึ่งมีหลักฐานสนับสนุน เช่น การอัมบูญผิด

จริยธรรมคล้ายกับการซื้อขายมนุษย์ แม้ที่อุ้มบุญอาจเกิดความผูกพันไม่ยอมคืนลูกให้พ่อแม่ที่แท้จริงดังกรณีตัวอย่างในข่าว โดยในขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนทั้งห้องโหวตข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือที่สุด ทั้งนี้เป็นการฝึกให้นักเรียนพิจารณาหลักฐานประกอบการลงความเห็น คล้ายกับการลงความเห็นของนักวิทยาศาสตร์ และขั้นสุดท้ายการสะท้อนแนวคิด นักเรียนเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมดกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเปรียบเทียบกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคมมากขึ้นดังผลการวิจัยที่ความแตกต่างของร้อยละของการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 5 เท่า ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับประเด็นอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เบบล์ มุลเวย์ และแมง (Bell; Mulvey; & Maeng. 2012) ที่พบว่าการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงช่วยส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในทุกวัย นอกจากนี้การเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคมได้ดีขึ้น (García-Carmona; & Díaz. 2016; Khishfe. 2014; Sadler; et al. 2004) นอกจากนี้การสะท้อนแนวคิดเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับคาลิค (Abd-El-Khalick. 2013) ที่กล่าวว่า โอกาสในการสะท้อนประสบการณ์สืบเสาะหาความรู้เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พัฒนาได้จากการสะท้อนแนวคิดจากการตั้งคำถามถึงสิ่งที่ปฏิบัติเกี่ยวกับงานทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความสามารถในการโต้แย้ง

นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01 โดยสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล เชื่อมโยงหลักฐาน และสามารถสร้างข้อโต้แย้งเพื่อหักล้างข้อกล่าวอ้างของฝั่งตรงข้ามอย่างมีเหตุผลพร้อมทั้งแสดงหลักฐานประกอบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะสาเหตุ 2 ประการดังนี้

ประการแรก รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้ ออกแบบขั้นตอนในการเรียนรู้โดยส่งเสริมให้เกิดองค์ประกอบของการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งอย่างครบถ้วน เช่น ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง นักเรียนนำข้อมูลจากขั้นสำรวจค้นหามาสร้างข้อกล่าวอ้างในขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้มีการระบุเหตุผล และหลักฐานประกอบข้อกล่าวอ้าง จากขั้นตอนนี้นักเรียนได้พัฒนาองค์ประกอบของการโต้แย้งได้แก่ ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล (Claims and warrants) และหลักฐาน (Evidence) ขั้นโต้แย้งนักเรียนสร้างข้อโต้แย้งที่ตรงข้ามกับข้อกล่าวอ้างของเพื่อนกลุ่มอื่นที่มีแนวคิดแตกต่างกัน และมีการการโต้แย้งเพื่อสนับสนุนแนวคิดของกลุ่มตนโดยแสดงหลักฐาน และโน้มน้าวให้เพื่อนเชื่อในข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน ซึ่งเป็นการพัฒนาองค์ประกอบของการโต้แย้งได้แก่ การโต้แย้ง (Counterarguments) การโต้แย้งเพื่อสนับสนุน (Supportive argument) และหลักฐาน (Evidence) ซึ่งสอดคล้องกับ ลิน และมินิทซ์ (Lin; & Minitze.

2010) ซึ่งได้เสนอองค์ประกอบการโต้แย้งที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) เหตุผล 3) การโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง 4) การโต้แย้งเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 5) หลักฐาน (Evidence) นอกจากนี้บรรยากาศในการเรียนรู้มีลักษณะผ่อนคลาย นักเรียนสนุกกับการหาหลักฐานมาโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างของกลุ่มอื่น นักเรียนทุกคนมีโอกาสดูแลแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานของหลักฐาน โดยหลังเรียนนักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าชอบกิจกรรมในชั้นเรียน รู้สึกสนุกสนาน และได้รับความรู้ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น “ชอบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้โต้แย้งจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง ทำให้การเรียนรู้ไม่น่าเบื่อ” สอดคล้องกับแนวคิดของแฮนด์ (Hand, 2008) ที่รายงานว่าความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนควรประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่ 1) การตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง อธิบายความสงสัย ประเมินข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน 2) การแก้ปัญหา และเหตุผล นำไปสู่การสร้างความรู้ร่วมกัน และโอกาสในการอภิปรายร่วมกัน 3) การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยครูต้องสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนกล้าที่จะโต้แย้ง

ประการที่สอง แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้ มีชั้นการสอนที่เป็นแนวทางให้ครูสามารถนำประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคมมาใช้ในการโต้แย้งผสมกับเนื้อหาในบทเรียนได้อย่างกลมกลืน โดยเริ่มจากขั้นจุดประกายความคิด ซึ่งสนับสนุนให้ครูเลือกเรื่องที่น่าสนใจในสังคมเพื่อกระตุ้นให้ตั้งคำถามที่ตนต้องการทราบ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ใช้การโต้ว่าที่ 3 ประเด็นได้แก่ อัมบุญคือโอกาสหรือสุญญากาศทางจริยธรรม ฐานข้อมูลจีโนมส่วนบุคคลนำไปสู่นวัตกรรมสุดล้ำหรือจุดเริ่มต้นการโจรกรรมทางพันธุกรรม และโคลนนิ่งมนุษย์สุดยอทางความคิดหรือวิกฤติด้านคุณธรรม ซึ่งนักเรียนจะตั้งคำถามจากประเด็นดังกล่าว ขึ้นสำรวจค้นหา นักเรียนค้นคว้าข้อมูลจาก ใบกิจกรรม บทความทางวิทยาศาสตร์ และอินเทอร์เน็ต แล้วบันทึกข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างข้อกล่าวอ้าง ขึ้นสร้างข้อกล่าวอ้าง นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลในการอธิบายพร้อมทั้งแสดงหลักฐาน บันทึกสิ่งที่ได้ลงในใบงาน และโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อเลือกข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน ขึ้นโต้แย้ง นักเรียนนำข้อกล่าวอ้างของกลุ่มมาใช้ในการโต้ว่าที่ และพยายามหาเหตุผล หลักฐาน โต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ตรงกันข้าม และให้นักเรียนทั้งห้องร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่าเห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างใดมากที่สุด และร่วมโต้แย้งประกอบหลักฐาน หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนบันทึกเปรียบเทียบข้อกล่าวอ้างของตนกับเพื่อน และเขียนสะท้อนว่าข้อกล่าวอ้างของตนเปลี่ยนไปอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการโต้แย้ง เป็นต้น ทั้งนี้จากบันทึกหลังสอนและการถอดเทปบทสนทนาในชั้นเรียนผู้วิจัยพบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถแสดงเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้างได้เพียง 1 - 2 เหตุผลเท่านั้น และไม่สามารถแสดงข้อกล่าวอ้างที่หักล้างข้อกล่าวอ้างที่ขัดแย้งกับตนได้ ครูต้องใช้คำถามกระตุ้นให้คิด จึงสร้างข้อกล่าวอ้างได้ และเริ่มเห็นพัฒนาการของนักเรียนอย่างชัดเจนในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยนักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างประกอบเหตุผลมากกว่า 3 เหตุผลขึ้นไป พร้อมกับอธิบายเชื่อมโยงหลักฐานต่างๆ

ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ โซฮาร์ และเนเมท (Zohar; & Nemet. 2002) ที่พบว่า การสอนทักษะการโต้แย้งจะประสบความสำเร็จที่สุดเมื่อเมื่อการเรียนให้ความสำคัญกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน ผลคือนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการโต้แย้ง และวาทกรรมทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และงานวิจัยของ อัศวิน ฐานะ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และพัฒน์ จันทรโรทัย (2558) ซึ่งจัดการเรียนรู้ ด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้ทรัพยากรธรรมชาติ พบว่าช่วยพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน อีกทั้งมาโลนี และไซมอน (Maloney; & Simon. 2006) พบว่าการโต้แย้งเป็นกลุ่ม และทั้งห้องเป็นแนวทางหนึ่งในการสอนการโต้แย้ง ซึ่งสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนได้ นอกจากนี้ แอนด์ และคนอื่น ๆ (Hand; et al. 2009) พบว่า SWH เป็นพื้นฐานการใช้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ การโต้แย้ง และการกระตุ้นให้เกิดแนวคิดและข้อมูลใหม่ๆ โดยนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการตรวจสอบ และเจรจาต่อรองทางความคิด ในบริบทที่หลากหลาย เช่น การอภิปราย การเขียน เป็นต้น ซึ่งช่วยส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน

3. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนนเฉลี่ยกลุ่มทดลองหลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมในภาพรวม อีกทั้งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ อาจเป็นเพราะสาเหตุ 2 ประการดังนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้โดยหน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีขั้นตอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียน โดยขั้นตอนประกายความคิดนักเรียนตั้งคำถามด้วยตนเองนำไปสู่คำถามจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความสนใจของนักเรียน เช่น ใครคือคนร้ายขโมยเพชร ขึ้นสำรวจค้นหานักเรียนทดสอบข้อกล่าวอ้างของตน ด้วยการค้นคว้าข้อมูล และทำกิจกรรมเพื่อสร้างความรู้ เช่น นักเรียนบันทึกข้อมูลที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุจำลอง ขึ้นสร้างข้อกล่าวอ้าง นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างประกอบหลักฐาน เช่น A คือคนขโมยเพชรเพราะพบลายนิ้วมือใกล้บริเวณที่เพชรถูกขโมย และผลการตรวจ DNA จากคราบเลือดในที่เกิดเหตุตรงกับ A ขึ้นโต้แย้ง นักเรียนแต่ละกลุ่มสมมติว่าตนเป็นทีมนักสืบเข้าร่วมการประชุมเพื่อพิจารณาคดี โดยแต่ละกลุ่มนำข้อกล่าวอ้าง ที่มีเหตุผล และหลักฐานสนับสนุนมาโต้แย้งเพื่อโน้มน้าวให้ทีมอื่นเชื่อข้อกล่าวอ้างของตน ซึ่งนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์หลักฐาน และสร้างข้อโต้แย้งเพื่อหักล้างอีกฝ่าย ในขั้นนี้นักเรียนได้อธิบายถึงความเข้าใจของตนในเนื้อหาเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ มีการวิเคราะห์เหตุผลหลักฐาน ดังนั้นเมื่อพิจารณาร้อยละของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้เป็นรายประเด็นพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาด้านความเข้าใจ และการวิเคราะห์สูงกว่าการพัฒนาด้านความจำ ทั้งนี้เนื่องจาก รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้ส่งเสริมความเข้าใจและการวิเคราะห์ จากกิจกรรมในชั้นสอนดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัย คิงเกอร์ จิบัน และกูเนลล์ (Kingir; Geban; & Gunel. 2012) ที่พบว่าเทคนิค SWH มีขั้นตอนสืบเสาะหาความรู้ และโต้แย้งที่

กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด และให้เหตุผลในเชิงลึก นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างมากในกระบวนการเรียนรู้ และสร้างความรู้ด้วยตนเองทั้งในรูปแบบรายบุคคล และกลุ่ม จึงช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์แตกต่างกันทุกกลุ่ม ประกอบกับผลการศึกษาการใช้ SWH ในชั้นเรียนพบว่า ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้ภาษา ทำให้การแสดงออกทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปดีขึ้น ช่วยพัฒนาคะแนนการทดสอบมาตรฐาน และกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Villanueva; & Brian Hand. 2011; Ford. 2008)

ประการที่สอง รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในหน่วยการเรียนรู้ เป็นการนำสถานการณ์ที่น่าสนใจจากสิ่งทีพบในชีวิตประจำวันโดยชั้นการสอนที่ต้องนำสถานการณ์มาให้ผู้เรียนโต้แย้ง เช่น การอัมบิอูญ อาหาร GMOs นิติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ กับบริบทสภาพจริงซึ่งช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดา พรหมมณัฐ เอกรัตน์ ศรีตัญญู และลัดดา มีสุข (2553) ที่พบว่า การสอนโดยเชื่อมโยงบริบทสภาพจริงช่วยพัฒนาแนวคิดด้านวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อีกทั้งนักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานมาสนับสนุนในการโต้แย้งประเด็นทางวิทยาศาสตร์สังคม จึงเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ทำให้มีความเข้าใจในเนื้อหา และแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งขึ้น สอดคล้องกับ คาวาเน็ตโต และแฮนด์ (Cavagnetto; & Hand. 2011) กล่าวว่า เทคนิค SWH มีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนมีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และตรวจสอบความรู้นั้น จากการเจรจาต่อรองจากบริบทที่เป็นสภาพจริงโดยใช้รูปแบบที่หลากหลาย เช่น การอภิปราย การเขียน เป็นต้น ซึ่งเป็นการสร้างความหมายให้กับการเรียนรู้ เทคนิค SWH เป็นเหมือนสะพานเชื่อมระหว่างรูปแบบการเรียนรู้ที่ไม่เป็นทางการ สู่รูปแบบการเขียนที่ส่งเสริมการสร้าง ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นทางการมากขึ้น โดยให้ความสำคัญกับเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเข้าใจทั้งเนื้อหาที่เรียน และการเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ เทคนิค SWH จึงมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการทดสอบด้วยข้อสอบมาตรฐานต่าง ๆ เช่น ข้อสอบระดับชาติ ข้อสอบระดับรัฐ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ประเด็นในการโต้แย้งที่นำมาใช้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ควรเป็นประเด็นวิทยาศาสตร์สังคมที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันในปัจจุบันจะสร้างบรรยากาศให้เกิดการโต้แย้งได้ดีกว่า โดยผู้วิจัยสังเกตพบว่าการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 อาหารแห่งอนาคตซึ่งเป็นการนำประเด็นวิทยาศาสตร์สังคมเข้ามาใช้

นักเรียนมีความสนใจ และกระตือรือร้นมากกว่าการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ซึ่งเป็นการโต้แย้งในเนื้อหาวิชา

1.2 การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง ในขณะที่นักเรียนดำเนินการต่าง ๆ ในช่วงเริ่มต้นครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิด ตั้งคำถาม และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพราะลักษณะนักเรียนบางกลุ่มอาจไม่คุ้นเคยกับการเรียนที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ครูจำเป็นต้องมีช่วงเวลาที่ให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ก่อนแสดงความคิดเห็น พยายามบอกคำตอบนักเรียนให้น้อยที่สุดแต่ใช้คำถามที่แคบขึ้น เพื่อส่งเสริมการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน หลังจากที่นักเรียนคุ้นเคยกับรูปแบบการเรียนรู้แล้วให้ครูค่อย ๆ ลดบทบาทของตนลง เน้นให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน เพราะจะช่วยให้บรรยากาศในการเรียนสนุกสนาน นักเรียนจะเกิดแรงบันดาลใจในการค้นคว้าหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน ทั้งนี้การสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองในห้องเรียนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิด และกล้านำเสนอแนวคิดของตน

1.3 ในการออกแบบหน่วยการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ในขั้นสำรวจค้นหา ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลุกจากที่นั่งเดินไปตามจุดต่างๆ เพื่อศึกษาหลักฐานและค้นหาข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยสังเกตพบว่าการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ซึ่งนักเรียนต้องลุกเดินไปตามจุดต่างๆ เพื่อหาหลักฐานคลี่คลายคดี นักเรียนมีความสนใจ และกระตือรือร้นในการค้นคว้ามากกว่าการใช้แผนการจัดการเรียนรู้อื่นๆ

