

การพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา
กรกฎาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”

ของ นางสาววิภา อาสิงสมานันท์
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

.....กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ นาคขุนทด)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อนุมัติ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

22 ก.ค. 2559

ทุนสนับสนุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์
และคณิตศาสตร์ (สควค.)



ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ได้รับความกรุณาจาก ดร.สุรียพร สุว้างเมฆ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งยังคงเป็นกำลังใจในการฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ นาคขุนทด กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงเล่มวิทยานิพนธ์และตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ผล ส่งผลให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมจิตต์ หอมจันทร์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์ และคุณครูสุดคะนิง คุ่มเกตุ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ครูชีวิวิทยาที่โรงเรียนที่เข้าร่วมสังเกตการณ์สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย

กราบขอบพระคุณ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและโอกาสที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัย และคณะครูโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่งทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำและสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาคิณาการศึกษาทุกท่าน และขอบใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา และที่สำคัญขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆ ด้าน

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านและหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

วิภา อาสิงสมานันท์

ชื่อเรื่อง	การพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	วิภา อาสิงสมานันท์
สถานที่ปรึกษา	ดร.สุริย์พร สว่างเมฆ
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มลิวรรณ นาคขุนทด
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สาขาวิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ พันธุศาสตร์

บทคัดย่อ

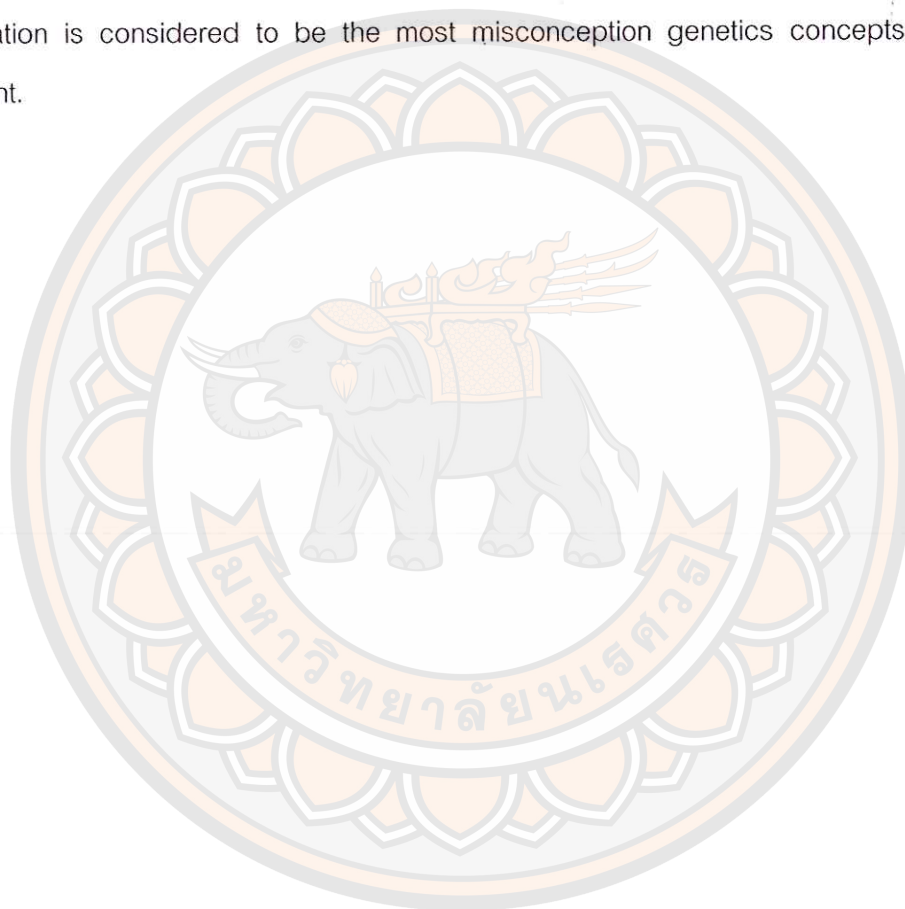
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และ 2) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ประกอบด้วย การจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัสรหัสพันธุกรรม การแปลรหัส มิวเทชัน เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ปีการศึกษา 2558 ดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อสะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยนำมาวิเคราะห์เนื้อหาและเก็บข้อมูลผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนด้วยบันทึกการเรียนรู้และหลังเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ นำมาจัดกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์และหาข้อสรุป

ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีลักษณะ ดังนี้ ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ใกล้ตัวนักเรียน และเป็นปัจจุบัน นอกจากนี้ สื่อการเรียนรู้ต้องเหมาะสมกับลักษณะของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และนำเสนอข้อมูลทั้งด้านบวกและลบ ชี้นำตรวจสอบความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและเชื่อถือได้ ชี้นำโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ครูต้องเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ให้คำแนะนำ และใช้คำถามที่นักเรียน

ได้แสดงความเข้าใจและเหตุผล และชั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ
วิทยาศาสตร์ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเขียนสรุปมโนทัศน์หลังจบกิจกรรม
2) มโนทัศน์ที่นักเรียนพัฒนาได้มากที่สุด คือ การถอดรหัส และมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจ
สมบูรณ์มากที่สุด คือ เทคโนโลยีชีวภาพ (ร้อยละ 85.42) ส่วนมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจ
คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ การแปลรหัส (ร้อยละ 11.11)



resources in both positive and negative ways. Thirdly, teachers might discuss with students about SSI by providing them pieces of advice and asking them questions; thus, students enable to express their opinions and point-of-views. Finally, it is the conclusion step. Students might participate in discussion about SSI and summarise the concepts of its after completing the lesson, 2) the transcription is considered to be the most developing genetics concept among students. Moreover, students are able to completely understand biotechnology of the genetics concept as 85.42 percent and translation is considered to be the most misconception genetics concepts as 11.11 percent.



สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	6
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	6
ขอบเขตของงานวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
หลักสูตรสถานศึกษา.....	11
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์.....	18
ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์.....	34
การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์.....	41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	56
กลุ่มเป้าหมาย.....	56
รูปแบบการวิจัย.....	57
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	57
ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	58
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	69
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	76
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	76
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	89
5 บทสรุป.....	158
สรุปผลการวิจัย.....	158
อภิปรายผลการวิจัย.....	161
ข้อเสนอแนะ.....	170
บรรณานุกรม.....	172
ภาคผนวก.....	185
ประวัติผู้วิจัย.....	284

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงโครงสร้างรายวิชาพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา รหัสวิชา ว30261 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2.....	15
2	แสดงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธุศาสตร์.....	28
3	แสดงโครงสร้างเวลาการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์.....	60
4	แสดงข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้.....	62
5	แสดงจำนวนข้อสอบในแต่ละมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์.....	67
6	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (n=24)..	91
7	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส (n=24).....	102
8	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม (n=24).....	116
9	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส (n=24).....	122
10	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ มิวเทชัน (n=24).....	137
11	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ (n=24)...	145
12	แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม (n=24).....	149

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
13 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ.....	187
14 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน.....	188
15 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง มิวเทชัน.....	189
16 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ.....	190
17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) ของแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์.....	194
18 แสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์ จำนวน 21 ข้อ ซึ่งถูกคัดเลือกแล้ว....	195

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมตามแนวคิด Socioscientific Issue.....	36
2 แสดงเครื่องมือและผู้ให้ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยปฏิบัติการ.....	72
3 แสดงบรรยากาศการเรียนรู้ในขณะนักเรียนกำลังสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ ในชั้นเรียน.....	80
4 แสดงตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียนในใบงานที่ 1 ซึ่งสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้.....	81
5 แสดงตัวอย่างหลักฐานที่นักเรียนเลือกและนำมาใช้ประโยชน์จริงในการโต้แย้ง เชิงวิทยาศาสตร์.....	82
6 แสดงตัวอย่างหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นอย่างอิสระ และนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์.....	83
7 แสดงการตอบคำถามในใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้า ก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่.....	85
8 แสดงภาพบรรยากาศในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการโต้แย้งในประเด็น.....	87
9 แสดงตัวอย่างคำถามและการตอบคำถามของนักเรียน S3 ในบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ.....	88
10 แสดงความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนระหว่างและหลังเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้อง กับวิทยาศาสตร์.....	90
11 แสดงคำถามในบันทึกการเรียนรู้เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ.....	92
12 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S3 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับสมบูรณ์.....	93
13 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S23 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
14 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S18 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	94
15 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	96
16 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S1 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	97
17 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S19 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์...	97
18 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน.....	98
19 แสดงขยายคำตอบของนักเรียน S3.....	98
20 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	99
21 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S8 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	104
22 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S14 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	104
23 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S18 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	105
24 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S21 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	105
25 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S10 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
26 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S13 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	106
27 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ของนักเรียน S5 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน.....	107
28 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	108
29 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	108
30 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์....	109
31 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S21 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์...	109
32 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	110
33 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S10 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์.....	111
34 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S14 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์...	111
35 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	112
36 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S19 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	112
37 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน.....	113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
38 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 4 ของนักเรียน S17 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน.....	113
39 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 7 ของนักเรียน S7 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน.....	118
40 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 8 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	119
41 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 8 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	119
42 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 8 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	119
43 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 8 ของนักเรียน S12 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน.....	120
44 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 9 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	120
45 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 9 ของนักเรียน S1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	121
46 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส	
ข้อ 9 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์...	121
47 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส ของนักเรียน S8	
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	123
48 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส ของนักเรียน S4	
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	124
49 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส ของนักเรียน S22	
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	125

สารบัญภาพ (ต่อ)

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

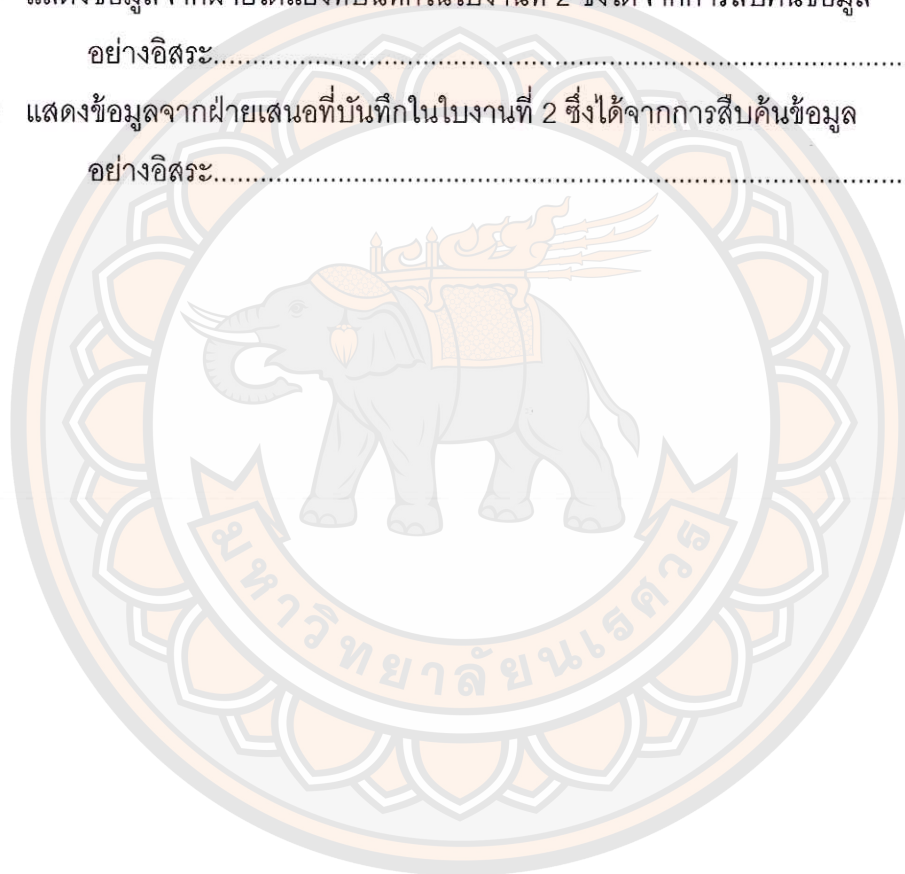
ภาพ	หน้า
62 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชั่น ของนักเรียน S24 ความเข้าใจ มโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	138
63 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น ข้อ 13 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	140
64 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น ข้อ 13 ของนักเรียน S7 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	140
65 แสดงโจทย์แบบวัดมโนทัศน์ข้อ 14.....	141
66 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น ข้อ 15 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	142
67 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น ข้อ 15 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	142
68 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น ข้อ 15 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน.....	143
69 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ ข้อ 18 ของนักเรียน S14 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	148
70 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ ข้อ 18 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	148
71 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	150
72 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	151
73 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์.....	151