1.4 เนื่องจากทุกครั้งที่เรียนมีการนำเสนอ ดังนั้นครูควรตั้งกติกาให้คนนำเสนอไม่ซ้ำกันในแต่ละครั้งเพื่อกระจายโอกาสให้ทุกคนในห้องมีส่วนร่วมในการนำเสนอ ดังหน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเมื่อสอนจนจบนักเรียนทุกคนในห้องได้มีโอกาสมาเสนอข้อกล่าวอ้างของตนหน้าห้อง โดยสามารถให้นักเรียนนำเสนอพร้อมกันเป็นกลุ่มได้ ไม่จำเป็นต้องดำเนินกิจกรรมเพียงผู้เดียว โดยเฉพาะช่วงเริ่มต้น เพื่อให้นักเรียนมีความมั่นใจ และพูดได้อย่างเป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยผู้วิจัยสังเกตพบว่า ในช่วงศึกษานำร่อง นักเรียนที่นำเสนอข้อกล่าวอ้างมักเป็นคนเดิม ทำให้นักเรียนคนอื่น ๆ ไม่กระตือรือร้นในขั้นสำรวจค้นหา

1.5 ครูควรนำรูปแบบการเรียนรู้จากหน่วยการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับหลายหน่วยการเรียนรู้ เพราะในการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้งจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้เวลานาน โดยจากผลการวิจัยนี้มีนักเรียนบางส่วนที่มีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้งคงที่

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH ไปทดลองใช้ในโรงเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกัน และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้หน่วยการเรียนรู้ เพราะผู้วิจัยศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จึงไม่ทราบถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรูปแบบการเรียนรู้

2.2 ควรศึกษาการใช้รูปแบบการสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งในกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนต่างระดับกันว่าให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ เพราะงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาในภาพรวมโดยไม่มีการแยกกลุ่มของนักเรียนในการวิเคราะห์

2.3 ควรมีการศึกษาความคงทนในการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แนวคิด เป็นต้น เพราะงานวิจัยนี้ศึกษาเพียงผลสัมฤทธิ์ในด้าน ความรู้ ความเข้าใจ และการวิเคราะห์ โดยไม่ได้ศึกษาความคงทนหลังการเรียน





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- (2552). ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- กาญจนา มหาลี; และ ชาศรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. 16(5): 795-809.
- ชนิษฐา ปาโท. (2555). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการเรียนรู้เรื่อง พลังงาน โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STSA Approach) และบ่งชี้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- จินดา พรหมณัฐ; และคนอื่น ๆ. (2553). ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัย และพัฒนา. 2: 32-41.
- ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์ และคณะ. (2540). พจนานุกรมศัพท์การศึกษา. กรุงเทพฯ: ไอ.คิว.บุ๊ค เซ็นเตอร์.
- ชัยวัฒน์ อุประตุกุล. (2528). วิทยาศาสตร์ไทยอดีต ปัจจุบัน อนาคต. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2555). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2(2): 233-260.
- เชิดชัย พลกุล. (2544). เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงกมล สินเพ็ง. (2551). การพัฒนาผู้เรียนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้: การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทพพร โลมาภิรักษ์. (2555). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พันธุกรรม ที่สอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการสารสนเทศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ไทรภพ จันทรศรี. (2553). ผลการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนบนเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การดำรงพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์. กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ทศนา แคมมณี. (2555). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพมหานคร: ด้านสุทธา.
- เบญจพร สาภักดี. (2555). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น ประถมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอน ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งในหน่วยการเรียนรู้สภาพอากาศ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ปริญดา ลิ้มพานนท์. (2554). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริม ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการตัดสินใจในประเด็นปัญหาเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนัก ทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิกุลรัตน์ บรรดาศักดิ์ไพศาล. (2555). การพัฒนายุทธศาสตร์เมตาคognition และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการ เรียนการสอน 7E. วิทยานิพนธ์. กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ภาวนา ะปะแก้ว. (2555). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึ่มประกอบการเรียนรู้กลุ่มร่วมมือแบบ STAD และแบบ LT. วิทยานิพนธ์. กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- รัศมี เทียมแสง. (2555). การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการ ใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ผสมผสานกับรูปแบบการเรียนรู้ปกติที่มีต่อ ความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผล การเรียนชีววิทยาต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 4).กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

นิภาภรณ์ เขยวัดเกาะ. (2545). ผลของการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความคงทนในการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลือชา ลดาชาติ; ลฎาภา สุทธกุล; และ ชาตรี ฝ้ายคำตา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย. วิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ (สังคมศาสตร์), 34(2), 269 – 282.

วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน. (2546). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เจตคติต่อการเรียนและความคงทนในการจำ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับผลการเรียนรู้ต่างกันจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย รูปแบบต่างกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร

อัจฉรา ปานรอด. (2555). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้การเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ (ค.ม.). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
สถาบันพระปกเกล้า. (2555). รายงานวิจัยการสร้างความปลอดภัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์รับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์

----- (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

----- (2546). จัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

----- (2552). กระบวนการเรียนรู้ที่ เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

----- (2552). คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทย สังกะการ PISA 2006 และ TIMSS 2007. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของคุรุสภา.

----- (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012*

คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุป

สำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: บริษัทแอด วานซ์พรินติ้งเซอร์วิส จำกัด

----- (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015*

วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์. สืบค้น

เมื่อ 10 ธันวาคม 2559, จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015/summaryreport>

สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.). (2555,5 กันยายน). *สรุปประเด็นการบรรยายพิเศษเรื่อง Improving Science Teaching โดย Tom Corcoran ที่สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน*.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2547). *เรียนรู้...บูรณาการ* กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

----- (2553). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.(พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุทธิดา จำรัส นฤมล ยุตาคม; และพรทิพย์ ไชยโส. (2552). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*. 14(4): 360-374.

สุธารพินท์ โนนศรีชัย. (2550). *การคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5ES)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.

นพคุณ แดงบุญ. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์*. สารนิพนธ์ ก.ศ.ม (การศึกษามัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

อังคณา ปัทมพงศา. (2555). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อัศวิน ฐานะ; ศศิเทพ ปิติพรเทพิน; และพัฒน์ จันทโรทัย. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้ง
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้ ด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์. *วารสารวิจัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น สาขามนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์*. 3(2): 14-24
- Abrams, Leah R; et al. (2015). The Many Facets of Genetic Literacy: Assessing the
Scalability of Multiple Measures for Broad Use in Survey Research. *PloS one*.
10(10): e0141532.
- Akerson, Valarie L.; & Volrich, Morgan L. (2006). Teaching Nature of Science Explicitly in
a First-Grade Internship Setting. *Journal of Research in Science Teaching*. 43(4):
377-394.
- Akerson, Valarie L.; Abd-El-Khalick, Fouad; & Lederman, Norman G. (2000). Influence of
a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions
of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(4): 295-317.
- Akkus, Recai; Gunel, Murat; & Hand, Brian. (2007). Comparing an InquiryBased
Approach Known as the Science Writing Heuristic to Traditional Science Teaching
Practices: Are There Differences? *International Journal of Science Education*.
29(14): 1745-1765.
- American Association for the Advancement of Science(AAAS). (1989). *Science for All
Americans. Project 2061*. (Online). Retrieved October 2014.
- (1993). *Benchmarks for
science literacy*. New York: Oxford University Press.
- (2006). Chapter 1 The
Nature of Science. Retrieved November 2014. from
<http://www.project2061.org/publications/rsi/online/SFAA/CHAP1.HTM#Nature>.
- Association for science education. (1981). *Education through science*. Hatfield: ASE
- Atkin J. M.; & Karplus R. (1962). Discovery of invention? *Sci. Teach*. 1962; 29:45.
- Barnett J. (2012). *The Wisdom of NOT Knowing*. <http://tedxteen.com/talks/tedxteen-2012/111-jacob-barnett-forget-what-you-know>.
- Bell Randy L.; et al. (2003). Just Do It? Impact of a Science Apprenticeship Program on
High School Students' Understandings of the Nature of Science and Scientific
Inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5): 487-509.
- Bell, Randy L. (2009). Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions. *Best
Practices in Science Education*. 15

- Bell, Randy L; Mulvey, Bridget K; & Maeng, Jennifer L. (2012). Beyond Understanding: Process Skills as a Context for Nature of Science Instruction. In *Advances in Nature of Science Research*. pp. 225-245. Springer.
- Bloom B.; & Englehart, M. Furst, E., Hill, W.; & Krathwohl D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. Handbook I: Cognitive domain. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Brown A. L.; & Campione J. C. (1990). Communities of learning and thinking, or a context by any other name. In D. Kuhn (Ed.), *Developmental perspectives on teaching and learning thinking skills*. *Contribution to Human Development*, 21, 108-126.
- Burke, K. A.; Hand, B. M.; Poock, J. R.; Greenbowe, T. J. (2005). Using the Science Writing Heuristic: Training Chemistry Teaching Assistants. *J. Coll. Sci. Teach.* 35. 36-41.
- Burke, K.A.; Greenbowe, Thomas J; & Hand, Brian M. (2005). Excerpts from the Process of Using Inquiry and the Science Writing Heuristic. *Iowa State University*. Retrieved May. 30: 2010.
- Bybee; et al., (2006). The BSCS 5E instructional model: origins, effectiveness, and applications. Colorado Springs: BSCS.
- Bybee R. W., Trowbridge, L. W., & Powell, J. C. (2004). *Teaching secondary school science: Strategies for developing scientific literacy* (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall
- Callahan, B. E. (2009). Enhancing nature of science understanding, reflective judgment, and argumentation through socioscientific issues" Dissertation, Ph.D. (Secondary Education). College of Education. University of South Florida.
- Carin, A. A.; & Bass J. E.; & Contant, T.L. (2005). *Methods for teaching science as inquiry* (9th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson/ Merrill Prentice Hall.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: a review of argument interventions in K-12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371
- Cavagnetto, Andy; & Hand, Brian. (2012). The Importance of Embedding Argument within Science Classrooms. In *Perspectives on Scientific Argumentation*. pp. 39-53. Springer.

- Cavagnetto, Andy; & Hand, Brian. (2012). The Importance of Embedding Argument within Science Classrooms. In *Perspectives on Scientific Argumentation*. pp. 39-53. Springer.
- Cavallo, Ann ML; et al. (2003). Learning, Reasoning, Motivation, and Epistemological Beliefs. *Journal of College Science Teaching*. 33(3): 18.
- Center of Unified Science Education. (1974). *The dimensions of scientific literacy*. Columbus, OH: The Ohio State University.
- Chamrat S. (2009) *Exploring Thai Grade 10 Chemistry Students' Understanding of Atomic Structure Concepts and the Nature of Science through the Model-based Approach*. Dissertation, Ph.D. (Science Education). Graduate School. Kasetsart University.
- Clark, D. B.; & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded Discussions to Scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*. 29. 253-277.
- Clough, M. P. (2004). The nature of science: Understanding how the "game" of science is played. In J. Weld (Ed.), *The game of science education*. 198–227. Boston: Allyn and Bacon.
- Collins, A.; & Brown, J. S.; & Newman, S. E. (1989). *Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics*. In L. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser*. 453–494. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Creswell, John W. (2012). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Approaches*. Sage publications.
- Cronbach, Lee. J. (1990). *Essentials of Psychology Testing*. 5th ed. New York: HarperCollins Publishers Inc.
- Crowther, D. T., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2005). Understanding the True Meaning of Nature of Science. *Science and Children*, 43(2), 50-52.
- Demirbag M.; & Gunel, M. (2014). Integrating Argument-Based Science Inquiry with Modal Representations: Impact on Science Achievement, Argumentation, and Writing Skills. *Educational Sciences: Theory & Practice*. 14(1): 386-391.
- Deanna; & Udell, Wadiya. (2003). The Development of Argument Skills. *Child Development*. 74(5): 1245-1260.
- Driver R.; & Newton P.; & Osborne J.F. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*. 84(3): 287-312.

- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5– 12.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl R. (2008). Science education in 3-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Duschl R.; &Ellenbogen K.; & Erduran S. (1999). Promoting Argumentation in Middle School Science Classrooms: A Project SEPIA Evaluation. In Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
- Eemeren F.H.; et. al. (1996). *Fundamentals of Argumentation Theory. A Handbook of Historical Backgrounds and Contemporary Developments*.
- Egan, Lori Ann. (2013). The Effect of Incorporating the Science Writing Heuristic Approach to Inquiry Activities in a High School Science Classroom.
- European Commission. (2007). Science Education NOW a Renewed Pedagogy for the Future of Europe. *Directorate General for research. Brussels*.
- Falk A. & Brodsky L. (2013) Scientific Argumentation As A Foundation For The Design Of Inquiry-Based Science Instruction, *The Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*. 13: 27 – 55.
- Firestone, Jonah B; et al. (2012). The Nature of Science or the Nature of Teachers: Beginning Science Teachers' Understanding of Nos. In *Advances in Nature of Science Research*. pp. 189-206. Springer.
- Foong, Chan-Choong; & Daniel, Esther GS. (2010). Assessing Students' Arguments Made in Socio-Scientific Contexts: The Considerations of Structural Complexity and the Depth of Content Knowledge. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 9: 1120-1127.
- Ford, Michael. (2008). Disciplinary Authority and Accountability in Scientific Practice and Learning. *Science Education*. 92(3): 404-423.
- Ford, Michael. (2008). 'Grasp of Practice' as a Reasoning Resource for Inquiry and Nature of Science Understanding. *Science & Education*. 17(2): 147-177
- García-Carmona, Antonio; & Díaz, José Antonio Acevedo. (2016). Learning About the Nature of Science Using Newspaper Articles with Scientific Content. *Science & Education*. 25(5-6): 523-546.

- Garcia-Mila, Merce; et al. (2013). The Effect of Argumentative Task Goal on the Quality of Argumentative Discourse. *Science Education*. 97(4): 497-523.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of Education*. New York : Mc Graw-Hill Book.
- Habermas, J. (1981). *The Theory of Communicative Action*. Boston, MA: Beacon Press.
- Hand B. M. (2008). *Science inquiry, argument and language*, Sense Publishers.
- Hand B.; & Wallace C.; & Prain, V. (2003, August). *Teacher issues in using a science writing heuristic to promote science literacy in secondary science*. Paper presented at the European Science Education Research Association Conference,
- Hand, B. & Norton-Meier, L. (2011). *Voices from the Classroom: Elementary teachers' experience with argument-based inquiry*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Hand, Brian; et al. (2009). *Negotiating Science: The Critical Role of Argument in Student Inquiry, Grades 5-10*. Heinemann Educational Books.
- Hickerson, Caroline E. (2012). *Science writing heuristic effects on students' understanding of the nature of science*. Dissertation, M.A. (Science Education). University of Wyoming.
- Hitchcock, D.; & Verheij, B. (2006). *Arguing on the Toulmin Model*. Springer.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hogan, Kathleen. (2000). Exploring a Process View of Students' Knowledge About the Nature of Science. *Science Education*. 84(1): 51-70.
- Hurd, P.D. (1960). *Biological education in American secondary schools, 1890-1960*. Washington, DC: AIBS.
- Jenkins, E.W. (2006). The Student Voice and School Science Education, *Studies in Science Education*, 42, 49-88.
- Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- Jimenez-Aleixandre M.P.; &Rodrigues A. B.; & Duschl, R.A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*. 84(6). 757-792.

- Jiménez-Aleixandre M.P.; & Erduran S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In *Argumentation in Science Education*. pp. 3-27. Springer Netherlands.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2014). Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic Practices. *Science & Education*. 23(2): 465-484.
- Kaewmuangmoon S. (2008). A development of the upper secondary science curriculum on genetics to enhance socio-scientific decision-making ability. Dissertation. Ph.D. (Science Education). Graduate College. Srinakharinwirot University
- Kaewmuangmoon, S. (2008). A Development of the Upper Secondary Science Curriculum on Genetics to Enhance Socio-Scientific Decision Making Ability. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
- Kampourakis, K.; et al. (2014). Genetics and Society—Educating Scientifically Literate Citizens: Introduction to the Thematic Issue. *Science & Education*. 23(2): 251-258.
- Kang, S., L. Scharmann, and T. Noh. (2004). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education* 89(2):314-334.
- Keeves, J.P. (1997). Models and Model Building. *Educational research, methodology, and measurement: An international handbook*. 2: 386-394.
- Kelly, Gregory J.; & Takao, Allison. (2002). Epistemic Levels in Argument: An Analysis of University Oceanography Students' Use of Evidence in Writing. *Science Education*. 86(3): 314-342.
- Khishfe, R. (2012). Relationship between Nature of Science Understandings and Argumentation Skills: A Role for Counterargument and Contextual Factors. *Journal of Research in Science Teaching*. 49(4): 489-514.
- Khishfe, R. (2008). *The development of seventh graders' views of nature of science*. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(7), 551–578.

- Khishfe, R.; & Lederman, Norman. (2006). Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated Versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*. 43(4): 395-418.
- Kingir, Sevgi; Geban, Omer; & Gunel, Murat. (2012). How Does the Science Writing Heuristic Approach Affect Students' Performances of Different Academic Achievement Levels? A Case for High School Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. 13(4): 428-436.
- (2013). Using the Science Writing Heuristic Approach to Enhance Student Understanding in Chemical Change and Mixture. *Research in Science Education*. 43(4): 1645-1663.
- Klopfer L. (1990) 'Learning Scientific Enquiry in the Student Laboratory', in Hegarty-Hazel, E.(ed.), *The Student Laboratory and the Science Curriculum*, Routledge, London
- Kolb, David A. (2014). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. FT press.
- Kuhn D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kuhn, Khalick, A. F. (2003). Socioscientific Issues in Pre-College Science Classrooms. In *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Edited by Zeidler, Dana L. V. 19. pp. 41-61. Springer Netherlands.
- Khalick, A. F.; Bell, R. L.; & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*. 82(4): 417-436.
- Khalick, A. F. (2013). Teaching with and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*. 22(9): 2087-2107.
- Khalick, A. F.; & Lederman, N. G. (2000). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(10): 1057-1095.
- Lai, M. (2012). *Nature of Science Knowledge and Scientific Argumentation Skills in Taiwanese College Biology Students*. (Electronic Thesis or Dissertation). Retrieved from <https://etd.ohiolink.edu/>
- Lawson, (1995). Lawson A. E. *Science Teaching and the Development of Thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company

- Leach, J., Hind, A., & Ryder, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(3), 831–848.
- Lederman N. G; & Antink A.; & Bartos S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science & Education*. 23(2): 285-302.
- Lederman N.G; Wade.; Philip D.; & Bell R. (1998). Assessing the Nature of Science: What Is the Nature of Our Assessments? *Science & Education*. 7(6): 595-615.
- Lederman, N. G. (1992). *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331–359.
- (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* pp. 301-317. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1): 1-11.
- (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman(Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah. 831-880. N.J: Lawrence Erlbaum Associates.pp.
- Lederman, N. G.; et al. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(6): 497-521.
- Lederman, N. G.; & Abell, S.K. (Eds.). (2014). *Handbook of research on science education* (Vol. II). New York, NY: Routledge.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In *Scientific Inquiry and Nature of Science*. pp. 301-317. Springer.
- Lin H.; Chiu H. L.; & Chou C. Y. (2004). *Student understanding about the nature of science and their problem-solving strategy*. *International Journal of Science Education*, 26(1): 101-112. (SSCI)
- Loannidis Stavros. (2011). Some Foundational Debates in Philosophy of Biology. *Metascience*. 20(2): 351-354.

- Lonsbury J. G.; & Ellis J. D. (2002,Dec). *Science History as a Means to Teach Nature of Science Concepts: Using the Development of Understanding Related to Mechanisms of Inheritance Electronic*. *Journal of Science Education* 7(2).
- Mahwah N.J. et. al. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*. 88(6). 915-933.
- Maloney, Jane; & Simon, Shirley. (2006). Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation. *International Journal of Science Education*. 28(15): 1817-1841.
- Martin, AnitaM; & Hand, Brian. (2009). Factors Affecting the Implementation of Argument in the Elementary Science Classroom. A Longitudinal Case Study. *Research in Science Education*. 39(1): 17-38.
- Mason L.; & Scirica F. (2006). Predication of Students'Argumentation Skills About Controversial Topics by Epistemological Understanding.Learning and Instruction. 16:492–509.
- Mason, Lucia; & Scirica, Fabio. (2006). Prediction of Students' Argumentation Skills About Controversial Topics by Epistemological Understanding. *Learning and Instruction*. 16(5): 492-509.
- McComas W. F.; & Olson J. K. (1998). *The Nature of Science in International Science Education Standards Documents*. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. pp. 41–52. Dordrecht: Kluwer Academic.
- McComas W.F. (2000). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- (2002). Science and its myths. In *The Skeptic Encyclopedia of Pseudoscience*. 430-442. Santa Barbara, Calif.: ABC CLIO Press.McComas
- (2005, April 2005). *Seeking NOS Standards: What Content Consensus Exists in Popular Books on the Nature of Science?* In: Paper presented at the annual conference of the national association of research in science teaching. Dallas: TX.

- McComas W.F.; Clough M.P.; & Almazroa H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. *Science & Education*. 7(6); 511-532.
- McComas W.F.; & WilliamF. (2002). The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling the Myths. In *The Nature of Science in Science Education*. Edited by McComas, WilliamF. V. 5. pp. 53-70: Springer Netherlands.
- McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* . pp. 3-39. Dordrecht: The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McDonald Christine V. (2010). The Influence of Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction on Preservice Primary Teachers' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 47(9): 1137-1164.
- Michael Ruse. (1999 ,August) *Mystery of Mysteries: Is Evolution a Social Construction?* Harvard University Press. 19(5): 43-44
- Murcia, K.; & Schibeci R. (1999). Primary Student Teachers' Conceptions of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*. 21(11): 1123-1140.
- National Research Council [NRC]. (2008). *Ready, set, science!: Putting research to work in K-8 science classrooms*. Washington DC: The National AcademiesPress.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Committee for Science Education Standards and Assessment. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association. (1995)Sequence and coordination of high school science. Washington DC.
- Niaz, Mansoor; & Rodriguez, Maria A. (2000). Teaching Chemistry as Rhetoric of Conclusions or Heuristic Principles - a History and Philosophy of Science Perspective. *Chemistry Education Research and Practice*. 1(3): 315-322.
- Noordwijkerhout. (2007). *Science Inquiry, Argument and Language: A Case for the Science Writing Heuristic*. Sense Publishers.
- Norris S.; Philips L.; & J. Osborne. (2007). *Scientific inquiry:The Place of Interpretation and Argumentation*. J. Luft, R. Bell & J. Gess-Newsome (Eds.), Science as Inquiry in Secondary Setting. Arlington, VA: NSTA Press.

- Norris, S. P.; & Philips L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific literacy. *Science Education*. 87. 224–240. VA: NSTA Press.
- Norton-Meier L.; et.al. (2008). *Questions, Claims and Evidence: The important place of argument in children's science writing*. Heinemann: Portsmouth, NH.
- Nuangchalem P. (2010). Engaging students to perceive nature of science through socioscientific issuesbased instruction. *Eur. J. Soc. Sci.* 13: 34-37.
- Oliveira A. W.; & et al. (2012). The Implicit Communication of Nature of Science and Epistemology During Inquiry Discussion. *Science Education*. 96(4): 652-684.
- Palachot A. (2008). The Development Learning Unit with Corporate Scientific Explanation Using Fading Scaffold Technique to promote Students' Reasoning Skills.Ed.D (Science Education). Bangkok : Bangkok Graduate School. Srinakharinwirot university.
- Poomsripanon. J. (2006). The enhancement of an understanding the nature of science by the use of GIS for study the mollusk ecology through 5Es learning cycle model. Doctor of Philosophy, Graduate School, Mahidol University
- Popper R.K. (1963). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (5th ed. revised). New York: Routledge.
- (1988). *The Open Universe: An Argument for Indeterminism*. New York: Routledge.
- Prawat R. S. (1992). Teachers' beliefs about teaching and learning: A constructivist perspective. *American Journal of Education*. 354-395.
- Promyod N. (2013). *Investigating the shifts in Thai teachers' view of learning and pedagogical practices while adopting an argument-based inquiry approach*. Dissertation, Ph.D. (Science Education). Graduate College. the University of Iowa.
- Reeves T. C. (2002). Effects of Designed Learning Strategies to Enhance Biology Students's Understanding of the Nature of Science. Education. Dissertation. Ph.D. (Education). The University of Mississippi.
- Roberto; & Pietrocola M. (2012). History and Nature of Science in High School: Building up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. *Science & Education*. 21(5): 657-682.
- Robinson, J. R. (1968). *The nature of science and science teaching*. Belmont: Wadsworth.
- Robinson, J. T. (1969). Philosophy of science: Implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*. 6: 99–104.

- Rovinelli, Richard J; & Hambleton, Ronald K. (1976). On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion-Referenced Test Item Validity.
- Rutherford J. F. (1964). The Role of Inquiry in Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2); 80–84.
- Saka, Arzu; et al. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and Chromosome? *Journal of Science Education and Technology*. 15(2): 192-202.
- Sampson V.; Grooms J.; & Walker J. (2009). Argumentdriveninquiry: A way to Promote Learning During Laboratory Activities. *The Science Teacher*. 76(7): 42-47.
- Sampson V; & Gleim, L. (2009). Argument-driven inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology. *The American Biology Teacher*. 71(8):465-472.
- Sandoval W. A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on learning Through Inquiry. *Science Education*. 89(4): 634–656.
- Sandoval W. A.; & Millwood K. A. (2008). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. pp. 68-85: Springer.
- Schwab. J.J. (1964), Structure of the disciplines: meanings and significances in G.W. Ford and L. Pugno (Eds.) *The structure of knowledge and the curriculum*. pp.1-31. New York: Rand McNally
- Schwartz R. S.; Lederman N. G.; & Crawford B.A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*. 88(4): 610-645.
- Schwartz, Reneé S; Lederman, Norman G; & Crawford, Barbara A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science education*. 88(4): 610-645
- Scruggs T.E.; & Mastropieri. M.A. (2007). Science learning in special education: The case for constructed vs. instructed learning. *Exceptionality*. 15: 57-74.

- Shea, Nicole Anne. (2013). *Investigating the Role of Content Knowledge, Argumentation, and Situational Features to Support Genetics Literacy*. Rutgers The State University of New Jersey-New Brunswick.
- Siegel H. (1989). The rationality of science, critical thinking and science education. *Synthese*. 80:9–41.
- (1995). Why should educators care about argumentation? *Informal Logic*, 17(2): 159-176.
- (2006). Epistemological diversity and education research: Much ado about Nothing much ?. *Educational Researcher*. 35(2): 3-12.
- Sinthuwa, W.; & Kanyaprasith, K. (2015). The Study of 12th Grade Student's View of Nature of Science: Classroom Action Research. In Picken D.B. S.; & Platt, J. (Eds). *The International Academic Forum (IAFOR) Official Conference Proceedings* (pp.521- 529). Osaka, Japan. (ISSN) 2189-101X.
- Smith M. K; & Knight J. K. (2012). Using the Genetics Concept Assessment to Document Persistent Conceptual Difficulties in Undergraduate Genetics Courses. *Genetics*. 191(1): 21-32.
- Swinbak, E.&Taylor, J.(eds). (2007). *Perspctive on Science: The History, Philospy and Ethics of Science*. Heinemann, Harlo: Essex
- Sykes Mabel. (1909). The Central Association of Science and Mathematics Teachers Algebra Report of 1907. *School Science and Mathematics*. 9(2): 114-120.
- Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*. 23: 259-266.
- Toulmin. S. E. (1958), *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1967), *The Philosophy of Science. An Introduction*. London: Hut- chinson University Library.
- (2003). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press.
- Trowbridge L. W., Bybee R. W. (1996). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. Englewood Cliffs. Models for effective science teaching; pp. 213– 221.NJ: Merrill.
- Tuominen, M. (2007). *Apprehension and Argument: Ancient Theories of Starting Points for Knowledge*. Springer.
- Villanueva M.G.; & Hand B. (2011). Data versus evidence: Investigating the Difference. *Science Scope*. 35 (1): 42-45.

- Von Glasersfeld, Ernst. (1995). *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*. *Studies in Mathematics Education Series: 6*. ERIC
- Wertsch, J. (1991). *Voices of the Mind: A Sociocultural Approach to Mediated Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Westaway, F. W. (1929). *Science Teaching*. Glasgow & London: Blackie. pp. 442.
- Wichaidit S. (2010). *A development of plant Biology learning unit incorporated with an analogy technique for lower secondary school student*. Dissertation. Ph.D. (Science Education). Graduate College. Srinakharinwirot University.
- Yerrick Randy K. (2000). Lower Track Science Students' Argumentation and Open Inquiry Instruction. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(8): 807-838.
- Yip Din-yan. (2006). Using History to Promote Understanding of Nature of Science in Science Teachers. *Teaching Education*. 17(2): 157-166.
- Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the Literacy Component of Science Literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*. 25(6): 689–725.
- Young, Natalie Jamelle. (2011). The effect of explicit instruction on student views of the nature of science and science related attitudes. Thesis. M.S. California State University.
- Zohar, Anat; & Nemet, Flora. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(1): 35-62.