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
74 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S13 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	152
75 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	153
76 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์.....	153
77 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S23 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์..	154
78 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S20 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์..	155
79 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S9 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน...	156
80 แสดงข้อมูลการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้บางส่วนจากใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้า ก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่.....	241
81 แสดงข้อมูลการสืบค้นข้อมูลนอกเหนือจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้บางส่วน จากใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็น บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่.....	241
82 แสดงข้อมูลการบันทึกการโต้แย้งจากใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็น บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่.....	244
83 แสดงใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็ง หรือไม่ ของกลุ่มที่ 3.....	246
84 แสดงหลักฐานการสืบค้นข้อมูลจากใบงานที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการกำหนดลิงค์ ให้เพื่อเข้าถึงข้อมูล.....	258

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
85 แสดงหลักการการสืบค้นข้อมูลจากใบงานที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเอง....	258
86 แสดงสาระสำคัญจากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยบันทึกบนกระดาน.....	262
87 แสดงตัวอย่างคำตอบในใบงานที่ 3 ที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการโต้แย้ง.....	266
88 แสดงข้อมูลจากฝ่ายโต้แย้งที่บันทึกในใบงานที่ 2 ซึ่งได้จากการสืบค้นข้อมูล อย่างอิสระ.....	274
89 แสดงข้อมูลจากฝ่ายเสนอที่บันทึกในใบงานที่ 2 ซึ่งได้จากการสืบค้นข้อมูล อย่างอิสระ.....	274



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เพราะมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากการรับรู้ที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ แล้วนำมาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม ทำให้แต่ละบุคคลมีการสร้างมโนทัศน์ที่ต่างกัน (ภาพ เลหาไพบูลย์, 2540) หากผู้เรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จะทำให้ผู้เรียนสามารถต่อยอดความรู้ เข้าใจกระบวนการต่างๆ ในระดับที่ซับซ้อนได้ และยังพัฒนาความคิดอย่างมีเหตุผล รวมถึงสามารถต่อยอดมโนทัศน์เดิม และหาความรู้อื่นๆ เพิ่มเติมต่อไปได้อีกด้วย (สุวดี แสนคำภูมิ, 2544) โดยมนุษย์จะใช้มโนทัศน์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นกรอบในการรับรู้ ทำความเข้าใจ ตีความหมายข้อมูลใหม่ที่รับเข้ามา (Posner, et al., 1982) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544) ได้จัดมโนทัศน์เป็นองค์ประกอบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่ง ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปสู่สังคมฐานความรู้ เป็นอย่างมาก ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันต่อกระแสการเปลี่ยนแปลงจากภายนอกและนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและความอยู่ดีมีสุข (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2555)

ความรู้ทางพันธุศาสตร์เป็นสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ (อรุณี วงศ์ปิยะสกลิต, 2550) เช่น การใช้วิธียีนบำบัดในการทำลายเซลล์มะเร็ง (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2550) การใช้เวชพันธุศาสตร์ในการวินิจฉัย การรักษา และการป้องกันโรคพันธุกรรมและความพิการแต่กำเนิด (ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย, 2557) การใช้พันธุศาสตร์ในการเพิ่มและปรับปรุงคุณภาพผลผลิตทางการเกษตร (อภิชาติ วรณวิจิตร, 2547) การใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การพิสูจน์ความสัมพันธ์ทางสายเลือด การพิสูจน์ตัวบุคคลในคดีอาชญากรรมเพื่อชี้ตัวผู้กระทำผิด เป็นต้น (อิทธิกร ปิ่นทอง, 2553) นอกจากนี้ ยังเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ในวิชาอื่น เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพวิวัฒนาการ นิเวศวิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) และเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์จัดอยู่ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) อีกด้วย ดังนั้นผู้เรียนจึงควรมีการสร้างมโนทัศน์ในเรื่องพันธุศาสตร์ที่ถูกต้อง เพื่อจะได้นำความรู้

ไปใช้ได้เหมาะสม ต่อยอดพัฒนาความรู้ใหม่ เชื่อมความรู้และเรียนรู้เรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องได้เร็วขึ้น (Thörne and Gericke, 2014)

จากผลรายงานการสำรวจความคิดเห็นครูวิทยาศาสตร์ในรัฐวิสคอนซิน สหรัฐอเมริกา พบว่านักเรียนส่วนมากมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) ในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์โปรตีน การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส การสังเคราะห์ด้วยแสง เซลล์ พันธุศาสตร์ของเมนเดล และแนวคิดเรื่อง ยีน เพราะเป็นเรื่องที่เข้าใจยากและผู้เรียนมองไม่เห็น 'ไม่สามารถจับต้องได้' แต่เนื้อหาเหล่านี้ก็มีความสำคัญในระดับต้นๆ เช่นกัน (Finley, et al., 1982) โดยเฉพาะวิชาพันธุศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากที่ American Association for the Advancement of Science (AAAS Project 2061 Science Assessment) ได้รวบรวมข้อมูลและผลงานวิจัยจากต่างประเทศเพื่อรายงานผลการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกรด 9-12 ในเรื่องพันธุศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อหลักๆ คือ ข้อมูลทางพันธุกรรมที่กำหนดรหัสในดีเอ็นเอ เซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกเซลล์มีชุดของดีเอ็นเอที่เหมือนกันจึงมีสารพันธุกรรมที่เหมือนกัน ข้อมูลทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอจะถูกถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังลูกหลานผ่านการสืบพันธุ์ ดีเอ็นเอจะเป็นตัวออกคำสั่งในการสร้างโปรตีนจากกรดอะมิโน และโปรตีนจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ สรีรวิทยา และพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในทุกหัวข้อ โดยในแต่ละหัวข้อจะมีเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเนื้อหาของเรื่องนั้นๆ แตกต่างกันไป ซึ่งทุกหัวข้อมีนักเรียนที่เกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนกว่าร้อยละ 50 และเนื้อหาที่พบว่ามีคนเข้าใจผิดมากที่สุดคือความรู้เกี่ยวกับ ดีเอ็นเอ ยีน การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม กรดอะมิโน และโปรตีน ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่น เซลล์ที่แตกต่างกัน (ผิวหนัง กล้ามเนื้อ กระดูกอ่อน ฯลฯ) ในร่างกายของแต่ละบุคคลมีดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน โปรตีน 'ไม่มีผลต่อพฤติกรรมของพืช' และในสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายที่บรรจุดีเอ็นเอมาจากแม่ส่วนอีกครึ่งหนึ่งมาจากพ่อ เป็นต้น จะเห็นว่านักเรียนไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมาเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ (American Association for the Advancement of Science, 2014) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของยีน (Gene) กับลักษณะ (Traits) (Thörne and Gericke, 2014) ยีนหรือดีเอ็นเอกับโปรตีน โปรตีนหรือเอนไซม์กับลักษณะ (Duncan and Tseng, 2011) ยีนกับจีโนมกับโครโมโซม และดีเอ็นเอกับโปรตีนกับกรดอะมิโนได้ ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์เดิมที่นักเรียนมีกับมโนทัศน์ใหม่ที่เพิ่งได้รับ (Venville and Dawson, 2010) รวมถึงนักเรียนเรียนแบบท่องจำ แต่เนื้อหาส่วนใหญ่

เป็นนามธรรม เป็นลำดับขั้นตอน เป็นกระบวนการ นักเรียนต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ไม่เช่นนั้นนั้น จะทำให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนขึ้นได้ (Gili and Ruth, 2000)

ในประเทศไทยก็ได้มีการรายงานผลมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รวบรวมจากผลงานวิจัยทางการศึกษา ทั้งไทยและต่างประเทศ พบว่า มโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่พบได้บ่อยที่สุด คือ การแสดงออก ลักษณะต่างๆ ในสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมด้วยยีนเท่านั้น ลักษณะทางพันธุกรรม 1 ลักษณะ ถูกควบคุม ด้วยยีน 1 ยีนเท่านั้น ยีนและแอลลีล (Allele) มีความหมายเหมือนกัน เซลล์ที่ทำหน้าที่ต่างกัน มีข้อมูลทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ลักษณะเด่นคือลักษณะที่พบมาก ในประชากร เมื่อครอบครัว หนึ่งมีโอกาสที่ถูกเป็นโรคทางพันธุกรรมเป็น 1 ใน 4 และลูกคนแรกเกิดมาเป็นโรค ลูกคนถัดไป จะไม่มีโอกาสเป็นโรคทางพันธุกรรม และมิวเทชัน (Mutation) ก่อให้เกิดโรคและผลเสียต่อสิ่งมีชีวิต (นันทยา อัครอารีย์, 2558) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิศเนตร อุทัยไชย (2554) พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง โครโมโซม ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม โครงสร้างของดีเอ็นเอ องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ สมบัติของสารพันธุกรรม และ มิวเทชัน และงานวิจัยของจิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ศึกษาในทศวรรษเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียน เตรียมทหารและพบว่านักเรียนเตรียมทหารมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนเตรียมทหาร ทั้งหมดมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เรื่อง โครงสร้างโครโมโซม หน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีน บนโครโมโซม และมิวเทชัน โดยการเกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนนี้เกิดจากเนื้อหาเรื่องพันธุศาสตร์ ค่อนข้างยากต่อการทำความเข้าใจและมีความซับซ้อน ส่วนใหญ่ จะเกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรามองไม่เห็น และจับต้องไม่ได้ อีกทั้งยังมีคำศัพท์จำนวนมากที่ต้องทำความเข้าใจ (ไพโรจน์ เต็มเตชาชาติพงศ์, 2550) นอกจากนี้ ยังพบว่า ครูใช้การบรรยายในการสอน มากที่สุด ใช้วิธีการสอนที่ไม่หลากหลาย ทำให้นักเรียนอาจจะสร้างมโนทัศน์ที่ผิดขึ้นไปได้ (พิศเนตร อุทัยไชย, 2554)

สำหรับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง หากพิจารณาจากคะแนนสอบ กลางภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 รายวิชาพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 ในหน่วยการเรียนรู้ พันธุศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 65.44 ($\bar{X} = 16.36$, S.D. = 3.12) ส่วนคะแนนสอบกลางภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 รายวิชา และหน่วยการเรียนรู้เดียวกัน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57.68 ($\bar{X} = 14.42$, S.D. = 3.17) ซึ่งครูผู้สอนประจำรายวิชาได้ตั้งเป้าหมายคะแนนของนักเรียนแต่ละคนไว้ที่ร้อยละ 60 ซึ่งจาก คะแนนสอบ พบว่า คะแนนในปีการศึกษา 2557 ยังไม่ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย (งานทะเบียน

และวัดผลโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง) คะแนนดังกล่าววัดผลหลังจากนักเรียนผ่านการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนมาแล้ว สามารถบ่งบอกได้ว่านักเรียนยังมีโมทศน์ในเรื่อง พันธุศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนอยู่ อาจเกิดจากนักเรียนมีโมทศน์เดิมจากการเรียนรู้หรือประสบการณ์เก่า แล้วไม่สามารถเชื่อมโยงกับสิ่งที่รับรู้ใหม่ได้ จึงทำให้ไม่เกิดโมทศน์ใหม่ที่สมบูรณ์ขึ้น (Ausubel, 1970 อ้างอิงใน อักษร รอกกลาง, 2556) ถ้าจะแก้ปัญหานี้ให้ได้ผล ครูต้องจัดการเรียนรู้ ที่ช่วยค้นหา โมทศน์ที่คลาดเคลื่อนในตัวนักเรียนและหาวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้น ให้เกิดเป็นมโนทศน์ใหม่ที่ถูกต้อง (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2537) หากนักเรียนเข้าใจ ในมโนทศน์พื้นฐาน จะทำให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบและเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในสมองได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Venville and Dawson, 2010) ดังนั้น ผู้วิจัยซึ่งรับผิดชอบสอนในรายวิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาแนวทางในการพัฒนามโนทศน์ เรื่องพันธุศาสตร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน

จากการศึกษารายงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา พบว่าการโต้แย้งเป็นกระบวนการที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ในสังคม (Driver, et al., 2000) เกิดจากกระบวนการสนทนาของกลุ่มคนสองฝ่ายหรือมากกว่าที่มีทัศนคติหรือความคิดที่ตรงข้ามกัน (Kuhn and Udell, 2003) สุดท้ายจะได้ข้อสรุปหรือข้อเสนอที่มีการอธิบายด้วยการอ้างเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์ (Blackburn, 1994) โดยองค์ประกอบหลักๆ ในการโต้แย้ง คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานที่น่าเชื่อถือ เหตุผลในการสนับสนุนสมมติฐาน และการอภิปรายเพื่อโต้แย้งหรือยอมรับทางเลือก (Kuhn, 1993; Toulmin, 1958) ซึ่งการโต้แย้งเป็นกระบวนการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทางหนึ่ง หากนักเรียนได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Newton, et al., 1999) และการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ยังช่วยพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นักเรียนจะได้เห็นมโนทศน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเอง ในขณะที่แลกเปลี่ยนความเข้าใจมโนทศน์กับเพื่อน จึงเป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากการพูดหรือเขียนซึ่งเป็นการอธิบายมโนทศน์ และยังช่วยส่งเสริมการคิด ตัดสินใจ ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Newton, et al., 1999; Von Aufschnaiter, et al., 2008) ซึ่งการสอนพันธุศาสตร์ที่เกิดการเรียนรู้มากที่สุด คือ การที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ และมีการสะท้อนความคิด (จิตตินันท์ สาตะนิมิ, 2550) โดย Vosniadou, et al. (2001) กล่าวว่า การออกแบบสิ่งแวดล้อมในการเรียนนั้นเป็นสิ่งสำคัญและมีผลในการช่วยส่งเสริมการพัฒนามโนทศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยต้องคำนึงถึงความรู้เดิมของนักเรียนการสร้างแรงจูงใจ

ในการเปลี่ยนแปลงความคิด การทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา การจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงออกที่เหมาะสมและบทบาทของครูในชั้นเรียน

การโต้แย้งถูกนำมาใช้พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในปี 2009 โดยของ Venville and Dawson ได้ใช้รูปแบบการโต้แย้งของทูลมินสร้างขึ้นในปี 1958 (Toulmin, 1958) ประกอบด้วย 1) การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims) 2) ใช้หลักฐาน (Evidence) หรือข้อมูล (Data) สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) การให้ข้อรับรอง (Warrants) 4) เสนอข้อสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือขึ้น (Backing) 5) การเสนอข้อโต้แย้งที่ค้านกับข้อกล่าวอ้าง (Rebuttals) 6) การเสนอส่วนขยาย ซึ่งเป็นข้อจำกัดกรณีข้อกล่าวอ้างไม่เป็นจริง (Qualifiers) มาพัฒนาความเข้าใจในทศวรรษเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจเรื่องพันธุศาสตร์มากขึ้น จากผลคะแนนสอบ ต่อมาในปี 2013 Handan Eskin and Ogan-Bekiroglu ได้ใช้รูปแบบการโต้แย้งของทูลมินมาพัฒนามโนทัศน์ เรื่องการเคลื่อนที่ของนักเรียน พบว่า นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่สมบูรณ์มากขึ้น (Eskin and Ogan-Bekiroglu, 2013) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cinar and Bayraktar (2014) ที่ใช้รูปแบบการโต้แย้งของ ทูลมิน เช่นกัน ศึกษาผลของการโต้แย้งร่วมกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง แล้วพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานได้ถูกต้องและสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ (Cinar and Bayraktar, 2014)

Lin and Mintzes (2010) ได้เสนอรูปแบบการโต้แย้งเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแก้ไขข้อบกพร่องรูปแบบของทูลมินที่ไม่สามารถประเมินผลคุณภาพของการโต้แย้ง ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ โดยการประเมินคุณภาพของการโต้แย้งนั้นสามารถดูได้จากการแสดงเหตุผลและหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งนั้น (Mason and Scirica, 2006; Sandoval and Millwood, 2005) ถ้าหากนักเรียนได้เสนอข้อกล่าวอ้างและเสนอเหตุผลของข้อโต้แย้งในเวลาเดียวกันหรือมีการปรับข้อกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งที่แตกต่างกันด้วยเหตุผลที่ยอมรับได้ จะทำให้นักเรียนมีความคิดที่หลายมุมมองขึ้น (Simonneaux, 2007) และมีความสามารถในการโต้แย้งที่ดีกว่าแบบเดิม (Means and Voss, 1996) ซึ่งรูปแบบที่พัฒนาแล้ว ประกอบด้วย 1) สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ในประเด็นที่เกิดการขัดแย้งและเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) 2) การแสดงข้อโต้แย้งพร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่ขัดแย้งต่อข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม (Counterarguments) 3) เสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้ง (Supportive Arguments) และ 4) แสดงหลักฐาน (Evidence) ของเหตุผลที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้งนั้น (Lin and Mintzes, 2010)

นอกจากนี้ การศึกษารายงานการวิจัยพบว่าการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Socioscientific issues: SSI) มาเป็นกรอบในการจัดกิจกรรมจะช่วยดึงดูดความสนใจนักเรียนต่อเนื้อหา ทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้และเข้าใจในกระบวนการที่ซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้น (Duncan and Tseng, 2011) และยังมีผลต่อคุณภาพของผู้เข้าร่วมการโต้แย้งอีกด้วย (Duschl and Osborne, 2002) นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ Lin and Mintzes ยังสรุปว่า การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเข้าใจในการโต้แย้งและความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นนั้นๆ มากยิ่งขึ้น (Lin and Mintzes, 2010) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Venville and Dawson ที่สรุปว่ากระบวนการของการมีส่วนร่วมในการฟังข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและซับซ้อน รวมถึงการสนับสนุนของครูระหว่างทำกิจกรรมนั้นมีผลต่อความรู้ในเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียน ทำให้เกิดความรู้แบบองค์รวมที่ลึกซึ้งมากขึ้น ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากนักเรียนได้รวบรวมความคิดในห้องเรียนและผ่านการประยุกต์ใช้ในประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคมแล้ว (Venville and Dawson, 2010)

จากแนวคิดและทฤษฎีข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ควรทำอย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการพัฒนามโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน ที่เรียนหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง

2. ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

2.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.2 ความเข้าใจในทศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาเพิ่มเติมกลุ่ม 1 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557) ประกอบด้วย เรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

4. ผู้วิจัยใช้เวลาในการทำการทดลอง 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยจัดการเรียนรู้ตามเวลาเรียนปกติของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจ ที่นักเรียนสร้างขึ้นมากเกี่ยวกับ เรื่อง พันธุศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม แบ่งเป็น 7 มโนทัศน์ คือ 1) การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) 2) การถอดรหัส (Transcription) 3) รหัสพันธุกรรม (Genetic code) 4) การแปลรหัส (Translation) 5) มิวเทชัน (Mutation) 6) เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) และ 7) พันธุ-วิศวกรรม (Genetic Engineering) นักเรียนแต่ละคนจะมีการสร้างมโนทัศน์ที่ต่างกันขึ้นอยู่กับมโนทัศน์ที่มีมาก่อนแล้ว อาจได้มาจากการศึกษาที่โรงเรียนหรือจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยมโนทัศน์นั้นอาจจะแตกต่างหรือสอดคล้องกับมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยใช้แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด โดยแบ่งความเข้าใจมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามเกณฑ์ของ Westbrook and Marek (1992) ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องสมบูรณ์ ตรงตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับหรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่ไม่ครบสมบูรณ์ ตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

1.2 ความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

1.3 ความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

1.4 ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถามแล้วเว้นว่างไว้ หรือตอบไม่ตรงคำถาม

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม และใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์มาเป็นประเด็นโต้แย้งในชั้นเรียน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนอ่านข่าว บทความ หรือคู่มือวีดีโอ ที่มีความน่าสนใจและเกี่ยวข้องกับ เรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม หลังจากนั้นนักเรียนจะได้ทราบถึงเหตุการณ์ในปัจจุบัน ที่ยังเป็นข้อโต้แย้ง และไม่มีคำตอบที่ชัดเจนอยู่ ครูจะทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดประเด็นสงสัยและนำเสนอประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนทราบ นอกจากนี้ ครูควรเชื่อมโยงให้นักเรียนมองเห็นในหลายๆ ด้านและให้นักเรียนเขียนข้อกล่าวอ้างและเหตุผลลงในใบงาน

2.2 ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ในขั้นนี้ นักเรียนรวมกลุ่มคนที่มีความคิดเห็นตรงกัน และครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า สืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ได้แก่ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ หลังจากนั้นนักเรียนจะต้องร่วมกันค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลเพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน

โดยหลักฐานเชิงประจักษ์นี้เป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ อาจจะเป็นรูปธรรม ข้อเท็จจริง หรือเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกต การสืบค้น การสังเกตหรือการสำรวจก็ได้ ซึ่งในขณะทำกิจกรรมต้องมีการบันทึกลงใบงานที่ครูแจกให้ทุกครั้ง

2.3 ชั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและ พันธุวิศวกรรม ในระหว่างการโต้แย้งนักเรียนต้องบันทึกลงใบงาน มีรูปแบบในการโต้แย้ง ดังนี้

2.3.1 เสนอข้อกล่าวอ้าง ชั้นนี้นักเรียนจะได้เสนอข้อกล่าวอ้างที่ตนเองเลือกว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม พร้อมเสนอเหตุผล หรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น

2.3.2 เสนอข้อโต้แย้ง ชั้นนี้อีกฝ่ายที่มีความเห็นขัดแย้งต่อข้อกล่าวอ้าง สามารถเสนอข้อโต้แย้งได้ พร้อมเสนอเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อโต้แย้งนั้น

2.3.3 เสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้ง โดยนักเรียนคนอื่น ที่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างในข้อ 1 หรือข้อโต้แย้งในข้อ 2 สามารถเสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนพร้อม แสดงหลักฐานได้

2.4 ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนและ ครูจะอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง แต่ละกลุ่มจะต้องเสนอหลักฐานหรือสมมติของกลุ่มพร้อมเหตุผลหรือ หลักฐาน ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะหากหลักฐานนั้นไม่น่าเชื่อถือ และทำให้นักเรียนเห็นมุมมอง ที่หลากหลายขึ้น แต่จะไม่ลงข้อสรุปว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกหรือผิด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และศึกษาผลของ การจัดการเรียนรู้ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา

- 1.1 วิสัยทัศน์ พันธกิจ จุดมุ่งหมาย
- 1.2 สมรรถนะของผู้เรียน
- 1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 1.4 คำอธิบายรายวิชา
- 1.5 โครงสร้างรายวิชา
- 1.6 ผลการเรียนรู้

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์

- 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ (Concept)
- 2.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 ประเภทของมโนทัศน์
- 2.4 การสร้างมโนทัศน์
- 2.5 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
- 2.6 มโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์
- 2.7 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธุศาสตร์
- 2.8 แนวทางการวัดมโนทัศน์

3. ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 3.1 ความหมายของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
- 3.2 การพิจารณาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 3.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
- 3.4 ข้อดีของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของการโต้แย้ง
 - 4.2 ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
 - 4.3 ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
 - 4.4 ประโยชน์ของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
 - 4.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษา

1. วิสัยทัศน์ พันธกิจ จุดมุ่งหมาย วิสัยทัศน์

เป็นโรงเรียนที่จัดการศึกษาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการ เพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อย โอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์ให้มีคุณภาพทัดเทียมกับโรงเรียน วิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ ผู้เรียนมีจิตวิญญาณของการเป็นนักวิจัย และนักประดิษฐ์คิดค้น มีสุขภาพ พลานามัยที่ดีมีคุณธรรม จริยธรรม รักการเรียนรู้มีความเป็นไทย มีความมุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ

พันธกิจ

ศึกษาค้นคว้า วิจัยพัฒนา และร่วมมือกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อดำเนินการบริหารและจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลาย มุ่งเน้นความเป็นเลิศด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในลักษณะของโรงเรียนประจำ สำหรับนักเรียน ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์

ทั้งนี้ เพื่อพัฒนานักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เหล่านั้นไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีความสามารถระดับสูงเทียบเคียงนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติมีจิตวิญญาณ มุ่งมั่น พัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีให้กับประเทศชาติและสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มี มูลค่าเพิ่มมากขึ้น สร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และ สังคมที่ยั่งยืนพอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

จุดมุ่งหมาย

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคมีอุดมการณ์ และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียน โดยมุ่งส่งเสริมและพัฒนานักเรียนให้

1. เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนา ที่ตนนับถือ มีคุณธรรม จริยธรรม มีบุคลิกภาพที่ดีและมีความเป็นผู้นำ
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อย่างลึกซึ้ง ในระดับเดียวกันกับนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
3. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจิตวิญญาณของความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น และนักพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ในระดับเดียวกันกับ นักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
4. รักการเรียนรู้ รักการอ่าน รักการเขียน รักการค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มีความรอบรู้ รอบรู้รอบ และสามารถบูรณาการความรู้ได้
5. มีความรู้และทักษะการใช้ภาษาต่างประเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระดับเดียวกันกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำนานาชาติ
6. มีจิตสำนึกในเกียรติภูมิของความเป็นไทย มีความเข้าใจและภูมิใจในประวัติศาสตร์ ของชาติ มีความรักและความภาคภูมิใจในชาติบ้านเมืองและท้องถิ่น เป็นพลเมืองดี ยึดมั่น ในการปกครองระบอบ ประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข
7. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปวัฒนธรรมไทย ประเพณีไทยและ ภูมิปัญญาไทย ตลอดจนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วม โลกและธรรมชาติ
8. มีจิตมุ่งที่จะทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้กับสังคม มีความรับผิดชอบต่อ สังคม ต้องการ ตอบแทนบ้านเมืองตามความสามารถของตนอย่างต่อเนื่อง

9. มีสุขภาพอนามัยที่ดี รักการออกกำลังกาย รู้จักดูแลตนเองให้เข้มแข็งทั้งกายและใจ

ทั้งนี้ เพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์คิดค้น ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความสามารถระดับสูงเยี่ยมเทียบเคียงกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ และมีจิตวิญญาณ มุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ด้าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้กับประเทศชาติและสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นสร้างสังคมแห่ง ภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

2. สมรรถนะของผู้เรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ตามหลักสูตรฉบับนี้ มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษา สามารถถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัด และลดปัญหาความขัดแย้งต่างๆ มีความสามารถในการเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อตนเองและสังคม

2.2 ความสามารถในการคิด มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหา และเผชิญปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล หลักคุณธรรมบนข้อมูลสารสนเทศต่างๆ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคม สามารถแสวงหาความรู้และประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหามีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีทักษะในการดำรงชีวิตทักษะการทำงาน และทักษะในการอยู่ร่วมกันในสังคม ทักษะการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล สามารถจัดการปัญหาและความขัดแย้ง

ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม สามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสภาพแวดล้อม และรู้จักหลีกเลี่ยงการแสดงพฤติกรรม ไม่พึงประสงค์ที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ อย่างเหมาะสม ทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

2.6 ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความสามารถในการเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ และสิ่งแวดล้อมใหม่ๆ ได้ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รู้จักสังเกตคนรอบข้างและเพื่อนร่วมงาน รู้จักใช้จุดดีและจุดแข็งของแต่ละคนให้เป็นประโยชน์ สามารถบริหารความขัดแย้งได้ มีจิตวิทยาในการทำงานร่วมกับคนอื่น

2.7 ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการค้นคว้าหาความรู้ การเรียนการประชุมสัมมนา การเจรจาต่อรองและการทำงานร่วมกับชาวต่างชาติได้อย่างคล่องแคล่วมีประสิทธิภาพสมวัยทั้งด้านการพูดการอ่านและการเขียน

2.8 ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือสร้างองค์ความรู้ หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างชำนาญและสร้างสรรค์

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนของโรงเรียนไว้ ดังนี้

- 3.1 มีความรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 3.2 มีความภูมิใจในความเป็นไทยและศิลปวัฒนธรรมไทย
- 3.3 มีจิตสาธารณะและมีอุดมการณ์มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ
- 3.4 มีวินัยและมีความซื่อสัตย์สุจริต
- 3.5 มุ่งมั่นในการทำงานและดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง
- 3.6 ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
- 3.7 เห็นคุณค่าของการเรียนรู้จากการปฏิบัติทดลองจริง
- 3.8 เห็นคุณค่าและความสำคัญของการวิจัยและการประดิษฐ์คิดค้น
- 3.9 มีจิตใจเปิดกว้าง เชื่อในเหตุผล เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองได้ตามข้อมูลและหลักฐานใหม่ที่ได้รับ
- 3.10 รักและเห็นคุณค่าของการออกกำลังกาย

4. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาหลักการการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซมของสิ่งมีชีวิตบางชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับโครโมโซม ยีนในออโตโซม ยีนในโครโมโซมเพศ ยีนในโครโมโซมเดียวกัน โครงสร้าง สมบัติและการทำงานของสารพันธุกรรม ดีเอ็นเอในโพรคาริโอตและยูคาริโอต การเกิดมิวเทชันและความผิดปกติของสารพันธุกรรม หลักการของพันธุศาสตร์โมเลกุล ความก้าวหน้าทางพันธุวิศวกรรม บทบาทของเทคโนโลยีชีวภาพ และเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตเพื่อความอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตและเผ่าพันธุ์ รูปแบบการเกิดวิวัฒนาการ การเกิดวิวัฒนาการของมนุษย์ การศึกษาวิวัฒนาการผ่านหลักฐาน ข้อมูลต่างๆ การนำข้อมูลทางพันธุศาสตร์ประชากร และข้อมูลอื่นๆ มาใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการสูญพันธุ์ การเกิดสปีชีส์ใหม่ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิต

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง การอธิบายและสรุปเพื่อให้เกิดความรู้ ความคิดความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

5. โครงสร้างรายวิชา

โครงสร้างรายวิชาพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2

ตาราง 1 แสดงโครงสร้างรายวิชาพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา รหัสวิชา ว30261
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 60 ชั่วโมง
จำนวน 1.5 หน่วยกิต ภาคเรียนที่ 2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	พันธุศาสตร์	
	โครโมโซม	2
	สารพันธุกรรมและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	4
	1. ประวัติและการค้นพบสารพันธุกรรม	
	2. องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	
	3. โครงสร้างของดีเอ็นเอ	

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	คุณสมบัติของสารพันธุกรรม	
	1. การจำลองดีเอ็นเอ	3
	2. ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน	3
	2.1 การถอดรหัส	
	2.2 การแปลรหัส	
	มิวเทชัน	3
	เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม	3
	ลักษณะทางพันธุกรรม	2
	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	
	1. กระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1
	2. การถ่ายทอดพันธุกรรมตามกฎของเมนเดล	2
	3. วิธีการหาอัตราส่วนของฟีโนไทป์และจีโนไทป์	2
	4. ความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	2
	ลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมนอกนิวเคลียส	3
	สอบกลางภาค	3
	ปฏิบัตินร่วมกันของยีน	3
	มัลติเพิลอัลลีล (Multiple allele)	2
	ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมยีนบนโครโมโซมเพศ	2
	เจเนติกส์รีคอมบิเนชัน	2
2	วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	15
	สอบปลายภาค	3
	รวมเวลาเรียนทั้งหมด	60

6. ผลการเรียนรู้

เมื่อเรียนจบรายวิชา ว30261 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ นักเรียนสามารถ

อธิบายรูปร่าง ลักษณะ ชนิดของโครโมโซม และอธิบาย อภิปราย พร้อมทั้งยกตัวอย่างยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม อธิบาย และอภิปรายความหมาย สาเหตุ ชนิด และผลของการมิวเทชันและความผิดปกติของสารพันธุกรรมได้

6.1 อธิบายการค้นพบองค์ประกอบ การจัดเรียงตัว และโครงสร้างของ ดีเอ็นเอ อธิบาย และวิเคราะห์กลไกการจำลอง ดีเอ็นเอ และกลไกการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของดีเอ็นเอได้

6.2 สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพ พันธุวิศวกรรมที่มีผลต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

6.3 อธิบายความแตกต่างของสิ่งมีชีวิต จากปัจจัยทางพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมได้

6.4 อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพได้

6.5 อภิปรายความสำเร็จ และวิเคราะห์ปัจจัยที่สนับสนุนให้การทดลองของเมนเดล สำเร็จ สามารถนำกฎแห่งการแยกตัว และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ของเมนเดลไปใช้ในการคำนวณ และทำนายอัตราส่วนของฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ของรุ่นต่อไป รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบางอย่างที่ไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดลได้

6.6 สืบค้น และอธิบายความสำคัญของปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา แผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิดที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การนำข้อมูลจากดึกดำบรรพ์มาใช้เป็นหลักฐานทางวิวัฒนาการได้

6.7 อธิบายกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ และผลของการคัดเลือกตามธรรมชาติต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

6.8 อภิปรายการศึกษาวิวัฒนาการผ่านหลักฐาน ข้อมูลต่างๆ นำข้อมูลทางพันธุศาสตร์ ประชากร และข้อมูลอื่นๆ มาใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มการสูญพันธุ์ การเกิดสปีชีส์ใหม่ได้

6.9 วิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิต เพื่อความอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต และเผ่าพันธุ์ วิเคราะห์รูปแบบการเกิดวิวัฒนาการได้

6.10 สืบค้น วิเคราะห์ การเกิดวิวัฒนาการในมนุษย์ได้

งานวิจัยนี้ใช้ผลการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ข้อ คือ ข้อ 1 อธิบายรูปร่าง ลักษณะ ชนิดของ โครโมโซม และอธิบาย อภิปราย พร้อมทั้งยกตัวอย่างยืนยันที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม อธิบาย และอธิบายความหมาย สาเหตุ ชนิด และผลของการมิวเทชันและความผิดปกติของสารพันธุกรรม ได้ข้อ 2 อธิบายการค้นพบองค์ประกอบ การจัดเรียงตัว และโครงสร้างของ ดีเอ็นเอ อธิบายและ วิเคราะห์กลไกการจำลอง ดีเอ็นเอ และกลไกการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของดีเอ็นเอ ได้ และข้อ 3 สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพ พันธุวิศวกรรมที่มีผลต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ โดยผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ข้อนี้ ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง คุณสมบัติของ สารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์

1. ความหมายของมโนทัศน์ (Concept)

Concept แปลได้หลายความหมายทั้ง มโนคติ แนวคิด ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ สังกัป หรือมโนภาพ (อาทร รอกกลาง, 2556) ผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังต่อไปนี้