ภาคผนวก





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

1. หน่วยการเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ โดยการใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้ง
 - 1.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร
คณบดีคณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 1.2 ดร.สมควร ไช้แก้ว
ครูชำนาญการ โรงเรียนเมืองกลาง
 - 1.3 นางสาวศิริพร โกมารกุล
ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต
2. แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
 - 2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2.2 อาจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส
ภาควิชาหลักสูตร การสอน และการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 - 2.3 ดร.นันทยา อัครอารีย์
นักวิชาการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง
 - 3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.นลินา ประไพรัชสิทธิ์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 3.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 3.3 ดร. ณัฐธิดา พรหมยอด
นักวิชาการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเทคโนโลยีพันธุศาสตร์
 - 4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์
คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 4.2 อาจารย์ ดร. พินิจ ขำวงษ์
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - 4.3 นางสาวศิริพร โกมารกุล
ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
- ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคต หรือ ภัยร้ายใกล้ตัว

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 4 (ว30244)

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เวลา 2 คาบ

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

ผู้สอน นางสาววราลี สินธูวา

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทาง

พันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัดที่ ว 1.2 ม.4-6/2 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของเทคโนโลยี ชีวภาพที่มีต่อ มนุษย์และสิ่งแวดล้อมและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหา

ความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถ อธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลา นั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัดที่ ว 8.1 ม.4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูลแปลความหมายข้อมูลและประเมินความ สอดคล้องของข้อสรุปหรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีทาง DNA และการนำ ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างพืช และสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม
2. สร้างข้อกล่าวอ้างประกอบเหตุผล และโต้แย้งบนพื้นฐานของหลักฐาน
3. อธิบาย และสะท้อนมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคม วิทยาศาสตร์

จุดประสงค์

ด้านพุทธิพิสัย (K)

1. เพื่อให้นักเรียน วิเคราะห์ และอภิปราย เกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพและการนำสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์ด้านการสร้างพืชและสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม

ด้านทักษะพิสัย (P)

1. เพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง และโต้แย้ง ประกอบหลักฐานอย่างมีเหตุผล

ด้านจิตพิสัย (A)

1. เพื่อให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน

ด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจว่าความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS 1)

2. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าสังคมและวัฒนธรรมมีความเกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (NOS 3)

สาระสำคัญ/แนวคิดหลัก

อาหารดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Food) คือ อาหารที่เป็นผลผลิตจากสิ่งมีชีวิตที่มีการดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม เพื่อให้อาหารเหล่านั้นมีคุณสมบัติที่จำเพาะเจาะจงตามที่ต้องการ โดยในปัจจุบันมนุษย์สร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms; GMOs) หลายชนิด

แนวคิดหลักด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความปลอดภัยของอาหารดัดแปรพันธุกรรมยังเป็นประเด็นในสังคมที่ยังไม่มีข้อสรุป มีทั้งฝ่ายที่สนับสนุน และต่อต้าน ด้วยเหตุผลและหลักฐานที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์หรือคนในสังคมรวมถึงบริบททางสังคมและวัฒนธรรมมีบทบาทต่อการลงความเห็นในประเด็นดังกล่าว กรณีศึกษาเรื่องอาหารดัดแปลงพันธุกรรมจึงเป็นตัวอย่างที่ชัดเจนในการสะท้อนถึงมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้าน การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม ค่านิยมของของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ (Subjective and theory-laden nature of scientific knowledge) และมีมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์(The social and cultural embeddedness of scientific knowledge)

วิธีการจัดกิจกรรม

1. ขั้นตอนประกายความคิด (Beginning idea)

1.1 ครูนำมะละกามา 2 ลูก แล้วถามว่ามะละกอ 2 ลูกนี้มีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร และถ้าให้นักเรียนเลือกว่ารับประทาน จะรับประทานหรือไม่ จะรับประทานลูกไหนเพราะเหตุใด แล้วถามต่อว่าถ้ามีฉลากบอกว่าลูกนี้เป็น GMOs นักเรียนจะกินหรือไม่ นักเรียนมีความคิดอย่างไรต่อพืช GMOs

(แนวการตอบ คำตอบหลากหลายขึ้นอยู่กับนักเรียน เช่น รับประทานทั้ง 2 ลูกเพราะลักษณะที่ปรากฏไม่แตกต่างกัน รับประทานลูกที่ไม่มีฉลากเพราะมั่นใจในความปลอดภัยมากกว่า)

1.2 ให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ทั้งฝ่ายสนับสนุน และฝ่ายค้านการใช้ผลิตภัณฑ์จาก GMOs ดังนี้ โฆษณาผลิตภัณฑ์จาก GMOs ซึ่งแสดงถึงประโยชน์ และ การประท้วงต่อต้าน GMOs จาก กลุ่ม NGO และตั้งคำถามจากการดูวีดิทัศน์

1.3 ครูถามนักเรียนว่า หลังจากดูวิดีโอแล้ว อยากรู้อะไรบ้าง ครูปรับคำถามให้สามารถนำเข้าสู่เรื่องที่จะเรียนแล้วเขียนคำถามในใบงานที่ 4 ข้อ 1

(แนวการตอบ คำตอบหลากหลายขึ้นอยู่กับนักเรียน เช่น อาหารดัดแปรพันธุกรรม เป็นประโยชน์ หรือมีโทษ กับมนุษย์อย่างไร)

1.4 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความเชื่อเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีแนวคิดที่ GMOs เป็นอาหารแห่งอนาคต และกลุ่มที่มีแนวคิดว่าเป็นภัยร้ายใกล้ตัว โดยแต่ละกลุ่มให้แบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย (จำนวนกลุ่มย่อยสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามจำนวนนักเรียนขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครู เพื่อให้การจัดกิจกรรมเป็นไปได้อย่างทั่วถึง)

2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)

2.1 ให้แต่ละกลุ่มย่อยศึกษาบทความที่ตรงกับแนวคิดของตน โดยกลุ่มที่มีความคิดเห็นว่าอาหารดัดแปรพันธุกรรม คืออาหารแห่งอนาคตให้อ่านบทความที่ 1 ซึ่งสนับสนุนอาหารดัดแปรพันธุกรรม ส่วนกลุ่มย่อยที่มีความคิดเห็นว่า อาหารดัดแปรพันธุกรรมคือภัยร้ายใกล้ตัวให้อ่านบทความที่ 2 ซึ่งต่อต้านอาหารดัดแปรพันธุกรรม ในใบกิจกรรมที่ 4 ทั้งนี้ นักเรียนสามารถค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ตได้

2.2 ให้แต่ละคนเขียนข้อมูลที่ทราบจากบทความ และน่าจะเป็นประโยชน์ในการหาคำตอบในใบงานที่ 4 ข้อ 2

3. ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim)

3.1 ให้นักเรียนอภิปรายความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มในประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคต หรือ ภัยร้ายใกล้ตัว แล้วสร้างข้อกล่าวอ้างโดยตอบคำถามในใบงานที่ 4 ข้อ 3 และเขียนแสดงหลักฐานใน ข้อ 4

4. ชั้นโต้แย้ง (Argumentation)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความคิดของกลุ่มต่อประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือ ภัยร้ายใกล้ตัว พร้อมนำหลักฐานประกอบ

4.2 กลุ่มอื่น ๆ ฟังและเสนอความคิดเห็นโต้แย้งในกรณีที่ข้อสรุปไม่ตรงกับกลุ่มตนพร้อมบอกเหตุผลและแสดงหลักฐาน

4.3 นักเรียนแต่ละคนเขียนตอบคำถามในใบงานที่ 4 ข้อ 5 ความคิดเห็นของนักเรียนเหมือนหรือต่างจากของเพื่อนอย่างไร

4.4 นักเรียนร่วมกันโหวตว่าอาหารดัดแปรพันธุกรรม คืออาหารแห่งอนาคต หรือภัยร้ายใกล้ตัว

4.4 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว กล่าวถึง ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับงานวิจัยที่กล่าวว่า DNA ที่ผ่านกระเพาะ และลำไส้แล้วพบว่า PCR ไม่สามารถ ตรวจสอบได้ และ การตรวจสอบพืชดัดแปรพันธุกรรมก่อนนำสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

5. ขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflection)

5.1 ครูตั้งคำถามดังนี้

- เพราะเหตุใดแต่ละกลุ่มจึงมีความคิดเห็นแตกต่างกัน
- ความเชื่อส่วนบุคคล ความรู้ และประสบการณ์เดิมมีผลต่อการยอมรับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าสังคมเพื่อนมีอิทธิพลต่อความคิดของนักเรียน ในการยอมรับหรือ ปฏิเสธอาหารดัดแปรพันธุกรรมหรือไม่อย่างไร ให้นักเรียนเขียนตอบในใบงานที่ 4 ข้อ 6 - 8

5.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเปรียบเทียบกระบวนการที่นักเรียนทำเพื่อตอบคำถามกับงานทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยเชื่อมโยงเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น การถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ดังนี้ การที่นักเรียนได้รับประสบการณ์เดิมจากสื่อ ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับอาหารดัดแปรพันธุกรรมก่อนจะเข้าห้องเรียน เมื่อเข้ามาแล้วได้อ่านบทความที่มีความคิดตรงกับตนก็มีแนวโน้มที่จะเชื่อบทความนั้น และขัดแย้งกับบทความที่ไม่ตรงกับความคิดตน เปรียบเหมือนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งประสบการณ์เดิม

อาจมีอิทธิพลต่อการลงความเห็น สังคมก็เช่นกันมีผลต่อนักวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจให้เลือกทำงานวิจัย หรือการสรุปผล คล้ายกับนักเรียนที่สังคมเพื่อนมีผลต่อการตัดสินใจ

5.3 นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบที่ 4

การวัดและการประเมินผล

รายการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์		
		3	2	1
1.นักเรียน วิเคราะห์และอภิปรายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางชีวภาพและการนำสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์ด้านการสร้างพืชและสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม	แบบทดสอบที่ 4	- นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านการดัดแปรพันธุกรรมมาวิเคราะห์ความปลอดภัยในการใช้โดยให้เหตุผลประกอบได้ถูกต้องถูกต้องทั้งหมด	-นักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านการดัดแปรพันธุกรรมมาวิเคราะห์ความปลอดภัยในการใช้ได้ถูกต้องโดยให้เหตุผลประกอบถูกต้องบางประเด็น	-นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้ด้านการดัดแปรพันธุกรรมมาวิเคราะห์ความปลอดภัยในการใช้หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือ ไม่ให้เหตุผล

รายการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์		
		3	2	1
2.นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	ใบงาน	นักเรียนส่งงานครบและตรงเวลา	นักเรียนส่งงานครบ หรือ ตรงเวลา อย่างไม่อย่างหนึ่ง	นักเรียนไม่ส่งงาน

รายการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	การวิเคราะห์
3.นักเรียนมีความเข้าใจว่าความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์	แบบทดสอบที่ 4	- นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ชัดเจน : นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ประสบการณ์ ความรู้ หรือ ความเชื่อของตนประกอบการลงความคิดเห็น พร้อมยกตัวอย่าง เช่น มีคือ ตูมีแนวโน้มน้ำที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธ น้ำเต้าหู้ตัดแปรพันธุ์กรรมโดย ประสบการณ์เดิมของตนประกอบการพิจารณาหลักฐาน เช่น พ่อแม่ปลูกฝังไม่ให้รับทานพืชตัดแปรพันธุ์กรรม - นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บางส่วน : นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ประสบการณ์ ความรู้ หรือ ความเชื่อของตนประกอบการลงความคิดเห็น แต่ไม่ยกตัวอย่าง เช่น ตูมีแนวโน้มน้ำที่จะยอมรับ หรือปฏิเสธ น้ำเต้าหู้ตัดแปรพันธุ์กรรมโดย ประสบการณ์เดิมของตน - นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดย ความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ : นักเรียนไม่ตอบ หรือ นักเรียนไม่กล่าวถึงประเด็นความรู้ ประสบการณ์เดิม และค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์ไม่มีผลต่อการลงความเห็น เช่น ไม่มีผลต่อการตัดสินใจ, มีผลต่อการตัดสินใจ

รายการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	การวิเคราะห์
	แบบทดสอบ ที่ 4	- นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้าน มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ชัดเจน : นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าสังคมและวัฒนธรรมมีความ เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์พร้อมยกตัวอย่างเช่น ประเพณีและวัฒนธรรมมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ดัด แปรพันธุกรรม เช่น ถ้าสังคมมองว่าการนำถั่วเหลืองดัดแปร พันธุกรรมมาผลิตน้ำเต้าหู้ เป็นการฝืนกฎธรรมชาติ ก็จะมี เกิดต่อต้านการวิจัยด้านพืชดัดแปรพันธุกรรมก็จะทำให้งาน ด้านดังกล่าวพัฒนาไปได้ช้า - นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้าน มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ บางส่วน : นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าสังคมและวัฒนธรรมมีความ เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ยกตัวอย่าง ประกอบ เช่น ประเพณีและวัฒนธรรมมีผลต่อการยอมรับ ผลิตภัณฑ์ดัดแปรพันธุกรรม - นักเรียนมีมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้าน มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ไม่ สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ : นักเรียนไม่ ตอบ หรือ แสดงความคิดเห็นว่าสังคมและวัฒนธรรมไม่มี ความเกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่มีหลักการแน่นอน สังคมและ วัฒนธรรมไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	การวิเคราะห์
5.เพื่อให้ นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้ง ประกอบหลักฐานอย่างมีเหตุผล	- แบบทดสอบที่ 4	นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง และสร้างข้อโต้แย้งอย่างมีเหตุผล : นักเรียนกล่าวถึงข้อกล่าวอ้างของตนเองและกล่าวเชื่อมโยงถึงหลักฐาน สนับสนุนได้อย่างมีเหตุผล และสามารถโต้แย้งเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ เช่น ไม่เห็นด้วยเพราะ การตัดแปรพันธุกรรม ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และ ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยเมื่อนำมาผลิตเป็นน้ำเต้าหู้แล้วสามารถตรวจสอบการปนเปื้อน DNA หรือสารพิษ ก่อนจำหน่ายเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคได้ นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างแต่ไม่สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้: เช่น ไม่เห็นด้วยเพราะ การตัดแปรพันธุกรรม ช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และ ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งได้ หรือ ไม่ตอบคำถาม: เช่น เห็นด้วย, ไม่เห็นด้วย

สื่อและอุปกรณ์/ใบความรู้/ใบกิจกรรม

1. ใบกิจกรรมที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว
2. ใบงานที่ 4 GMOsอาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว

ความรู้เพิ่มเติม/เอกสารประกอบ

Freedman, D. H. (2013, September 1). *The Truth about Genetically Modified Food*.

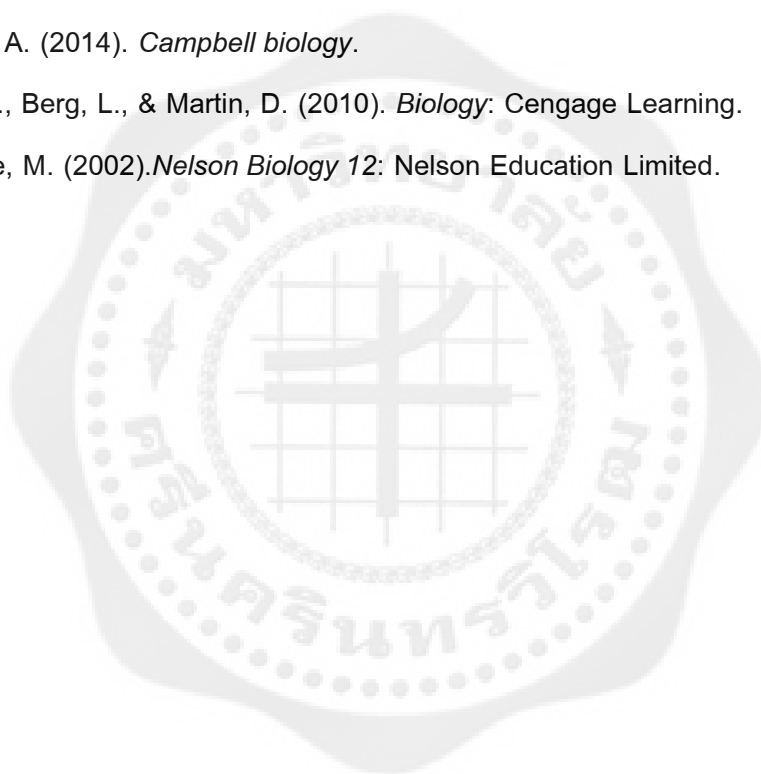
Retrieved March 12, 2016, from <http://www.scientificamerican.com/article/the-truth-about-genetically-modified-food/>

Food Standards Australia New Zealand. (2016, March). *General information about GM foods*. Retrieved March 12, 2016, from <http://www.foodstandards.gov.au/consumer/gmfood/gmoverview/Pages/default.aspx>

World Health Organization. (2014, May). *Frequently asked questions on genetically modified foods*. Retrieved March 10, 2016, from http://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Jackson, R., & Campbell, N. A. (2014). *Campbell biology*.
- Solomon, E., Berg, L., & Martin, D. (2010). *Biology*: Cengage Learning.
- Di Giuseppe, M. (2002). *Nelson Biology 12*: Nelson Education Limited.



ใบกิจกรรมที่ 4

GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว



คำชี้แจง ให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมดังนี้

- 1) แบ่งกลุ่ม 5-7 คน ตามความเห็นเกี่ยวกับ GMOs
- 2) อ่านบทความที่ได้รับและตอบคำถามตามลำดับ
- 3) แลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนในกลุ่มประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว
- 4) นำข้อสรุปที่ได้จากประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว มานำเสนอประกอบเหตุผล
- 5) โต้แย้งในประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว





ทำไบโคา เกตส์ ให้ทุนหนุนซูเปอร์กล้วย



บิล เกตส์ ผู้ก่อตั้งไมโครซอฟท์ อิงค์ และมหาเศรษฐีใจบุญระดับโลกที่หันมาพัฒนาความเป็นอยู่ของประชากรโลก ผ่านมูลนิธิบิล-เมลินดา เกตส์ ที่ตัดสินใจให้การสนับสนุนโครงการผลิตซูเปอร์กล้วย เป็นเงินถึง 10 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือราว 300 ล้านบาท ซูเปอร์กล้วยที่พูดถึงนี้คือกล้วยที่ผ่านการตัดแต่งพันธุกรรมจนสามารถผลิตสารอัลฟา และเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างวิตามินเอในร่างกายมนุษย์เป็นจำนวนมาก โดยเป็นผลงานที่อยู่ในระหว่างการพัฒนาของนักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย

ศาสตราจารย์เจมส์ เดล แห่ง ม.ควีนส์แลนด์ อธิบายว่ามีหลักฐานที่ชัดเจนที่ระบุว่าวิตามินเอ มีบทบาทสำคัญในการซ่อมแซมระบบภูมิคุ้มกัน และช่วยพัฒนาสมองให้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน และการวิจัยนี้สามารถสร้างความแตกต่างระหว่างซูเปอร์กล้วยที่ใช้การพัฒนาสายพันธุ์กล้วยอีสต์ แอฟริกัน ไฮแลนด์ จากอุกันดา ให้มีวิตามินเอมากกว่ากล้วยปกติทั่วไป ทั้งยังเป็นอาหารที่เหมาะสมกับคนยากจน และคนที่อยู่ในพื้นที่ซึ่งไม่เอื้อต่อการทำเกษตร โดยถือได้ว่าเป็นอาหารวิเศษสำหรับคนยากเหล่านั้นเลยทีเดียว

ในเวลานี้มีการส่งกล้วยจีเอ็มโอผ่านการปลูกเหล่านี้ไปยังสหรัฐอเมริกาเพื่อทำการทดลองกับมนุษย์แล้ว โดยเชื่อว่าจะปรากฏผลสำเร็จสามารถนำกล้วยจีเอ็มโอชนิดนี้ส่งไปปลูกยังอุกันดา ประเทศที่ยอมให้มีการปลูกพืชจีเอ็มโอได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย ภายในปี 2563 ถ้าเป็นไปตามกำหนดดังกล่าว ซูเปอร์กล้วยจะช่วยแก้ปัญหาทุโภชนาการที่ทำให้ประชากรโลกราว 5 แสนคนทุกปี ทรมาณกับอาการตาบอดในวัยเยาว์ และครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยเหล่านั้นเสียชีวิต เนื่องจากปัญหาสำคัญประการเดียวคือ การขาดวิตามินเอ ที่เป็นสารสำคัญระหว่างการตั้งครรภ์ของคุณแม่ เพราะช่วยลดความเสี่ยงที่ทารกจะเกิดโรคต่างๆ นานาได้หากคุณแม่ได้รับวิตามินเอเพียงพอปัญหาดังกล่าวมีความรุนแรงในทวีปแอฟริกา และ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ยังไม่มีการหาทางออกที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหานี้

ศ.เดล เชื่อมั่นว่าเทคโนโลยีนี้ สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ส่วนอื่นของแอฟริกาได้ด้วยเช่นกัน แม้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องสายพันธุ์กล้วย หรือพืชชนิดอื่นๆ ที่เป็นอาหารหลักของคนพื้นถิ่น

โดยพลเมืองในกาฬทวีปนิยมบริโภคกล้วยปิ้งสุกเป็นอาหารหลัก ดังนั้นการเพิ่มสารอัลฟา และเบต้าแคโรทีน ในกล้วยเพื่อให้ร่างกายสามารถผลิตวิตามินเอได้มากขึ้น

ที่มา: วัจน พรหมโบล. (2557, 28 มิถุนายน). เวิลด์วาไรตี้: ทำไมบิล เกตส์ ให้ทุนหนุนชูเปอร์กล้วย.คม ชัด ลึก.

หน้า 10

บทความที่ 2



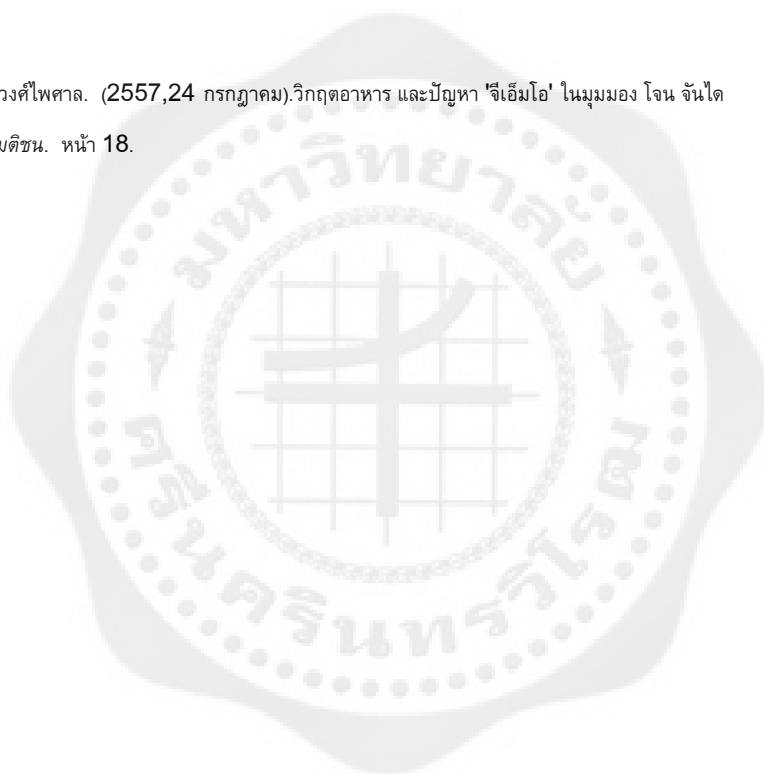
สิ่งที่น่าหวาดกลัวและน่าเป็นห่วงมากที่สุดในปัจจุบันคือ พืชตัดแต่งพันธุกรรม หรือ พืชจีเอ็มโอ (GMOs: Geneically Modified Organisms) โจนเล่าให้ฟังว่า จีเอ็มโอ คือการเอาชีวิตที่ต่างกันมารวมกัน ช่วงแรกมีมะเขือเทศจีเอ็มโอที่เอายีนของปลามาผสม ซึ่งปลากับมะเขือเทศโดยธรรมชาติก็ผสมกันไม่ได้ แต่เขาผสมเพื่อให้มะเขือเทศอยู่ในที่หนาวได้ แต่คนไม่ค่อยชอบ ต่อมามีการพัฒนาหลายอย่าง เช่นเอายีนของคนไปผสมกับหนูทำให้หนูโตเร็วขึ้น เลยเกิดความคิดว่าจะผลิตหมูให้โตเร็วเหมือนหนูเลยเอายีนของคนไปใส่ในหมู ปรากฏว่าหมูโตเร็วมากจนเดินไม่ได้ โชคดีที่นโยบายนี้ล้มเลิกไป ไม่เช่นนั้นเราคงได้กินหมูที่มียีนของคนอยู่ในนั้น ตรงนี้เรายังไม่รู้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าเรากินต่อเนื่องกันไประยะหนึ่ง บทเรียนที่น่าสนใจในกรณีคล้ายกัน โจนเล่าย้อนถึงกรณีของสารกำจัดศัตรูพืชที่รู้จักกันดีอย่าง "ดีดีที" (ไดคลอโรไดฟีนิลไตรคลอโรอีเทน) ที่คิดค้นขึ้นมาเมื่อปี 1974 และมีการโฆษณาว่าเป็นสารที่มหัศจรรย์ที่สุดในโลก เพราะสามารถฆ่าแมลงได้ทุกชนิด แต่ไม่เป็นพิษกับคนตอนนั้นทุกประเทศนำดีดีทีมาใช้ฉีดฆ่ายุงลาย ประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ฉีดพ่นจากเครื่องบินเพื่อฆ่าตัวสนในอเมริกาเหนือ 40 ปีต่อมา จึงมีการค้นพบว่าดีดีทีทำให้เกิดความผิดปกติในทารกแรกเกิด ในป่าสนอเมริกาเหนือเกิดกบมีขา 5-6 ขา กวางเป็นมะเร็งทั้งที่สัตว์ไม่เคยเป็นมะเร็งเลย ยังพบอีกว่าดีดีทีมีส่วนเกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและเบาหวานในคนและสัตว์ ทำให้มีการประกาศให้ดีดีทีเป็นสารที่ผิดกฎหมายทั่วโลก

"วันนี้อาหารจีเอ็มโอเป็นพิษกับแมลงทุกชนิดแต่ไม่เป็นพิษกับคน เช่นกัน จะเชื่อหรือไม่ขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของแต่ละคน" โจนตั้งข้อสังเกตชวนคิด นักสะสมเมล็ดพันธุ์ท้องถิ่นคนดังเล่า

ให้ฟังอีกว่า ปัจจุบันพีชจีเอ็มโอที่รู้จักกันมากที่สุดคือ "ถั่วเหลือง" กับ "ข้าวโพด" ซึ่งเกิดจากการผสมกับถั่วบราซิลที่เป็นไม้ใหญ่ มีคุณสมบัติต้านยาฆ่าหญ้าราวดีอัฟ หรือต้านไกลโฟเลตได้วิธีการคือปลูกพีชจีเอ็มโอแล้วปล่อยให้หญ้าขึ้นสักพักก็ฉีดยาฆ่าหญ้าให้ตาย ต่อมาก็พบว่ามีหนอนมีแมลงมาเจาะเมล็ดเลยเอายีนจากเชื้อโรคตัวหนึ่งที่เป็นแบคทีเรียที่เรียกว่า บาซิลลัสทูริงเยนซิส หรือบีทีสำหรับฆ่าแมลง ซึ่งมีพิษแรงมากมาใส่ในถั่วเหลืองและข้าวโพดเพื่อให้ทุกอณูของเมล็ดมีพิษต่อแมลงจะได้ไม่ต้องใช้ยาฆ่าแมลง "มีคำถามว่าแมลงกินแล้วตาย แล้วคนล่ะ บริษัทก็ตอบว่าคนกินไม่เป็นไรเพราะคนตัวใหญ่กว่า แต่เรากินแค่ครึ่งใบหรือหนึ่งเม็ดเหมือนหนอนแมลงหรือไม่ แล้วเราจะเชื่อบริษัทได้แค่ไหน

ที่มา :อรพรรณ จันทรวงศ์ไพศาล. (2557,24 กรกฎาคม).วิกฤตอาหาร และปัญหา 'จีเอ็มโอ' ในมุมมอง โจน จันได

นักสะสมเมล็ดพันธุ์. มติชน. หน้า 18.



ใบงานที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- 1) หลังจากที่นักเรียนชมวีดิทัศน์เกี่ยวกับการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ GMO และการต่อต้าน GMO แล้ว นักเรียนมีคำถามหรือข้อสงสัยอะไรบ้าง
.....
.....
- 2) จากการสังเกตภาพและอ่านบทความทำให้นักเรียนทราบอะไรเกี่ยวกับ GMO บ้าง
.....
.....
- 3) หลังจากนักเรียนอภิปรายร่วมกับเพื่อนในกลุ่มในประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัวแล้วนักเรียนคิดว่าอาหารดัดแปลงพันธุกรรมดีหรือไม่อย่างไร
.....
.....
.....
- 4) จากข้อ 3 นักเรียนมีเหตุผลอย่างไร
.....
.....
.....
- 5) หลังจากฟังแนวคิดของแต่ละกลุ่มนักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ อย่างไร
.....
.....
.....
- 6) เพราะเหตุใดแต่ละกลุ่มจึงมีความคิดเห็นแตกต่างกัน
.....
.....
.....
- 7) ความเชื่อส่วนบุคคล ความรู้ และประสบการณ์เดิมมีผลต่อการยอมรับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร
.....
.....
.....
- 8) นักเรียนคิดว่าสังคมเพื่อนมีอิทธิพลต่อความคิดของนักเรียน ในการยอมรับหรือ ปฏิเสธอาหารดัดแปลงพันธุกรรมหรือไม่อย่างไร
.....
.....
.....

แบบทดสอบที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1) ตู๋เติบโตมาในหมู่บ้านที่มีความอนุรักษ์นิยมสูง และเชื่อในหลักเกษตรอินทรีย์ ครอบครัวของตู๋อาศัยอยู่ในหมู่บ้านนี้มาเป็นเวลานาน พ่อและแม่ปลูกฝังตู๋มาตั้งแต่เด็กว่า อาหารดัดแปรพันธุกรรมเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง เป็นอันตรายอาจทำให้เกิดความผิดปกติต่อร่างกาย ตู๋จึงไม่รับประทานน้ำเต้าหู้ที่ผลิตจากถั่วเหลืองซึ่งดัดแปรพันธุกรรมจากเชื้อราเพื่อยับยั้งโรคพิษ และต่อต้านผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่ให้มีการจำหน่ายในชุมชน

1.1 นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับการที่ตู๋ต่อต้านถั่วเหลืองดัดแปรพันธุกรรมเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

1.2 ถ้าตู๋ไม่เชื่อสิ่งที่นักเรียนตอบในข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่าตู๋จะมีความคิดเห็นอย่างไร

.....

.....

.....

1.3 นักเรียนมีวิธีการ หรือ หลักฐานใดที่คาดว่าจะสามารถโน้มน้าวให้ตู๋เห็นด้วยกับนักเรียน

.....

.....

.....

1.4 นักเรียนคิดว่าคำสอนของครอบครัวมีผลต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ดัดแปรพันธุกรรมของตู๋หรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

1.5 นักเรียนคิดว่าสังคม ของหมู่บ้าน มีผลต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเต้าหู้ดัดแปรพันธุกรรมของตู๋หรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

1.6 นักเรียนคิดว่า DNA ของเชื้อราที่ตัดต่อใน DNA ของถั่วเหลืองมีโอกาสเข้าไปปนเปื้อนใน DNA ของผู้บริโภคหรือไม่ เพราะเหตุใด (แสดงเหตุผล หรือตัวอย่างประกอบอย่างน้อย 2 ข้อ)

.....

.....

.....