ภพ เลหาไพบูลย์ (2534) กล่าวว่า มโนทัศน์เป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่นำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น แต่ละคนย่อมมีมโนทัศน์เกี่ยวกับวัตถุหรือประสบการณ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น

สุวิมล เขียวแก้ว (2540) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า เป็นการสังเคราะห์หรือบอกความสัมพันธ์ในเชิงตรรกศาสตร์จากข้อมูลที่ตรงประเด็น เป็นผลจากการใช้จินตนาการ การตัดสินใจอย่างมีเหตุผลของผู้เรียน แนวคิดเป็นสิ่งที่ซับซ้อนกว่าการรวบรวมความรู้ที่เป็นระบบอยู่แล้วเพื่อความเข้าใจในเรื่องที่สนใจศึกษา

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า คือ หมวดยุทธ์ของวัตถุเหตุการณ์หรือมโนทัศน์ประกอบอยู่ในหมวดยุทธ์ที่ใกล้เคียงกัน แต่ละสิ่งในหมวดยุทธ์อาจแตกต่างกัน แต่มีลักษณะใกล้เคียงกันมากพอที่จะบอกได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร ซึ่งจะแทนด้วยคำพูดที่เข้าใจร่วมกันของคนในสังคม

สุรางค์ ไคว์ตระกูล (2550) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า เป็นคำที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ใช้แทนวัตถุ สัตว์ สิ่งของ ที่จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยมีลักษณะที่สำคัญร่วมกันเป็นเกณฑ์ เช่น นก เป็นคำที่ใช้แทนลักษณะของสัตว์ที่มีปีก มีขน และบินได้

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า เป็นการรวบรวมสิ่งที่มีกฎเกณฑ์ รูปแบบ หรือความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ เหตุการณ์ และมโนทัศน์อื่นๆ จะไม่มีการบอกว่าถูกหรือผิด ถูกต้องตามแบบแผนหรือไม่

กลินน์ และคณะ (Glynn, et al., 1995) ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า เป็นรูปแบบทางความคิดเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์

บาร์รี่ (Barry, 1998 อ้างอิงใน พัชรีย์ ผลโยธิน, 2551) ให้ความหมายว่า เป็นมโนภาพของบางอย่าง อาจเป็นอะไรก็ได้ เช่น พฤติกรรม แนวคิด วัตถุที่สามารถเห็นได้ โดยจะมีสองมิติ คือ องค์ประกอบเฉพาะของมโนภาพนั้นกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และระหว่างองค์ประกอบกับส่วนรวม

บรูนิง และคณะ (Bruning, et al., 1999) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่าเป็น โครงสร้างทางความคิดที่บุคคลสร้างขึ้นเพื่อจำแนกความหมาย วัตถุ และเหตุการณ์ต่างๆ จากการตั้งเกณฑ์ขึ้นมา โดยหากมีความคล้ายคลึงหรือเหมือนกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ลักษณะที่เด่นในตัวอย่างของมโนทัศน์จะเรียกว่า คุณลักษณะ (attributes) ลักษณะเด่นที่จำเป็น ในการให้คำจำกัดความของมโนทัศน์จะเรียกว่า ลักษณะเฉพาะ (defining attribute)

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ พอที่จะสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง การรับรู้ และความเข้าใจ สิ่งที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ และนำมาเชื่อมโยงให้เกิด ความสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา ในแต่ละบุคคลจะมีมโนทัศน์ที่ต่างกันขึ้นกับ ประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล

2. ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมมีความเชื่อมโยงกันอย่าง ลึกซึ้ง หรืออาจจะเกิดจากการเอามโนทัศน์อื่นมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้มโนทัศน์ ทางวิทยาศาสตร์ยังเน้นหนักในเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ จึงเน้นที่การทดลอง มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะมีความเป็นสากล ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับพื้นฐานทางสังคมและ วัฒนธรรมเป็นส่วนน้อย มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนและความรู้ ในระดับสูงได้ดียิ่งขึ้น (ทพวงมหาวิทยาลัย, 2525 อ้างอิงใน อาทรรอกลาง, 2556) ผู้วิจัยได้รวบรวม ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังต่อไปนี้

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่ได้จากการศึกษาข้อเท็จจริงและหลักการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาข้อมูลที่ถูกต้อง และช่วยเป็นพื้นฐานให้เกิดความเข้าใจในขั้นที่สูงขึ้น

สมควร ขนชัยภูมิ (2545) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิดความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่จะสรุปเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ในวิชาวิทยาศาสตร์

ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อสรุปที่นักวิทยาศาสตร์ เห็นร่วมกันในข้อสรุปนั้น

คลอพเฟอร์ (Klopfer, 1971) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นนามธรรม ที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการศึกษา โลกธรรมชาติ

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นว่ามี ความคล้ายคลึงกับมโนทัศน์ทั่วไป แต่มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และมีการสรุปบนพื้นฐานของเหตุและผล สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และมโนทัศน์นั้นต้องเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

3. ประเภทของมโนทัศน์

ผู้วิจัยได้รวบรวมประเภทของมโนทัศน์ไว้ ดังต่อไปนี้

แลง และคณะ (Lang, et al., 1995 อ้างอิงใน จิตตินันท์ สาดะนิมิ, 2550) แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 5 ชนิด คือ

1. มโนทัศน์รูปธรรม (Concrete concept) เป็นมโนทัศน์ที่สามารถรับรู้ได้จากประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งขึ้นไป เช่น แผลง มีลำตัวแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หัว อก และท้อง และมีขา 6 ขา เป็นต้น
2. มโนทัศน์นามธรรม (Abstract concept) เป็นมโนทัศน์ที่สามารถรับรู้ได้โดยตรง หรือต้องได้รับการลงความเห็นก่อน ไม่สามารถรับรู้ได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 เช่น สารอาหาร คือ สารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแล้วจะให้พลังงานแก่ร่างกายและช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เป็นต้น
3. มโนทัศน์ที่มีนิยามเดียว (Conjunctive concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะสำคัญ 1 ลักษณะที่จำเพาะเจาะจง มีนิยามเพียงนิยามเดียวที่เข้าใจตรงกันทุกคน เช่น ทะเลสาบ คือ แหล่งน้ำที่มีพื้นดินล้อมรอบ เป็นต้น
4. มโนทัศน์ที่มีหลายนิยาม (Disjunction concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะสำคัญหลายลักษณะหากสิ่งใดมีคุณลักษณะเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งก็สามารถจัดอยู่ในมโนทัศน์นี้ได้ เช่น คำนาม คือคำที่ใช้เรียก คน สัตว์ สิ่งของ ดังนั้น คำนาม จึงสามารถเป็นได้ทั้ง คน หรือสัตว์ หรือสิ่งของนั่นเอง เป็นต้น
5. มโนทัศน์ที่มีเงื่อนไข (Relational concept) เป็นมโนทัศน์ที่ต้องมีลักษณะ 2 ลักษณะสำคัญ โดยทั้ง 2 ลักษณะนั้นต้องเป็นเงื่อนไขซึ่งกันและกัน เช่น เส้นขนาน จะต้องมีความยาว 2 เส้น และต้องไม่ตัดกัน ณ จุดใดจุดหนึ่ง เป็นต้น

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในความรู้ระดับสูงมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์การแบ่งประเภท (Classification concept) เป็นมโนทัศน์ที่ใช้ชี้แจงคุณสมบัติ หรือบอกคุณสมบัติร่วม เช่น สัตว์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

2. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concept) เป็นมโนทัศน์ที่อธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถสร้างเป็นความเข้าใจได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่นำมาสนับสนุน

3. มโนทัศน์ความสัมพันธ์ (Correlation concept) เป็นมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล สามารถนำไปใช้ทำนายเหตุการณ์ได้ เช่น ของเหลว เมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เป็นต้น

คณะกรรมการการพัฒนากาการสอนวิทยาศาสตร์และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 อ้างใน พิศเนตร อุทัยไชย, 2554) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริง เช่น น้ำแข็ง คือน้ำที่อยู่ในสถานะของแข็ง เป็นต้น
2. มโนทัศน์ที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ของข้อเท็จจริงในสิ่งหลายสิ่ง เช่น สสารสามารถเปลี่ยนสถานะได้ หากเปลี่ยนพลังงานความร้อน เป็นต้น
3. มโนทัศน์ที่นำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆ มาสรุปเป็นกระบวนการต่อเนื่อง ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานไปถึงความรู้ระดับสูง เช่น เมื่อแก๊สได้รับความร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น เป็นต้น

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ พอที่จะสรุปได้ว่า มโนทัศน์ถูกแบ่งออกตามหลักฐาน ข้อมูล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่างๆ หรือเป็นการจำแนกความรู้ย่อยๆ เพื่อนำมาใช้สร้างเป็นองค์ความรู้ในเรื่องนั้นๆ

4. การสร้างมโนทัศน์

การที่บุคคลหนึ่งจะเกิดการสร้างมโนทัศน์ได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้น ได้สัมผัส รับรู้ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือได้รับประสบการณ์และสามารถนำมาเชื่อมโยงกันได้ ทำให้เกิดเป็นมโนทัศน์ในเรื่องนั้นขึ้น เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ในระดับที่สูงจะสามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ได้ ทำให้เกิดเป็นมโนทัศน์ใหม่ ทางที่ผู้วิจัยได้รวบรวมการสร้างมโนทัศน์ไว้ดังต่อไปนี้

จำนง พรายแย้มแข (2516 อ้างอิงใน พิศเนตร อุทัยไชย, 2554) กล่าวว่า การที่บุคคลหนึ่งจะเกิดมโนทัศน์ได้บุคคลนั้นต้องได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ข้อเท็จจริงหลักการและลักษณะทั่วไป และยังสามารถรับรู้ได้ลักษณะเฉพาะและสามารถแยกแยะออกจากสิ่งได้จึงจะทำให้เกิดมโนทัศน์ขึ้น

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534) กล่าวว่า การจะสร้างมโนทัศน์ได้นั้น ผู้เรียนต้องสร้างจินตนาการได้เสียก่อนเพราะการสร้างจินตนาการจะทำให้เข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากขึ้น

อาซูเบล (Ausubel, 1970) ได้กล่าวสรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ คือ

1. การวิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของกระบวนการของสิ่งเร้า
2. ตั้งสมมติฐานจากลักษณะร่วมที่วิเคราะห์ได้จากสิ่งเร้า
3. ทดสอบสมมติฐาน
4. เลือกสมมติฐานที่ครอบคลุมลักษณะบางประการของสิ่งเร้าที่รวมกันได้
5. นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้ามาเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางความคิดเดิมที่มีอยู่
6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับมโนทัศน์เดิม เพื่อหาความสัมพันธ์กัน
7. สรุปมโนทัศน์ใหม่ให้ครอบคลุมหน่วยย่อยทั้งหมดในกลุ่มนั้น
8. หาสัญลักษณ์ทางภาษาเพื่อตั้งเป็นตัวแทนมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นใหม่

อาเรนด (Arends, 1998) ได้สรุปแนวทางในการสร้างมโนทัศน์เป็น 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นนำเสนอตัวอย่าง เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอตัวอย่างที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องของมโนทัศน์ โดยตัวอย่างที่ครูนำเสนอจะต้องชัดเจนว่าตัวอย่างใดถูกต้องหรือตัวอย่างใดไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์
2. ขั้นการระบุลักษณะของมโนทัศน์ ครูให้นักเรียนคาดคะเนลักษณะของมโนทัศน์นั้นๆ และให้นักเรียนแสดงเหตุผลประกอบเพื่อเป็นการคาดคะเนลักษณะของมโนทัศน์นั้น และให้นักเรียนเปรียบเทียบมโนทัศน์โดยมีครูคอยถามคำถามชี้แนะ
3. ขั้นการระบุชื่อมโนทัศน์ นักเรียนจะได้เห็นตัวอย่างและระบุลักษณะของมโนทัศน์นั้นๆ โดยนักเรียนจะระบุชื่อพร้อมรายละเอียด ครูอาจจะแสดงตัวอย่างเพิ่มจนกระทั่งนักเรียนระบุชื่อมโนทัศน์ได้
4. ขั้นการตรวจสอบการสร้างมโนทัศน์ ครูจะนำเสนอตัวอย่างใหม่ โดยตัวอย่างนั้นมีทั้งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ พร้อมให้นักเรียนอธิบายเหตุผล โดยครูอาจจะให้นักเรียนยกตัวอย่างที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ก็ได้