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง
- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนอ่านข้อความให้ละเอียดและเขียนแสดงความคิดเห็นทุกข้อให้สมบูรณ์ที่สุด และครบทุกประเด็น
2. แบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคำถาม 6 ข้อ ให้เขียนคำตอบลงในช่องว่าง
3. เวลาในการทำแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 50 นาที

1. ในมุมมองของนักเรียน วิทยาศาสตร์คืออะไร และวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากศาสตร์อื่น หรือ ความรู้อื่น เช่น ศิลปะ ภาษาไทย ศาสนา เป็นต้น อย่างไร
(NOS 2 = การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

แนวการตอบ

มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed)

วิทยาศาสตร์คือ ศาสตร์ที่เกิดจากการสังเกต ทดลอง โดยหาหลักฐานมาอ้างอิง ประกอบการลงความเห็น เพื่ออธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นคือ ต้องอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อให้ได้รับการยอมรับ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีหลักฐาน จากการทดลอง หรือ การสังเกต ขัดแย้งกับแนวคิดเดิม ๆ

มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บางส่วนสอดคล้องกับมิติประชาคม

วิทยาศาสตร์ (Adequate)

วิทยาศาสตร์คือ ศาสตร์ที่มีเหตุผล มีหลักฐานสนับสนุน

มุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์

(Inadequate)

วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้เกี่ยวกับความจริงของโลก การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติตามความเป็นจริง

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

คำชี้แจง 1) ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่างๆและตอบคำถามทุกข้อให้ชัดเจน

2) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยคำถามจาก

3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ เวลา 50 นาที

สถานการณ์ที่ 1 ทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม (Designer babies)

ทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม (Designer babies) คือ ทารกเกิดจากเทคนิคการทำเด็กหลอดแก้ว(In Vitro Fertilization ; IVF) ซึ่งเป็นการปฏิสนธิภายนอกร่างกายเพื่อให้ได้ตัวอ่อน (Embryo) แล้วนำเข้าสู่กระบวนการวินิจฉัยทางพันธุกรรมก่อนการฝังตัว (Pre-implantation genetic diagnosis ;PGD หรือ embryo biopsy) และคัดเลือกตัวอ่อน โดยเทคนิคที่นิยมมากที่สุด คือการดูดเซลล์ 1-2 เซลล์ จากตัวอ่อนในระยะที่มี 8-10 เซลล์ที่เจริญมาจากการทำทารกหลอดแก้ว แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์ยีน หรือ โครโมโซม ทำให้สามารถคัดเลือกตัวอ่อนที่มีลักษณะดีที่สุดในก่อนนำไปฝังตัวในมดลูก

กรณีตัวอย่าง

1) Alan และ Louise Masterton มีบุตรชาย 4 คน ได้สูญเสียบุตรสาววัย 3 ขวบ จากอุบัติเหตุ พวกเขาพยายามมีบุตรสาวเป็นเวลา 15 ปี และ Louise ได้ทำหมันแล้วหลังจาก Nicole เกิด จึงต้องใช้เทคนิค IVF เพื่อมีบุตรและ เลือกตัวอ่อนเพศหญิงโดยเทคนิค biopsy แต่ไม่ประสบความสำเร็จ เพราะสามารถสร้างได้เพียง 1 ตัวอ่อนเพศชาย เขาจึงบริจาคให้กับคู่ที่ไม่สามารถมีบุตรได้

2) บุตรชายของ Michelle และ Jason Whitaker ตกอยู่ในอันตรายจากโรคโลหิตจางชนิด Diamond-Blackfan anemia คือไขกระดูกผิดปกติไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดแดงให้เพียงพอได้ จึงเสี่ยงต่อสภาวะหัวใจล้มเหลว พวกเขาจึงต้องใช้เทคนิค IVF เพื่อมีบุตรและ เลือกตัวอ่อนเพศหญิง โดยเทคนิค biopsy เพื่อให้ได้ตัวอ่อนที่มีเนื้อเยื่อเข้ากันได้กับพี่ชาย ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากกฎหมายอนุญาต และได้ให้กำเนิด Jamie แพทย์นำสเต็มเซลล์จากสายสะดือ (umbilical cord) มาปลูกถ่ายไขกระดูก ทำให้พี่ชายของ Jamie หายเป็นปกติ ส่วนตัวอ่อนที่ไม่ได้รับการคัดเลือกเขานำไปบริจาคให้คู่สมรสที่ไม่สามารถมีบุตรได้

ค่าใช้จ่าย Pre-implantation genetic diagnosis, or PGD ราคา \$3,000 - \$6,000.

เทคนิค Biopsy ราคา \$1500

เทคนิค IVF ราคา \$20,000 - \$15,000

(กฎหมายของประเทศไทย ให้ใช้เพื่อการคัดกรองโรคทางพันธุกรรมเท่านั้น)

ความคิดเห็นของผู้เห็นด้วย

ผู้เห็นด้วยได้อ้างถึงเหตุผล เช่น ทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม สามารถหลีกเลี่ยงการทำแท้งบุตรในกรณีที่ผลการวินิจฉัยก่อนคลอด (prenatal diagnosis, PND) พบว่าทารกมีความผิดปกติ, คู่สมรสที่มีบุตรยากหรือประสบปัญหาแท้งบุตรซ้ำแล้วซ้ำอีกโดยมีสาเหตุเนื่องมาจากมีความผิดปกติของโครโมโซมชนิด translocation แฝงอยู่ สามารถที่จะตรวจวินิจฉัยและคัดเลือกตัวอ่อนปกติเพื่อใส่ในโพรงมดลูก และตั้งครรภ์โดยมีทารกปกติได้ และสามารถเลือกเพศและลักษณะที่ต้องการของบุตรได้เป็นต้น

ความคิดเห็นของผู้ไม่เห็นด้วย

ผู้ไม่เห็นด้วยได้อ้างถึงเหตุผล เช่น ผิดต่อหลักชีวจริยธรรมเพราะเป็นการหยุดการเจริญของตัวอ่อนที่ไม่ถูกคัดเลือก, ทำให้ gene pool เปลี่ยนแปลง, สูญเสียความแตกต่าง และ ค่าใช้จ่ายสูง เป็นต้น

ที่มา:

วีรวิทย์ ปิยะมงคล. (2553, กันยายน 19). การวินิจฉัยโรคทางพันธุกรรมระยะก่อนการฝังตัว.

สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2559, จาก http://www.med.cmu.ac.th/dept/obgyn/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=393:preimplantation-genetic-diagnosis&catid=40&Itemid=482

BioEthics Education Project. (n.d.). *Designer Babies*. Retrieved March 14, 2016, from <http://www.beep.ac.uk/content/115.0.html>

Copyright Law of the United States. (2016, December). *Limitations on exclusive rights: Fair use*. Retrieved March 14, 2016, from www.copyright.gov/title17/92chap1.html#107

Knoepfler, Paul. (2015, November 30). *We Need a Moratorium on Genetically Modifying Humans*. Retrieved March 12, 2016, from http://www.slate.com/articles/health_and_science/science/2015/11/crispr_genetic_modification_should_not_be_used_on_humans.html

คำถาม

1.1 นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับการสร้างทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม (Designer babies) ด้วยเทคนิคดังกล่าวเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

1.2 ถ้ามีคนไม่เห็นด้วยกับความคิดของนักเรียนในข้อที่ 1.1 นักเรียนคิดว่าเขาน่าจะมีความคิดเห็นอย่างไรเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

1.3 นักเรียนมีวิธีโน้มน้าวใจให้คนที่ไม่เห็นด้วยเพราะเหตุผลดังข้อ 1.2 อย่างไร จงยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

1.4 หลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนความคิดเห็นของนักเรียนในข้อ 1.1 และ 1.3 จงระบุให้ครบทุกหลักฐานและอธิบายแสดงความเชื่อมโยงของหลักฐานกับความคิดเห็น

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

คำถาม	แนวการตอบ คำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
1. ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผล (Claim and warrant)	ไม่ตอบหรือการให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ	ให้ 0 คะแนน
	ตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย แต่ไม่มีเหตุผลสนับสนุน	เห็นด้วย, ไม่เห็นด้วย	ให้ 1 คะแนน ทั้งเห็นด้วย และไม่เห็นด้วย
	ตอบเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย และแสดงเหตุผลได้อย่างถูกต้อง	-เห็นด้วย เพราะทารกที่ได้รับการออกแบบ พันธุกรรมทำให้สามารถเลือกตัวอ่อนซึ่งมีเนื้อเยื่อเข้ากันได้กับบุคคลที่ต้องการจะรักษาโรคทางพันธุกรรมบางประเภท -ไม่เห็นด้วยเพราะการคัดเลือกตัวอ่อนเพื่อเป็นการช่วยเหลือเด็กอีกคน หรือเพื่อเลือกเพศ ทำให้มีตัวอ่อนที่ไม่ได้ฝังตัวในมดลูกของแม่ เป็นเรื่องผิดจริยธรรมและอาจสูญเสียความแตกต่างทางพันธุกรรม	ให้ 1 คะแนน สำหรับความคิดเห็นทั้งเห็นด้วย และไม่เห็นด้วย และบวกคะแนนเพิ่มกรณีที่เหตุผลถูกต้อง 1 เหตุผลให้ 1คะแนน 2 เหตุผลขึ้นไปให้ 2 คะแนน

คำถาม	แนวการตอบ คำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
2. การโต้แย้ง (Counterargument) (ข้อโต้แย้งกับข้อ กล่าวอ้างในข้อที่ 1)	ไม่ตอบหรือไม่ แสดงหลักฐาน	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ, ให้ความเห็นแต่ไม่ระบุ เหตุผล	ให้ 0 คะแนน
	มีเหตุผลที่ตรง ประเด็นตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไปโดย เป็นเหตุผลที่ ขัดแย้งกับข้อ 1	- เห็นด้วยเพราะ ช่วย ป้องกันการทำแท้งจาก ทารกผิดปกติ และทำให้ เลือกเพศบุตรได้ตาม ต้องการ - ไม่เห็นด้วยเพราะตัว อ่อนที่ไม่ได้ถูกคัดเลือก อาจถูกจัดการไม่ เหมาะสมผิดจริยธรรม	ให้ 1 คะแนนสำหรับเหตุผล ที่ขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างใน ข้อที่ 1 และบวกคะแนน เพิ่มกรณีที่เหตุผลถูกต้อง 1 เหตุผลให้ 1 คะแนน 2 เหตุผลขึ้นไปให้ 2 คะแนน
3. การโต้แย้งเพื่อ สนับสนุนข้อกล่าว อ้างในข้อที่ 1 (Supportive argument)	ไม่มีคำตอบ หรือไม่แสดง หลักฐาน	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ ให้ความเห็นแต่ไม่ระบุ เหตุผล	ให้ 0 คะแนน
	ขยายความและ แสดงหลักฐาน สอดคล้องกับ การตอบคำถาม ในข้อ 1	การตรวจสอบพันธุกรรม ก่อนการฝังตัวของตัว อ่อน ทำให้ทราบว่าเป็น โรคทางพันธุกรรมที่ ร้ายแรงหรือไม่ จึง คัดเลือกตัวอ่อนที่ปกติ ได้ ทำให้สามารถ หลีกเลี่ยงการทำแท้ง เมื่อทราบภายหลังว่าไม่ สามารถเจริญเติบโตได้ สมบูรณ์	ให้ 1 คะแนน และบวก คะแนนเพิ่ม สำหรับเหตุผล ใหม่เพิ่มเติม 1 คะแนน

คำถาม	แนวการตอบ คำถาม	ตัวอย่าง	การให้คะแนน
	การพิสูจน์ข้อ ขัดแย้ง โดยให้ เหตุผลโต้แย้งกับ คำถามข้อ 2	- ทารกที่เกิดจากการ คัดเลือกตัวอ่อนไม่ต้อง ทราบจากโรค จึงไม่ขัดต่อ ชีวจริยธรรม - สามารถออกกฎหมาย ควบคุมการคัดเลือกตัวอ่อน ได้เพื่อให้ใช้ไปในทางที่ ถูกต้องไม่ขัดต่อ ชีวจริยธรรม	ให้เพิ่มอีก 1 คะแนนกรณี เหตุผลโต้แย้งกับคำตอบใน ข้อ 2
4.หลักฐาน (Evidence) (สอดคล้อง กับข้อกล่าว อ้าง)	ไม่มีหลักฐานมา สนับสนุนการ อธิบาย, ไม่ตอบ	เว้นว่าง หรือ ไม่ทราบ	ให้ 0 คะแนน
	แสดงหลักฐาน สอดคล้องกับข้อ กล่าวอ้างในข้อที่ 1	- กรณีตัวอย่าง การบริจาค ตัวอ่อนที่ไม่ได้รับการ คัดเลือก โดยไม่ได้ทำลาย ตัวอ่อน - กรณีตัวอย่างการไม่ ประสบความสำเร็จในการ คัดเลือกตัวอ่อนที่ต้องการ	ให้ 1 คะแนน และบวก คะแนนเพิ่ม สำหรับแต่ละ หลักฐานเพิ่มเติม 1 หลักฐาน ให้ 1 คะแนน 2 หลักฐาน ให้ 2 คะแนน

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในกระดาษคำตอบ

2. ข้อสอบมีทั้งหมด 30 ข้อ เวลา 60 นาที

1. เอนไซม์ตัดจำเพาะ(Restriction enzyme) มีหน้าที่อย่างไร (ความจำ)

- 1) ตัดพันธระหว่างสาย DNA ให้กลายเป็นสายเดี่ยว (single stand) อย่างจำเพาะเจาะจง
- 2) แยกโครโมโซมที่พันกันให้เรียงตัวเป็นระเบียบอย่างจำเพาะเจาะจง
- 3) ตัดโมเลกุลของ DNA ให้เป็นชิ้นส่วนย่อยๆอย่างจำเพาะเจาะจง
- 4) ย่อยเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียอย่างจำเพาะเจาะจง

2. เอนไซม์ตัดสายดีเอ็นเอ (DNA) ดังนี้

Sall --- 5' G - TCGAC 3'

ถ้าสายดีเอ็นเอ(DNA) ที่นักเรียนต้องการ คือ

5' ...GTCGACCCGAATTGTCGACGT... 3'

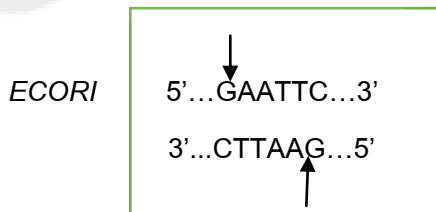
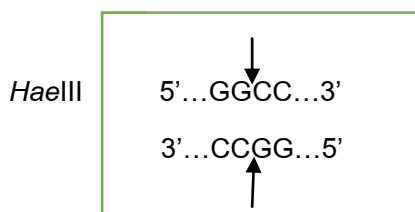
3' ...CAGCTGGGCTTAACAGCTGCA... 5'

เอนไซม์นี้จะตัดดีเอ็นเอ(DNA) ในหนึ่งครั้งได้กี่ชิ้น (ความเข้าใจ)

- 1) 2 ชิ้น 2) 3 ชิ้น 3) 4 ชิ้น 4) 5 ชิ้น

3. ลำดับเบสในข้อใดต่อไปนี้เมื่อตัดด้วยเอนไซม์ *HaeIII* และ *ECORI* ซึ่งมีตำแหน่งตัดจำเพาะดังภาพ แล้วได้จำนวนชิ้นส่วน DNA จำนวนมากที่สุด ถ้าใส่ปริมาณสายดีเอ็นเอเท่ากัน (ความเข้าใจ)