โดยสรุปจากการศึกษา พบว่า การสร้างมโนทัศน์ของแต่ละบุคคลนั้น เกิดจากประสบการณ์เดิมที่ได้จากการสัมผัส เรียนรู้ และถูกกระตุ้นจากสิ่งเร้า แล้วนำมาแยกแยะ สัมพันธ์กับความรู้ที่รับเข้ามา ใหม่และสรุปลักษณะของสิ่งนั้นๆ จนเกิดเป็นความเข้าใจ ในที่สุดจะถูกสร้างเป็นมโนทัศน์ขึ้น

5. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นสามารถใช้คำอื่นแทนในความหมายเดียวกัน ได้แก่ มโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Misunderstanding) ความคิด

ที่คลาดเคลื่อน (Erroneous Ideas) และความรู้คลาดเคลื่อน (Mistakes) (อาทร รอกกลาง, 2556) ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จันทร์จิรา ชุ่มเรืองศรี (2539) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ที่สร้างขึ้นมาจากตัวเอง โดยนำความรู้เบื้องต้นที่มีมาก่อนมาสัมพันธ์กับความรู้ใหม่ และเกิดเป็น มโนทัศน์ที่ต่างไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน โดยอาจเกิดขึ้นก่อน ระหว่าง หรือหลังจากที่ได้รับความรู้ใหม่ไปแล้ว

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง ความคิดหรือ ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์หรือเบี่ยงเบนไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลมาจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เมื่อรับ ประสบการณ์จะเกิดการเชื่อมโยงได้ช้าลงหรืออาจจะไม่เกิดการเรียนรู้ขึ้น

ลอว์สัน และทอมสัน (Lawson and Thomson, 1988) กล่าวว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ ความรู้ที่ได้มาจากการประสบการณ์ของแต่ละบุคคล หรือความรู้ที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือ หลักการที่เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิทยาศาสตร์ หากเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนส่วนมาก จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ยาก

จากการศึกษา พอจะสรุปได้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ หรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากมโนทัศน์ที่ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับในสังคม ซึ่งมโนทัศน์ จะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความเชื่อ และความรู้ของแต่ละคน โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้จะเป็นตัวขัดขวางการศึกษาเรื่องใหม่ๆ และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น ทำให้มีการเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ ช้าลง อีกทั้งยังสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งก่อน ระหว่าง หรือหลัง การศึกษาแล้วเรียน

5.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

สุวิมล เขียวแก้ว (2540) สรุปปัจจัยที่มีผลต่อแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ คือ

1. ความแตกต่างกันระหว่างสิ่งที่ครูสอนกับสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้
2. ดำรงมีการจัดลำดับหัวข้อที่ไม่เชื่อมโยงกัน และไม่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์

ของแนวคิดในตำรา มีการใช้ศัพท์ที่ผิดหรือกำกวม

ฟิชเชอร์ (Fisher, 1986) กล่าวถึง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่ามีลักษณะเป็น มโนทัศน์ที่ไม่ตรงกับมโนทัศน์ของผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ศึกษา หากเกิดความคลาดเคลื่อนเพียง เรื่องเดียว สามารถส่งผลต่อการสร้างมโนทัศน์อื่นที่ยากมากขึ้น ซึ่งจะทำได้ยากต่อการแก้ไข และ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้อาจถ่ายทอดกันมาจากอดีตก็ได้

ปีเตอร์สัน และทรีกัสท์ (Peterson and Treagust, 1989) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์นั้น จะแตกต่างไปจากแนวคิดที่ได้รับการยอมรับและความมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ ซึ่งสาเหตุมาจากการสอนในของครู

ฮิวสัน (Hewson, 1992) กล่าวว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกิดจากการที่นักเรียนสร้างความรู้ของตัวเอง ซึ่งบุคคลต่างๆ จะใช้ความรู้ที่ตนมีอยู่ในการทำความเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จึงเป็นไปได้ว่าแต่ละคนอาจจะมีแนวคิดที่แตกต่างกันเมื่อเกิดการรับรู้แนวคิดในเรื่องเดียวกัน

จากการศึกษา พบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นเกิดจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ที่ได้มาจากจากทั้งการเรียนในห้องเรียน และการค้นคว้าด้วยตนเองนอกห้องเรียน และมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นนั้นไม่ตรงกับมโนทัศน์ของผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

5.2 การจัดกลุ่มมโนทัศน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532 อ้างอิงใน อักษรกลาง, 2556) ได้สร้างแบบทดสอบ และนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มเพื่อแบ่งกลุ่มมโนทัศน์ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้องครบทุกองค์ประกอบ
2. แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบและให้เหตุผลถูกต้อง แต่ยังขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญ
3. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลยังมีทั้งส่วนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องปะปนอยู่
4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบอาจจะถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลนั้นไม่ถูกต้อง

ไฮดาร์ และอาบราแฮม (Haidar and Abraham, 1991) ได้แบ่งกลุ่มมโนทัศน์ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มไม่มีมโนทัศน์ (No Understanding, NU) หมายถึง ไม่ตอบหรือตอบว่าไม่รู้ ไม่เข้าใจ
2. กลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) หมายถึง คำตอบไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
3. มโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบแสดงถึงการเข้าใจมโนทัศน์แต่ยังไม่สมบูรณ์

4. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Sound Understanding, SU) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ทั้งหมด

เวสต์บรูก และมาเรค (Westbrook and Marek, 1992) ได้แบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) หมายถึง คำตอบถูกต้อง และใกล้เคียงตามคำอธิบายในหนังสือเรียน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่ขาดข้อมูลที่จำเป็นบางส่วนที่จะทำให้เกิดความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่จะต้องไม่มีข้อมูลที่ผิดถูกต้องปรากฏอยู่

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception, PS) หมายถึง คำตอบประกอบด้วยข้อมูลที่ถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างแน่ชัด (Misconception, MC) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดนั้นอย่างสมบูรณ์

5. ความไม่เข้าใจ (No Understanding, NU) หมายถึง ตอบว่าไม่รู้ ตอบทวนคำถามเว้นว่างไว้ ไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม

จากการศึกษาการจัดกลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่ามีหลายเกณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้น แต่ทุกเกณฑ์นั้นคล้ายคลึงกัน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เกณฑ์ของ Westbrook and Marek (1992) ที่แบ่งกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น เพราะเป็นเกณฑ์ที่ครอบคลุมทุกกรณีมากที่สุด

6. มโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์

มโนทัศน์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มีดังนี้

1. มโนทัศน์เรื่องคุณสมบัติของสารพันธุกรรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องคุณสมบัติของสารพันธุกรรมไว้ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ดังนี้

1.1 มโนทัศน์เรื่องการจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

ในระยะแรกของการแบ่งเซลล์ ดีเอ็นเอจะมีการจำลองตัวเอง โดยสายดีเอ็นเอจะคลายตัวออกตามยาว โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่าง A กับ T และ G กับ C หลังจากนั้น

ดีเอ็นเอแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ ทำให้ได้ดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ใหม่เหมือนกับดีเอ็นเอสายเดิมทุกประการ แต่ทิศทางตรงข้ามกัน

1.2 มโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์โปรตีน

ในสิ่งมีชีวิตจะมี mRNA เป็นตัวกลางในการนำข้อมูลจาก ดีเอ็นเอ มาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน โดยการสังเคราะห์ mRNA เรียกว่าการถอดรหัส (Transcription) มี 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นเริ่มต้น เอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรส (RNA polymerase) จะเข้าไปสลายพันธะไฮโดรเจนบริเวณที่จะสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ ทำให้สายดีเอ็นเอคลายเกลียวแยกออกจากกัน โดยมีสายดีเอ็นเอสายหนึ่งเป็นแม่แบบ
2. ขั้นการต่อสายยาว ไรโบนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสที่เข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอแม่แบบ จะเข้ามาจับกับดีเอ็นเอแม่แบบ โดยมีเอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสคอยเชื่อมไรโบนิวคลีโอไทด์ และสาย mRNA จะมีทิศทางตรงข้ามกับดีเอ็นเอที่เป็นแม่แบบ
3. ขั้นสิ้นสุด เอนไซม์อาร์เอ็นเอพอลิเมอเรสจะหยุดทำงานและแยกออกจากสายดีเอ็นเอแม่แบบ และสาย mRNA ที่สังเคราะห์ได้จะแยกออกจากดีเอ็นเอแม่แบบ ส่วนดีเอ็นเอ 2 สายจะจับคู่และบิดเป็นเกลียวเหมือนเดิม

mRNA เป็นตัวกำหนดการเรียงลำดับกรดอะมิโนเพื่อสังเคราะห์โปรตีนที่เรียกว่า รหัสพันธุกรรม (Genetic code) ผ่านกระบวนการการแปลรหัส (Translation) มี 3 ขั้นตอนคือ

1. กระบวนการเริ่มต้น การแปลรหัสเริ่มที่โคดอนรหัสเริ่มต้น ได้แก่ AUG และจะแปลรหัสไปเรื่อยๆ จาก 5' ไป 3' ทีละโคดอน โดยมี tRNA และไรโบโซมทำหน้าที่ในกระบวนการแปลรหัส
2. กระบวนการต่อสาย tRNA โมเลกุลที่ 2 ที่มีแอนติโคดอนคู่สมกับโคดอนถัดไปเข้ามาต่อกับกรดอะมิโนตัวแรก แล้วเชื่อมด้วยพันธะเพปไทด์ระหว่างกรดอะมิโน โดยไรโบโซมจะเคลื่อนไปที่ละโคดอนตามลำดับ จนได้พอลิเพปไทด์
3. กระบวนการสิ้นสุด เมื่อไรโบโซมเคลื่อนที่ไปพบรหัสหยุด ได้แก่ UAA UAG UGA แล้วจะไม่มี tRNA เข้ามาจับ จึงทำให้หยุดกระบวนการแปลรหัส หลังจากนั้นพอลิเพปไทด์จะแยกออกจาก tRNA

1.3 มโนทัศน์เรื่องรหัสพันธุกรรม (Genetic code)

ดีเอ็นเอทำหน้าที่กำหนดชนิดของโปรตีน โดยลำดับในโมเลกุลของดีเอ็นเอจะเป็นตัวกำหนดชนิดของกรดอะมิโนของโปรตีน โดยกรดอะมิโนมีทั้งหมด 20 ชนิด ขณะที่เบสในดีเอ็นเอมีเพียง 4 ชนิด ดังนั้น รหัสพันธุกรรมจะประกอบด้วย เบส 3 เบส (Triplet code) โดยทั่วไปรหัสพันธุกรรมจะใช้เรียกลำดับเบส 3 เบสจาก mRNA หรือเรียกว่าโคดอน (codon) และกรดอะมิโนบางชนิดมีรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 รหัส โดยรหัสหยุด หรือ stop codon มี 3 รหัส คือ UAA UAG และ UGA ส่วนรหัสเริ่ม คือ AUG ซึ่งเป็นรหัสสำหรับเมไทโอนีน โดยรหัสพันธุกรรมนี้มีการแปลเหมือนกันในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด (Universal code)

1.3.1 มิวเทชัน (Mutation)

โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องมิวเทชันไว้ในหนังสือชีววิทยา 3 (โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์, 2555) ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมในระดับโครโมโซม หรือระดับยีน ส่งผลให้ลักษณะฟีโนไทป์ของสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนไป และสามารถถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้