ตำแหน่งตัดจำเพาะของเอนไซม์ *HaeIII* และ *ECORI* เป็นดังภาพ



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1) 5' ATAACGAGGCCAATTCCAATCATC 3' | 2) 5' GGCCCGGCCGGCATCGATCGA 3' |
| 3' TATTGCTCCGGTTAAGGTTAGTAG 5' | 3' CCGGGCCGGCCGTAGCTAGCT 5' |
| 3) 5'GGCACATTAATGCAGCGGATCAGA3' | 4) 5' ATGGCCTTAAGGCCTATGGCC 3' |
| 3'CCGTGTAATTACGTCGAAGAGTCT5' | 3' TACCGGAATTCCGGATACCGG 5' |

4. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียได้ถูกต้อง (ความจำ)

- ก. ใส่พลาสมิดเข้าไปในแบคทีเรีย
- ข. แทรกสาย DNA ที่มียีนที่ต้องการลงในพลาสมิด
- ค. ตัด DNA ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ
- ง. เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย

1) ก,ข,ค,ง

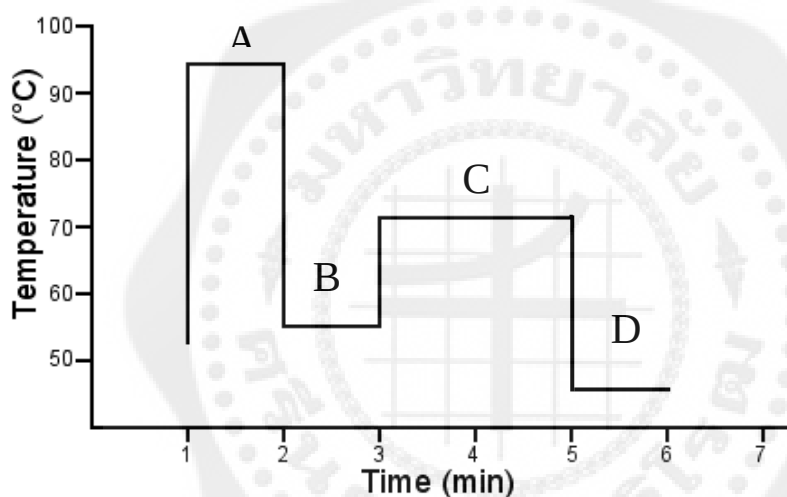
2) ค,ง,ข,ก

3) ค,ข,ก,ง

4) ก,ค,ข,ง

ให้นักเรียนใช้กราฟด้านล่างตอบคำถามข้อ 4 และ 5

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในเครื่อง PCR machine และอุณหภูมิ



5. จากกราฟช่วงใดที่ทำให้ DNA เกิด Denature เป็น DNA สายเดี่ยว (ความเข้าใจ)

1) A

2) B

3) C

4) D

6. จากกราฟช่วงใดที่มีการสังเคราะห์ DNA ทำให้ปริมาณ DNA เพิ่มขึ้น (ความเข้าใจ)

1) A

2) B

3) C

4) D

7. นน့်ต้องการเพิ่มปริมาณยีนของเชื้อราชนิดหนึ่งที่สามารถสร้างโปรตีนยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียซึ่งเป็นศัตรูพืช ทำให้แบคทีเรียดังกล่าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นน့်ควรเลือกใช้เทคนิคใดในการโคลนยีนเพื่อนำไปสู่กระบวนการผลิตโปรตีน เพราะเหตุใด (การวิเคราะห์)

- 1) เทคนิคอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียเพราะสามารถเพิ่มจำนวนได้มากแม้มีปริมาณยีนที่ต้องการน้อย
- 2) เทคนิคฟีซีอาร์เพราะสามารถเพิ่มจำนวนได้มากแม้มีปริมาณยีนที่ต้องการน้อย
- 3) เทคนิคฟีซีอาร์และเทคนิคอาศัยพลาสมิดเพราะทำให้ยีนมีความหลากหลายมากขึ้น

4) เทคนิคพีซีอาร์และเทคนิคอ้ายพลาสมิทของแบคทีเรียเพราะต้องคัดเลือกเซลล์ที่มีการแสดงออกของยีนที่ต้องการ

8. เอนไซม์ที่ใช้เชื่อมต่อยาดีเอ็นเอ (DNA) เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ดีเอ็นเอ สายผสมคือเอนไซม์ใด (ความจำ)

- 1) เอนไซม์ตัดจำเพาะ (Restriction enzyme)
- 2) ดีเอ็นเอ ไลเกส (DNA ligase)
- 3) ดีเอ็นเอ เฮลิเคส (DNA helicase)
- 4) ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส (อังกฤษ: DNA polymerase)

9. แจนต์ดัดแปรพันธุกรรมแบคทีเรียชนิดหนึ่ง แต่ใส่เอนไซม์ไลเกสจะให้ผลตามข้อใด (ความเข้าใจ)

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) DNA ไม่แยกเป็นสายเดี่ยว | 2) DNA ซึ่งมียีนที่ต้องการไม่ถูกตัด |
| 3) ตำแหน่งในการตัด DNA คลาดเคลื่อน | 4) ไม่สามารถสร้าง DNA สายผสมได้ |

10. เพราะเหตุใดจึงนิยมใช้แบคทีเรีย *E. Coli* ในกระบวนการทางพันธุวิศวกรรมที่นำไปสู่ผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร (การวิเคราะห์)

- 1) *E. Coli* เกิดการกลายพันธุ์ได้ง่าย
- 2) *E. Coli* มีลักษณะสายดีเอ็นเอที่ง่ายต่อการตัด
- 3) *E. Coli* มีโปรตีนที่ช่วยให้การตัดต่อยีนง่ายขึ้น
- 4) *E. Coli* พบในมนุษย์โดยธรรมชาติจึงมีความปลอดภัย

11. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เกี่ยวข้องกับพืชบีที (ความเข้าใจ)

- | | |
|---|---|
| 1) แมลงบางส่วนสามารถพัฒนาต่อต้านพิษของบีทีได้ | 2) พืชสร้างโปรตีนที่เป็นพิษต่อแมลง |
| 3) สารพิษที่สร้างอาจมีผลต่อสัตว์มีกระดูกสันหลัง | 4) ยีนของ <i>Bacillus thuringiensis</i> |

12. ตาลต้องการเซลล์เนื้อเยื่อพืชใบเลี้ยงคู่เพื่อนำมาถ่ายยีนที่ต้องการ ตาลควรเลือกเซลล์จากส่วนใดของพืช (ความเข้าใจ)

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1) เอนโดสเปิร์มในเมล็ด | 2) ผลไม้สุก |
| 3) ใบเลี้ยงแรกของต้นกล้า | 4) หมวกราก |

13. ข้อใดคือวิธีการป้องกันผลกระทบด้านการดื้อยาจากการดัดแปรพันธุกรรมที่ดีที่สุด (การวิเคราะห์)

- 1) นำแบคทีเรียทุกตัวที่พบยีนดื้อยามาผสมกับแบคทีเรียที่ไม่มียีนดื้อยา
- 2) ไม่ใช้ยีนต้านยาปฏิชีวนะเป็นยีนบ่งชี้
- 3) ไม่ใช้ยีนจากเชื้อก่อโรคในมนุษย์
- 4) ให้ยาปฏิชีวนะแก่สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมอย่างสม่ำเสมอ

14. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้องเกี่ยวกับการนำสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์อย่างปลอดภัยที่สุด (การวิเคราะห์)

- 1) ให้นำพืชดัดแปรพันธุกรรมจากห้องทดลองมาทำให้สุกทุกครั้งก่อนรับประทาน
- 2) ควตต่อต้านการนำพืชดัดแปรพันธุกรรมทุกชนิดมาใช้ในชีวิตประจำวัน
- 3) แก้วเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่มีงานวิจัยรับรองว่าปลอดภัย
- 4) ก็นำพืชดัดแปรพันธุกรรมทดลองปลูกหลังบ้านเป็นเวลา 1 ปี ก่อนขายในตลาด

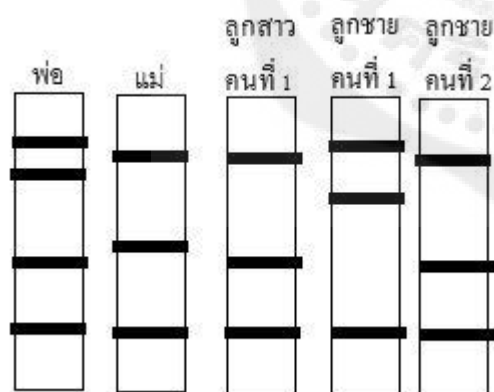
15. ข้อใดกล่าวถึง เจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Gel electrophoresis) ไม่ถูกต้อง (ความจำ)

- 1) ใช้พอลิอะคริลามิดเจลเป็นตัวกลาง
- 2) เป็นการแยก DNA ในสนามไฟฟ้า
- 3) ทำให้ทราบลำดับเบสของ DNA
- 4) สีย้อมต้องมีคุณสมบัติในการเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์

16. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส (Gel electrophoresis) (ความเข้าใจ)

- 1) แถบดีเอ็นเอที่อยู่ระดับเดียวกันมีขนาดเท่ากันหรือเล็กกว่ากัน
- 2) แถบดีเอ็นเอที่อยู่ระดับเดียวกันมีขนาดเท่ากัน
- 3) ดีเอ็นเอที่เคลื่อนที่ไกลช้าวกมากคือดีเอ็นเอที่มีประจุลบมาก
- 4) ดีเอ็นเอที่เคลื่อนที่ไกลช้าวกมากคือดีเอ็นเอที่มีประจุลบน้อย

17. สามภรรยาคนหนึ่งมีบุตร 3 คน เป็นลูกสาว 1 คน ลูกชาย 2 คน คนใดคือลูกบุญธรรม (การวิเคราะห์)



- 1) ลูกสาวคนที่ 1
- 2) ลูกชายคนที่ 1
- 3) ลูกชายคนที่ 2
- 4) ทุกคนเป็นลูกโดยสายเลือด

18. ข้อใดกล่าวถึงการศึกษาจีโนมได้ถูกต้อง (ความจำ)

- 1) การศึกษาจีโนมทำให้ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ที่มียืนตามต้องการ
- 2) การศึกษาจีโนมจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ไลเกส
- 3) การศึกษาจีโนมคือการค้นหาลำดับเบสของยีนทั้งหมด
- 4) การศึกษาจีโนมนิยมใช้เพื่อระบุตัวคนร้ายในการตัดสินคดี

19. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์จากการศึกษาจีโนม (ความเข้าใจ)

- 1) การสร้างแผนที่พันธุกรรม
- 2) ทำให้ทราบความเสี่ยงของการเกิดโรคต่างๆ
- 3) การศึกษาวิวัฒนาการ
- 4) การป้องกันโรคติดต่อ

20. การสกัด DNA จากมะม่วง แล้วนำมาตรวจสอบลำดับเบส 3 ครั้ง พบว่าให้ผลเหมือนกันคือมีลำดับเบสที่แตกต่างจากฐานข้อมูลเป็นจำนวนมาก นักเรียนคิดว่าเหตุผลใดที่จะอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ดีที่สุด (การวิเคราะห์)

- 1) เครื่องวิเคราะห์ลำดับเบสทำงานผิดปกติ
- 2) มะม่วงที่นำมาสกัด DNA มีการกลายพันธุ์
- 3) DNA ที่สกัดได้ ปนเปื้อน DNA จากแหล่งอื่น
- 4) วิธีในการสกัด DNA ไม่ถูกต้อง

21. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับพระราชบัญญัติคุ้มครองเด็กที่เกิดโดยอาศัยเทคโนโลยีช่วยการเจริญพันธุ์ทางการแพทย์ พ.ศ.2558 (ความจำ)

- 1) หญิงที่รับตั้งครรภ์แทนต้องเป็นหญิงที่เคยมีบุตรมาก่อนแล้วเท่านั้น
- 2) การรับจ้างอุ้มบุญสามารถทำได้ภายใต้เงื่อนไขของกฎหมาย
- 3) การรับอุ้มบุญบุตรคนที่ 2 ต้องห่างจากคนแรกอย่างน้อย 1 ปี
- 4) หญิงที่รับตั้งครรภ์แทนจะมีสถานะเป็นหนึ่งในผู้ปกครองของเด็ก

22. บริษัทผลิตเมล็ดพันธุ์รายใหญ่ระหว่างประเทศถ้ายืนจากถั่วบราซิลเข้าไปในถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน แต่แพ้ถั่วบราซิล จึงไม่ควรรับประทานถั่วเหลืองดังกล่าวเพราะเหตุใด (ความเข้าใจ)

- 1) เพราะ เต้าเจี้ยวแพ้ถั่วเหลือง
- 2) เพราะ คุณค่าทางอาหารของถั่วเหลืองลดลง
- 3) เพราะ อาจมีสารก่อภูมิแพ้
- 4) เพราะ ยีนจากถั่วบราซิลจะแทรกเข้าไปในดีเอ็นเอของเต้

23. นักเทคนิคการแพทย์ต้องการวินิจฉัยว่าผู้ป่วยซึ่งมีอาการไข้สูง ติดเชื้อไวรัส ซิกา หรือไม่ ควรใช้เทคนิคในข้อใดบ้าง (ความเข้าใจ)

- ก. การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย
- ข. การโคลนยีนโดยเทคนิค พีซีอาร์
- ค. การตัดแปรพันธุกรรม
- ง. การเปรียบเทียบกับเครื่องหมาย DNA

1) ก และ ง

2) ก และ ค

3) ข และ ง

4) ข,ค และ ง

24. นักมีแผนขยายกิจการผลิตอาหารจากพืชตัดแปรพันธุกรรม จึงได้ซื้อที่ดินเตรียมไว้แล้ว แต่ได้รับการต่อต้านจากชาวบ้านในพื้นที่เพราะ กลัวการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมในชุมชน นักควรปฏิบัติตามข้อใดมากที่สุด (การวิเคราะห์)

1) ยกเลิกการสร้างโรงงานในพื้นที่ดังกล่าว

2) ดำเนินการสร้างต่อไปเพราะโรงงานต้องเป็นไปตามมาตรฐานจึงมั่นใจได้ว่าไม่มีสิ่งปนเปื้อน

3) ชะลอการสร้าง เริ่มต้นให้ความรู้ และทำความเข้าใจกับประชาชน

4) เสนอให้ค่าชดเชยกับประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้โรงงาน

25. โน้ตเป็นผู้เลี้ยงปลาแซลมอนตัดแปรพันธุกรรม ซึ่งโตเร็วกว่าธรรมชาติสองเท่า แต่กินอาหารน้อยกว่าการกระทำในข้อใดที่โน้ตไม่ควรทำมากที่สุด (การวิเคราะห์)

1) จำหน่ายเนื้อปลาในประเทศสหรัฐอเมริกา

2) นำไข่ปลามารับประทาน

3) ปล่อยปลาสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

4) ผสมพันธุ์ปลาจากธรรมชาติกับปลาตัดแปรพันธุกรรมในฟาร์ม

26. ข้อใดคือสิ่งที่ควรคำนึงถึงเมื่อนำ การแพทย์ส่วนบุคคล (Personalized medicine) มาใช้ (ความเข้าใจ)

1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกฤทธิ์ของยา

2) กฎหมายคุ้มครองข้อมูลพันธุกรรมส่วนบุคคล

3) หน้าที่ของยีนต่างๆ

4) ถูกทุกข้อ (เฉลย)

27. เมต้องการมีบุตรแต่ถูกตัดมดลูกเพื่อรักษามะเร็งมดลูก วิธีในข้อใดทำให้มีโอกาสมีบุตรได้มากที่สุด (การวิเคราะห์)

1) การโคลนนิ่ง

2) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

3) การอัมบิอุ (เฉลย)