1.3.2 เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม (Biotechnology and Genetic Engineering)

โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) ได้จัดเนื้อหาเรื่องพันธุวิศวกรรมไว้ในหนังสือชีววิทยา 3 (โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์, 2555) ว่า พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) เป็นกระบวนการตัดต่อยีนหรือดีเอ็นเอจากสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันเข้าด้วยกัน เกิดเป็นดีเอ็นเอสายผสม (Recombination DNA) เพื่อให้สิ่งมีชีวิตที่ใส่ยีนเข้าไปมีลักษณะตามต้องการ และเรียกสิ่งมีชีวิตที่เกิดจากกระบวนการพันธุวิศวกรรมนี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือ จีเอ็มโอ (Genetically Modified Organisms หรือ GMOs) และหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ชีววิทยา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ได้ระบุว่า เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) คือ การนำความรู้ด้านชีววิทยามาใช้ประโยชน์ทั้งการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง สิ่งมีชีวิตหรือชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตให้ได้ลักษณะและประโยชน์ตามต้องการ โดยพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) การโคลน (Cloning) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Tissue culture) และ ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA Fingerprint) เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่นำความรู้สาขาพันธุศาสตร์มา ประยุกต์

7. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธุศาสตร์

จากการศึกษาวิจัยพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง พันธุศาสตร์ ดังนี้

ตาราง 2 แสดงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธุศาสตร์

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
1. คุณสมบัติของสารพันธุกรรม	
1.1 การจำลองดีเอ็นเอ	1. การสังเคราะห์ดีเอ็นเอเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554) 2. การสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่จากสายแม่แบบทั้งสองสาย มีทิศทางเดียวกัน (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554) 3. แม่แบบในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ คือสายดีเอ็นเอเพียงสายเดียว (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554) 4. เบส A คู่กับ G และ T คู่กับ C (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554) 5. เบส A คู่กับ U และ G คู่กับ C (AAAS Project 2061, n.d.)
1.2 ดีเอ็นเอกับ การสังเคราะห์โปรตีน	1. ยีนคือกรดอะมิโนเรียงต่อกัน (AAAS Project 2061, n.d.) 2. ยีนคือโปรตีน (AAAS Project 2061, n.d.) 3. แม่แบบในการสังเคราะห์ mRNA คือ ดีเอ็นเอทั้งสองสาย (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554) 4. โมเลกุลของโปรตีนเกิดจากกรดอะมิโน 4 ชนิด คือ A T G C (AAAS Project 2061, n.d.) 5. กรดอะมิโนเป็นข้อมูลในการสร้างโปรตีน (AAAS Project 2061, n.d.) 6. โปรตีนมียีนหรือดีเอ็นเอเป็นองค์ประกอบ (Marbach-Ad, 2001)

ตาราง 2 (ต่อ)

มโนทัศน์	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
	7. แปลลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์จากแอนติโคดอน (AAAS Project 2061, n.d.)
	8. ไม่เริ่มสังเคราะห์กรดอะมิโนจากรหัส AUG (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554)
2. มิวเทชัน (Mutation)	1. มิวเทชันก่อให้เกิดโรคและผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตเท่านั้น (นันทยา อัครอารีย์, 2558)
	2. เมื่อจำนวนเบสเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้น (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554)
	3. เมื่อจำนวนเบสเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นเท่านั้น (พิกเนตร อุทัยไชย, 2554)
	4. การทำงานของโมเลกุลโปรตีนไม่มีผลต่อการแสดงออกของสิ่งมีชีวิต (AAAS Project 2061, n.d.)
3. เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม	1. พันธุวิศวกรรมคือการตัดต่อเนื้อเยื่อ (ทัศนียา รัตนฤทัย, 2549)
	2. พันธุวิศวกรรมเป็นการศึกษาการผสมกันของสิ่งมีชีวิต (ทัศนียา รัตนฤทัย, 2549)
	3. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรมนั้นเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Hoegler, 2014)
	4. พันธุวิศวกรรมไม่เกี่ยวข้องกับการโคลนนิ่ง (Hoegler, 2014)

8. แนวทางการวัดมโนทัศน์

จากการสืบค้นแนวทางการวัดมโนทัศน์พบว่า มีผู้วิจัยหลายท่านได้เลือกได้และสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมโนทัศน์หลายชนิด ดังต่อไปนี้

8.1 ข้อสอบเลือกตอบทางเดียว (One-tier Multiple Choice)

แอนเดอร์สัน และคณะ (Anderson, et al., 2002) ได้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง การคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Natural Selection) โดยมีขั้นตอนการพัฒนา 6 ขั้นตอน ดังนี้

8.1.1 ประเมินความรู้เรื่องการคัดเลือกโดยธรรมชาติของนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนวิชาเอกชีววิทยา โดยให้ทำแบบสอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่พัฒนามาจากแบบวัดของ Bishop and Anderson เพื่อให้ได้มโนทัศน์เกี่ยวกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติของนักศึกษา

8.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

8.1.3 สัมภาษณ์เชิงลึกนักศึกษาที่เรียนวิชาเอกชีววิทยา สาขาเนศววิทยา เพื่อให้ได้ข้อมูลในทัศนะเกี่ยวกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติของนักศึกษาที่ถูกต้องและที่คลาดเคลื่อน

8.1.4 กำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดมโนทัศน์

8.1.5 เลือกประเภทและรูปแบบของแบบวัดมโนทัศน์ที่ต้องการใช้วัดนักศึกษา

8.1.6 สร้างแบบวัดมโนทัศน์รูปแบบ One-tier multiple choice โดยกำหนดสถานการณ์ (Distracter) ให้เพื่อนำไปสู่ข้อคำถามที่สามารถสะท้อนความคิดและวัดมโนทัศน์ของนักศึกษาได้

8.2 ข้อสอบเลือกตอบสองทาง (Two-tier Multiple-Choice)

ทรีกัสท์ (Treagust, 2006) กล่าวว่า ข้อสอบแบบเลือกตอบสองทางเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยลักษณะของข้อสอบจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อสอบหลายตัวเลือกเชิงเนื้อหาความจำ ส่วนที่สองเป็นข้อสอบการให้เหตุผลที่เลือกคำตอบในส่วนแรกซึ่งคำตอบทั้ง 2 ส่วนจะต้องมีคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องและคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลงอยู่ ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนจะต้องตอบถูกทั้ง 2 ส่วน จึงจะถือว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ไม่คลาดเคลื่อน

แซนดราเซกาเรน (Chandrasegaran, et al., 2007) ได้พัฒนาข้อสอบแบบเลือกตอบสองทาง เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยผู้วิจัยกล่าวว่าข้อสอบแบบเลือกตอบสองทางสามารถวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในบริบทหรือเนื้อหาหนึ่งๆ ได้ จากลักษณะการตอบคำถามของข้อสอบ นักเรียนจะต้องมีการให้เหตุผลมาสนับสนุนหรือยืนยันคำตอบของตนเอง ซึ่งผู้ประเมินหรือครูสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบสองทาง ดังนี้

เลือกเนื้อหา โดยเลือกเนื้อหาที่ต้องการสอน แล้วทำการสร้างและพัฒนาแผนผังมโนทัศน์ (Concept Map) ของเนื้อหาที่เลือกไว้

1. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการเผยแพร่ และจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบฝึกหัดที่ใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาในเรื่องที่ต้องการวัดมโนทัศน์มาแล้ว เพื่อนำมาสร้างเป็นตัวเลือกในข้อคำถามส่วนที่ 1

2. นำข้อคำถามในส่วนที่ 1 ไปให้นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายทำ พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนเหตุผล และยังสามารถเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างจากนักเรียนได้

3. นำเหตุผลของนักเรียนในแต่ละข้อคำถามมาสร้างตัวเลือกในส่วนที่ 2 ของข้อสอบและพัฒนาข้อสอบทั้ง 2 ส่วนให้สมบูรณ์

คิลิลิค และแซงแลม (Kilic and Saglam, 2009) ได้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบสองทาง มีขั้นตอนการพัฒนา 3 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย 10 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. การกำหนดเนื้อหา

1.1 ระบุเนื้อหาในเรื่องที่ต้องการวัดมโนทัศน์ และกำหนดขอบเขตของเนื้อหาให้ชัดเจน

1.2 สร้างแผนผังมโนทัศน์ของเนื้อหาที่ต้องการจะวัดมโนทัศน์นักเรียน

1.3 ตรวจสอบความสัมพันธ์ของเนื้อหาในแผนผังมโนทัศน์

1.4 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในแผนผังมโนทัศน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

2. การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2.1 สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนแบบกึ่งโครงสร้างถึงความเข้าใจของนักเรียนในแต่ละมโนทัศน์ จะทำให้ได้รับมุมมองที่ลึกซึ้งของนักเรียนมากยิ่งขึ้น

2.3 ให้นักเรียนทำข้อสอบแบบเลือกตอบ และเขียนสะท้อนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น

3. การพัฒนาข้อสอบเลือกตอบสองทาง

3.1 พัฒนาแบบวัดแบบมโนทัศน์โดยตัวเลือกในตอนี่ 2 ได้จากเหตุผลที่นักเรียนเขียนสะท้อนออกมา ประกอบด้วย 5 ชุดเหตุผล

3.2 ออกแบบจำนวนข้อคำถามในการวัดแต่ละมโนทัศน์

3.3 ทำการปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจนมากขึ้น

8.3 แผนผังมโนทัศน์ (Concept Map)

มินท์เซส และคณะ (Mintzes, et al., 2000) ได้เสนอแนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ คือ การใช้ผังมโนทัศน์ (Concept maps) โดยผังมโนทัศน์สามารถใช้

ประเมินการสรุปความรู้หลักของเรื่องนั้นๆ ได้ ในผังมโนทัศน์จะนำเสนอส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ มโนทัศน์ที่สำคัญ และความเชื่อมโยงของมโนทัศน์

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2550) กล่าวว่า การให้นักเรียนเติมคำหรือข้อมูลลงใน แผนผังมโนทัศน์ที่กำหนดให้ หรือให้นักเรียนสร้าง และนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ด้วยตนเองได้แสดง ว่านักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ ออกมาให้เห็นว่ามีความเกี่ยวข้องและมีลำดับชั้นอย่างไร ซึ่งถือว่าเป็นการบูรณาการความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในห้องเรียน

8.4 การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือสถานการณ์ (Interview about Instances and Events)

เบนเนทท์ (Bennett, 2005) ได้ใช้การสัมภาษณ์เป็นวิธีตรวจสอบมโนทัศน์ของ นักเรียน และการสัมภาษณ์ที่ทำให้ทราบแนวคิดของนักเรียนมากขึ้นคือ การใช้รูปภาพหรือ สถานการณ์ (Interview about Instances and Events) โดยให้นักเรียนดูภาพที่เกี่ยวกับเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง หลังจากนั้น ใช้การถามคำถามเพื่อให้นักเรียน แสดงมโนทัศน์ออกมาในการอธิบายสิ่งที่เห็น จึงทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลมโนทัศน์มากกว่าการสัมภาษณ์ โดยทั่วไป แต่ใช้เวลาในการสัมภาษณ์นาน

ไวท์ และกันสโตน (White and Gunstone, 1991) ใช้รูปภาพในการสัมภาษณ์ นักเรียน ซึ่งรูปภาพนั้นอาจจัดอยู่ในมโนทัศน์หรือไม่จัดอยู่ในมโนทัศน์นั้นก็ได้ แล้วให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ ตอบคำถามว่ารูปภาพแต่ละภาพจัดอยู่ในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษาหรือไม่ พร้อมบอก เหตุผล ซึ่งการสัมภาษณ์รูปแบบนี้สามารถตรวจสอบความเข้าใจที่ลึกซึ้งของมโนทัศน์หนึ่งๆ ได้

8.5 การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview)