4) การทำเด็กหลอดแก้ว

28. ข้อใดไม่เหมาะสมที่สุดในการนำเทคโนโลยีพันธุศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน (การวิเคราะห์)

1) แอ็ดต่อต้านการนำสิ่งมีชีวิตตัดแปรพันธุกรรมทุกชนิดมาใช้

2) อัดนำมะละกอตัดแปรพันธุกรรมปลูกรวมกับมะละกอพันธุ์พื้นเมืองในไร่หลังบ้าน

3) ใ้ปลูกถั่วเหลืองตัดแปรพันธุกรรมในระบบปิดเพื่อนำมาทำน้ำเต้าสำหรับดื่มเอง

4) แก้วตัดแปรพันธุกรรมแบบที่เรียกโดยใช้นิต้านยาปฏิชีวนะเพื่อการคัดเลือกเซลล์

29. เพราะเหตุใดยีนที่ใส่เข้าไปยังเซลล์ที่ผิดปกติในการบำบัดด้วยยีนจึงมีความเป็นไปได้ในการบำบัดโรค (การวิเคราะห์)

- 1) ยีนที่ใส่เข้าไปจะรวมกับ DNA ของแบคทีเรีย ทำให้สร้างสารพิษไม่ได้
- 2) ยีนที่ใส่เข้าไปทำให้เชื้อโรคอ่อนแอลง
- 3) ยีนที่ใส่เข้าไปทำให้เชื้อโรคตาย
- 4) ยีนจะถูกแปลรหัสเป็นโปรตีนซึ่งควบคุมปฏิกิริยาในเซลล์ (เอนไซม์)

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์และข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์แล้วตอบคำถามข้อ 30

มะเขือเทศดัดแปรพันธุกรรมอันตรายที่ถูกมองข้าม

กลุ่ม NGO ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เรียกร้องให้มีการออกกฎหมายห้ามผลิตและจำหน่ายมะเขือเทศดัดแปรพันธุกรรม โดยมะเขือเทศพันธุ์ใหม่นี้สามารถสร้างสารกำจัดวัชพืชกลุ่ม NGO กล่าวว่า ใบของมะเขือเทศนี้เป็นอาหารของสัตว์ เมื่อสัตว์กินจะเป็นการอันตรายกับสัตว์ โดยเฉพาะแมลงที่กินใบพืช และเป็นการแพร่กระจายสารพิษสู่สิ่งแวดล้อม ในขณะที่กลุ่มผู้สนับสนุนการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ใหม่ กล่าวโต้แย้งกับกลุ่ม NGO ว่าการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้แสดงให้เห็นว่าจะไม่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ในขณะที่มีข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ดังนี้

- มีการปลูกมะเขือเทศ 300 แปลงทั่วประเทศแต่ละแปลงแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ มะเขือเทศดัดแปรพันธุกรรม และมะเขือเทศพันธุ์พื้นเมือง และพบว่ามีจำนวนแมลงเฉลี่ยที่พบในทั้ง 2 แปลงใกล้เคียงกัน

30. จากข้อมูลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ระบุว่ามีการปลูกมะเขือเทศ 300 แปลงทั่วประเทศ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด (การวิเคราะห์)

- 1) เกษตรกรจำนวนมากควรมีโอกาสทดลองปลูกมะเขือเทศพันธุ์ใหม่
- 2) ต้องการศึกษามะเขือเทศพันธุ์ใหม่สามารถเจริญเติบโตได้มากแค่ไหน
- 3) เพื่อการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ใหม่ให้ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
- 4) รวบรวมข้อมูลผลการปลูกมะเขือเทศพันธุ์ใหม่ในสถานะที่แตกต่างกัน

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือ

- ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของหน่วยการเรียนรู้
- ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของหน่วยการเรียนรู้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง
- ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 25 (ต่อ)

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น											
		ความสอดคล้อง				ความเหมาะสม				ความถูกต้อง			
		1	2	3	I	1	2	3	I	1	2	3	I
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2													
การโคลนยีน													
1	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	เวลาในการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	สาระสำคัญ	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67
5	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Beginning idea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Exploration	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Claim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Argumentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Reflection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	การวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	สื่อและอุปกรณ์	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67
8	ชิ้นงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67

ตาราง 25 (ต่อ)

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น											
		ความ				ความเหมาะสม				ความถูกต้อง			
		สอดคล้อง											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3													
พันธวิศกรรม													
1	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	เวลาในการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	สาระสำคัญ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Beginning idea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Exploration	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Claim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Argumentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Reflection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	การวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	สื่อและอุปกรณ์	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67
8	ชิ้นงาน	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67

ตาราง 25 (ต่อ)

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น											
		ความ				ความเหมาะสม				ความถูกต้อง			
		สอดคล้อง											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5													
จิโนมมนุษย์กับชีวิตที่เลือกได้													
1	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	เวลาในการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	สาระสำคัญ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Beginning idea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Exploration	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Claim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Argumentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Reflection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	การวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	สื่อและอุปกรณ์	1	1	1	1	1	0	1	0.67	0	1	1	0.67
8	ชิ้นงาน	1	1	1	1	0	1	1	0.67	0	1	1	0.67

ตาราง 25 (ต่อ)

ที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น											
		ความสอดคล้อง				ความเหมาะสม				ความถูกต้อง			
		1	2	3	I	1	2	3	I	1	2	3	I
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6													
เทคโนโลยีพันธุศาสตร์กับ													
ปัญหาด้านจริยธรรม													
1	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	เวลาในการจัดการเรียนรู้	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67
4	สาระสำคัญ	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67
5	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Beginning idea	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Exploration	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Claim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Argumentation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	วิธีการจัดกิจกรรม ชั้น Reflection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	การวัดและการประเมินผล	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	สื่อและอุปกรณ์	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	ชิ้นงาน	1	1	1	1	0	1	1	0.67	1	1	1	1

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดมุมมองต่อ
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ												การ ประเมิน
	ความถูกต้อง				ความเหมาะสม				ความสอดคล้อง				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	0	1	1	0.67	0	1	1	0.67	1	1	1	1	ใช้ได้
2	0	1	0	0.33	0	1	1	0.67	0	1	1	0.67	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	1	0	0.67	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4	1	1	0	0.67	1	1	0	0.67	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 27 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ของแบบวัดความสามารถในการ
โต้แย้ง

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ												การ ประเมิน
	ความถูกต้อง				ความเหมาะสม				ความสอดคล้อง				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
1.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
1.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
1.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2.2	1	1	1	1	0	1	1	0.67	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ												การ ประเมิน
	ความถูกต้อง				ความเหมาะสม				ความสอดคล้อง				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
2.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
2.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้
3.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 28 ผลการประเมินความสอดคล้อง ถูกต้อง เหมาะสม ความยากง่าย อำนาจจำแนก และ ความเชื่อมั่น ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ความสอดคล้อง				ความถูกต้อง				ความเหมาะสม				P	R
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.57	0.56
2	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.43	0.24
3	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.28	0.38
4	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.60	0.39
5	1	1	0	0.67	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.49	0.34
6	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.32	0.51
7	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.62	0.29
8	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.55	0.34
9	1	1	0	0.67	1	0	1	0.67	1	1	1	1.00	0.47	0.52
10	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.38	0.57
11	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.32	0.42
12	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.36	0.27
13	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67	0.36	0.30
14	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.47	0.38
15	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.45	0.28
16	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.49	0.25
17	1	0	1	0.67	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.43	0.32
18	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.45	0.29

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อ	ความสอดคล้อง				ความถูกต้อง				ความเหมาะสม				P	R
19	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.32	0.45
20	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	0.57	0.28
21	1	1	1	1.00	1	0	1	0.67	1	0	1	0.67	0.62	0.22
22	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.36	0.34
23	1	1	1	1.00	0	1	1	0.67	0	1	1	0.67	0.32	0.22
24	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.53	0.45
25	1	1	0	0.67	1	1	0	0.67	1	1	0	0.67	0.45	0.18
26	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.51	0.55
27	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.62	0.53
28	1	0	1	0.67	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.57	0.36
29	1	0	1	0.67	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.45	0.56
30	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1.00	0.30	0.34

Reliability (Cronbach Alpha / KR20) = 0.78



ภาคผนวก ง
ภาพกิจกรรมของนักเรียน และตัวอย่างผลงาน

ขั้นจุดประกายความคิด (Beginning idea)



นักเรียนตั้งคำถามที่ต้องการทราบจากสถานการณ์สั้นๆ

ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)

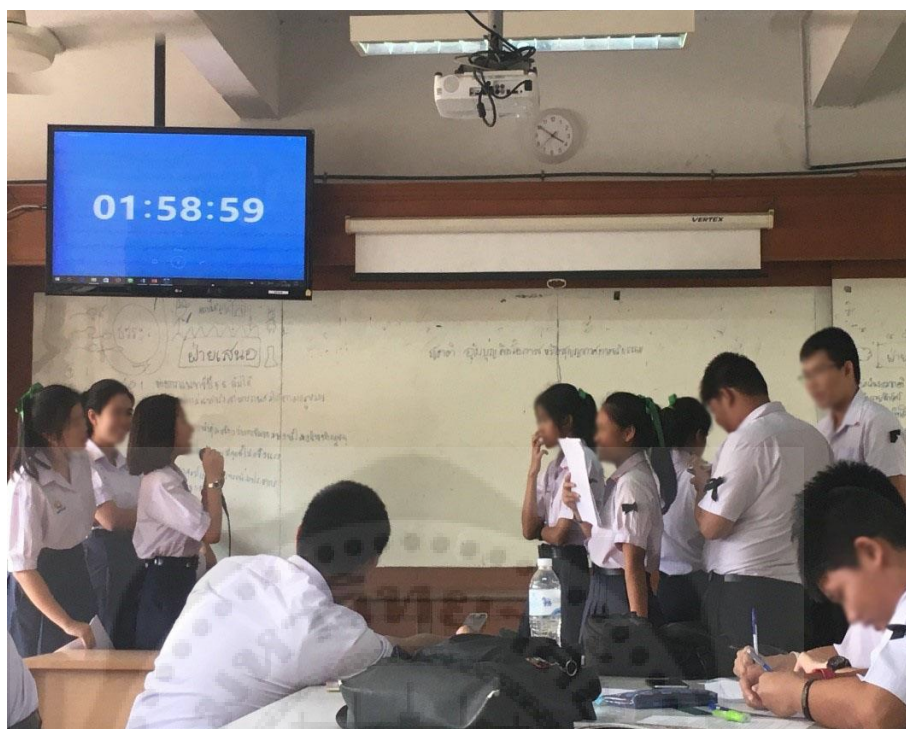


นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลจากบทความ และแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ

ขั้นสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim)



นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง และโต้แย้งกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อเลือกข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือที่สุด
ขั้นโต้แย้ง (Argumentation)



นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตน และได้แย้งร่วมกับกลุ่มอื่นๆ โดยแสดงเหตุผล และหลักฐาน พยายามทำให้เพื่อนในห้องเชื่อในแนวคิดของกลุ่มตน

ขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflection)



นักเรียนสะท้อนข้อกล่าวอ้างที่เปลี่ยนแปลงไป และมุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างผลงานนักเรียน



ชิ้นงานประกอบการนำเสนอข้อกล่าวอ้าง

ใบงานที่ 4 GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว

ชื่อ.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- 1) หลังจากที่คุณเรียนชมวีดิทัศน์เกี่ยวกับการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ GMO และการต่อต้าน GMO แล้ว นักเรียนมีคำถามหรือข้อสงสัยอะไรบ้าง
พืชจากกระบวนการ GMO มีความปลอดภัยจริงหรือไม่ GMO เป็นอาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัว
- 2) จากการสังเกตภาพและอ่านบทความทำให้นักเรียนทราบอะไรเกี่ยวกับ GMO บ้าง
ผลของผลผลิตของ GMO มีขนาดใหญ่ โตเร็วกว่าพืชพันธุ์เดิม มีจีโนม A และสร้างผลผลิตและสารอาหาร เกษตรกรที่ปลูกแล้วมีผลผลิต เกษตรกรที่ปลูกไม่ได้ใช้พื้นที่ปลูกในระยะเวลาที่เท่ากัน
- 3) หลังจากนักเรียนอภิปรายร่วมกับเพื่อนในกลุ่มในประเด็น GMOs อาหารแห่งอนาคตหรือภัยร้ายใกล้ตัวแล้วนักเรียนคิดว่าอาหารที่ดัดแปลงพันธุกรรมดีหรือไม่อย่างไร
ดี เพราะพืช GMOs คือเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการเลือกพันธุ์พืชอาหาร 9 พันธุ์ผลผลิตที่ดีคุณภาพและตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารได้
- 4) จากข้อ 3 นักเรียนมีเหตุผลอย่างไร
เพราะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้ และช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารได้ เช่น พืช GMOs ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารในประเทศที่ยากจนได้
- 5) หลังจากฟังแนวคิดของแต่ละกลุ่มนักเรียนมีความคิดเหมือนหรือต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ อย่างไร
เหมือนกัน คือ ไม่เห็นด้วยกับเกษตรกรที่ปลูกพืช GMO เพราะเห็นว่าสินค้าอาหารสังเคราะห์นั้นในระยะยาวกับผู้ใช้ได้
- 6) เพราะเหตุใดแต่ละกลุ่มจึงมีความคิดเห็นแตกต่างกัน
เพราะมีความรู้ ความเข้าใจ ความเชื่อ ความรู้ที่แตกต่างกัน และสิ่งที่รู้กันที่ต่างกัน
- 7) ความเชื่อส่วนบุคคล ความรู้ และประสบการณ์เดิมมีผลต่อการยอมรับงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร
ดี เพราะเป็นข้อมูลที่จริงในทางวิทยาศาสตร์ในการที่จะเชื่องานด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งทุกอย่างไม่ควรที่จะไปเชื่อใจนักวิทยาศาสตร์ที่ไม่น่าเชื่อถือ
- 8) นักเรียนคิดว่าสังคมเพื่อนมีอิทธิพลต่อความคิดของนักเรียน ในการยอมรับหรือ ปฏิเสธอาหารดัดแปลงพันธุกรรมหรือไม่อย่างไร
ดี ผลผลิต เพราะความคิดของเพื่อน ส่งผลต่อความคิดของเราได้ หากเพื่อนมีความเห็นที่หนักแน่น มีหลักฐานที่เชื่อถือได้ ก็อาจจะทำได้ไม่เปลี่ยนความคิดได้

การทำใบงานของนักเรียนในการร่วมกิจกรรม



การทำแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละเรื่อง

1) ความรู้สึกต่อการเรียน

ได้รับความรู้ ทั้งด้านและได้เสียงชม G.M.O. ซึ่งสามารถนำไปใช้ในวิถีประจำวันได้
เพราะปัจจุบัน G.M.O. ได้รับความยอมรับกันแพร่หลาย เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ใน
ชีวิตประจำวัน

1) ความรู้สึกต่อการเรียน

ได้ฝึกคิดวิเคราะห์ ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับ G.M.O.s มีคุณ
กล้าแสดงความคิดเห็น ได้ฝึกทำชิ้นงานในตนเอง ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากหนังสือที่ค้น

ความรู้สึกในการเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาววรลีสสินธูวา
วันเดือนปีเกิด	16 ธันวาคม 2530
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	81/136 หมู่บ้านสุภาวดี ตำบลบางพลีใหญ่ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	โรงเรียนวรธรรมสาริต ซอย วรธรรมสาริต 57 ถนนสุขุมวิท 101/1 แขวงบางจาก เขตพระโขนง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10260
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	มัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
พ.ศ. 2553	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ จาก มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