ธงชัย ชิวปรีชา (2537 อ้างอิงใน พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์, 2556) กล่าวว่า การสัมภาษณ์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถตรวจสอบมโนทัศน์ ความรู้สึก และความคิดเห็นที่แท้จริงได้ โดยผู้สัมภาษณ์จะต้องถามคำถามและพยายามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงประเด็นกับ เป้าหมายสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งวิธีนี้ก็มีข้อจำกัดคือ หากผู้ตอบไม่เต็มใจหรือไม่ให้ความร่วมมือ ข้อมูล ที่ได้อาจไม่ตรงกับความจริง เนื่องจากการสัมภาษณ์ต้องกระทำเป็นรายบุคคลจึงทำให้เสียเวลา ค่อนข้างมาก และการประเมินค่อนข้างเป็นอัตนัย จึงต้องใช้ผู้สัมภาษณ์ที่มีประสบการณ์

8.6 ข้อสอบชนิดคำถามปลายเปิด (Open ended)

พิศเนตร อุทัยไทย (2554) ใช้แบบทดสอบชนิดปลายเปิดหรือแบบทดสอบอัตนัย ในการประเมินมโนทัศน์นักเรียนเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล เป็นแบบทดสอบที่เขียนคำถาม โดยกำหนดเป็นสถานการณ์ เหตุการณ์ รูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เพื่อวัดความสามารถของนักเรียน

ที่จะสร้างมโนทัศน์ และรวบรวมความรู้ทั้งหมดที่เรียนมาเชื่อมโยงกันเป็นคำตอบ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบได้อย่างอิสระตามความคิดและความเข้าใจของตนเอง โดยมีทั้งการเขียนบรรยาย การเขียนอธิบายรูปภาพ และการวาดรูป

8.7 การวาดภาพ (Drawing)

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2557) กล่าวว่า การวาดภาพ เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้ในการประเมินมโนทัศน์แบบภาพรวม(Holistic) ของความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก อารมณ์ และเจตคติ ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งการวาดภาพจะช่วยทำให้สิ่งที่เป็นามธรรมกลายเป็นรูปธรรม ช่วยให้เข้าใจสิ่งที่ซ่อนอยู่ในตัวของผู้เรียนมากกว่าการเขียนบรรยายตามปกติ ซึ่งขั้นตอนการประเมินจะทำหลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จแล้ว ครูอาจให้นักเรียนวาดภาพสิ่งที่ครูต้องการประเมิน เช่น วาดภาพแสดงการเคลื่อนที่ของสสาร เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเรื่องสถานะของสสารว่ามี 3 สถานะ และแต่ละชนิดมีการจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ต่างกัน หรือวาดภาพโรงไฟฟ้า นิวเคลียร์ที่อาจมาตั้งในท้องถิ่นของตนเอง เพื่อตรวจสอบความรู้และเจตคติที่มีต่อโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น

8.8 แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolios)

มินท์เซส และคณะ (Mintzes, et al., 2000) ได้เสนอแนวทางการประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยา คือ การใช้แฟ้มสะสมผลงาน ในการประเมินความเข้าใจของนักเรียน งานที่นักเรียนทำ จะเป็นหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจ และหลักฐานการสร้างความรู้ของนักเรียน อาจจะเก็บรวบรวมทั้งผลงานในชั้นเรียนและการทำกิจกรรมนอกสถานที่

จากการศึกษาแนวทางในการวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปว่า มีเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมโนทัศน์หลายรูปแบบ คือ แบบวัดมโนทัศน์แบบข้อสอบเลือกตอบทางเดียว (One-tier Multiple Choice) ข้อสอบเลือกตอบสองทาง (Two-tier Multiple-Choice) แผนผังมโนทัศน์ (Concept Map) การสัมภาษณ์โดยใช้รูปภาพหรือสถานการณ์ (Interview about Instances and Events) หรือการสอบปากเปล่า (Oral test) การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured Interview) แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหรืออ้านัย (Open ended) การวาดภาพ (Drawing) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolios) ซึ่งครูจะต้องเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมและตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอ้านัย ร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เป็นเครื่องมือในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน เพราะแบบวัดมโนทัศน์แบบอ้านัยสามารถวัดมโนทัศน์ทางพันธุศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง อีกทั้งนักเรียนยังสามารถแสดงความคิดและความเข้าใจของตนเองได้อย่างอิสระ ส่วนการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

สามารถใช้ยืนยันความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียนได้ เนื่องจากในการสัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์ จะต้องถามคำถามให้ตรงกับเป้าหมายหรือสิ่งที่ต้องการวัดกับนักเรียนเป็นรายบุคคล ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเข้าใจในมโนทัศน์ของนักเรียนตรงประเด็นมากขึ้น

ประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ คือ คำว่า Socioscientific Issue หรือ SSI มีผู้ให้คำนิยาม ดังนี้

คอสต์โต (Kolsto, 2001) ได้ให้คำนิยามว่าเป็นประเด็นปัญหาทางสังคมที่จะต้องได้รับการพิจารณาด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ สังคมและจริยธรรม

แซดเลอร์ (Sadler, 2002) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมและกำลังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ในสังคมเนื่องมาจากความแตกต่างทางความคิดเห็นเกี่ยวกับความถูกต้อง เหมาะสม กระบวนการและเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความไม่แน่ใจว่าอาจจะส่งผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ในอนาคตประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พัฒนามากยิ่งขึ้น

แซดเลอร์ และไซด์เลอร์ (Sadler and Zeidler, 2005) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เกิดจากความเห็นไม่ตรงกันในสังคม เป็นผลมาจากการพัฒนาของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในสังคม จึงต้องอาศัยความรู้ กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม และเหตุผลที่คำนึงถึงคุณธรรมจริยธรรม ในการตัดสินใจหรือเลือกแนวทางปฏิบัติ

ประสาธ เนืองเฉลิม (2551) ได้กล่าวไว้ว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เป็นประเด็นที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน และยังสามารถรับรู้ได้จากสื่อต่างๆ เช่น โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ วารสาร หรืออินเทอร์เน็ต โดยจะทำให้เกิดการคิดและตัดสินใจโดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น เช่น เรื่องภาวะโลกร้อน เชลล์ตันกำเนิด หรือพลังงานทางเลือก เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า ประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมและกำลังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ มีความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม จึงต้องอาศัยความรู้ กระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม เหตุผลที่คำนึงถึงคุณธรรมจริยธรรม ในการตัดสินใจหรือเลือกแนวทางปฏิบัติ

2. การพิจารณาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

การพิจารณาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ ดังนี้
แซดเลอร์ (Sadler, 2002) กล่าวว่า

1. เป็นประเด็นข้อโต้แย้งในสังคมที่เกิดจากความเห็นไม่ตรงกัน เกี่ยวกับแนวคิดวิธีการหรือความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. เป็นประเด็นที่มีความซับซ้อน คือมีข้อเกี่ยวข้องหรือมีผลกระทบในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านสังคม เศรษฐกิจ ศาสนาและศีลธรรม
3. เป็นประเด็นที่เป็นคำถามปลายเปิด ดังนั้น คำตอบจึงเป็นได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับทัศนคติ ความคิดเห็นของผู้ตอบ ไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจน แต่ต้องเป็นคำตอบหรือทางออกที่ดีและเหมาะสมที่สุดซึ่งได้จากข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่
4. มักเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับหรือไม่ยอมรับ ซึ่งแต่ละคนอาจจะตอบสนองต่างกันเนื่องจากความคิด สังคมและวัฒนธรรมต่างกัน

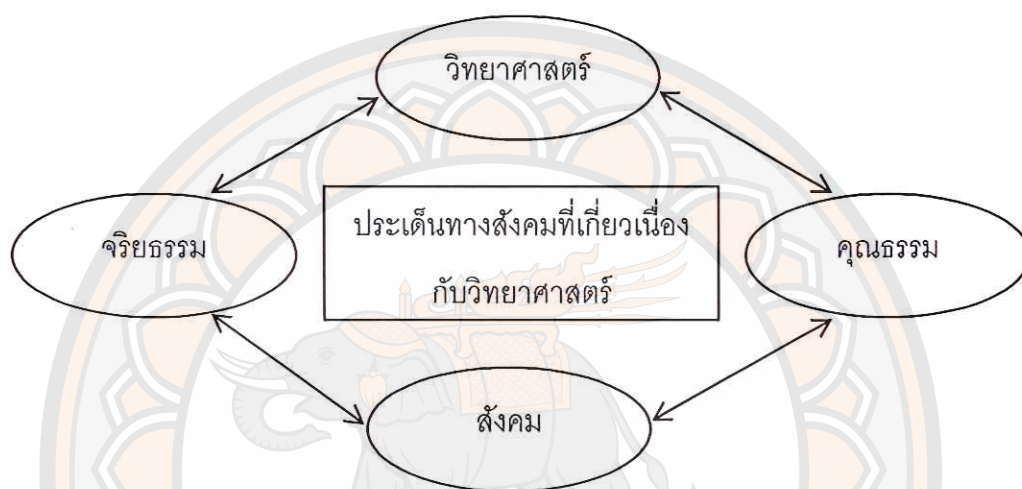
แซดเลอร์ และไซด์เลอร์ (Sadler and Zeidler, 2003) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยส่วนมากมักจะเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความขัดแย้งกันระหว่างเหตุผลทางวิทยาศาสตร์กับเหตุผลทางด้านศีลธรรม จรรยา จึงเป็นไปได้ว่าปัญหาในแต่ละสังคมอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความแตกต่างทางสังคมและวัฒนธรรมของสังคมนั้นๆ

เลวิส (Lewis, 2003) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ควรเลือกประเด็นที่เป็นปัจจุบัน เป็นที่สนใจของผู้เรียนจะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการค้นคว้าและอภิปรายแสดงความคิดเห็น ถ้าเป็นประเด็นที่พบได้ตามสื่อต่างๆ เช่น ข่าว สารคดี นิตยสาร หรือวารสารทางวิชาการ จะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนมากขึ้น นอกจากนี้ ควรเป็นประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน และจะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้นหากประเด็นนั้นเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย และที่สำคัญต้องเป็นประเด็นที่ไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจน ซึ่งจะสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ โดยใช้ความรู้ ความคิดเห็นและข้อมูลที่มีอยู่ และยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าคำตอบนั้นไม่จำเป็นต้องมีคำตอบที่ถูกต้องเสมอไป แต่เป็นคำตอบหรือทางออกที่ดีที่สุดซึ่งได้จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ นอกจากนี้ ประเด็นที่เลือกควรมีผลกระทบในหลายด้าน ได้แก่ ด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมือง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ต่อสังคม

ไซด์เลอร์ และคณะ (Zeidler, et al., 2011) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นประเด็นที่ต้องใช้วาทกรรมในด้านสังคมและศีลธรรมในการโต้แย้งกัน

ประกอบด้วย เรื่อง มลพิษทางสิ่งแวดล้อม ภาวะโลกร้อน การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ การดัดแปลงพันธุกรรม เป็นต้น

จากการศึกษาการพิจารณาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พบที่จะสรุปได้ว่า เป็นประเด็นที่กำลังเป็นข้อโต้แย้งในสังคม มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และมีผลกระทบในหลายด้าน ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ ศาสนาและศีลธรรม และที่สำคัญคือยังไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจน



ภาพ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมตามแนวคิด Socioscientific Issue

ที่มา: ประสาท เมืองเฉลิม, 2551

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

เลวิส (Lewis, 2003) ได้สรุปการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์อาจทำได้หลากหลายรูปแบบ ครูสามารถใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ร่วมกับการบรรยาย การอภิปรายหรือการสืบเสาะหาความรู้ก็ได้ ส่วนเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถจัดได้หลากหลายตั้งแต่การสรุปประเด็นในคาบเรียนเดียวกันหรือการศึกษาตลอดรายวิชาเพื่อศึกษาประเด็นเพียงประเด็นเดียวก็ได้ เพื่อให้การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแนวทางในการจัดการเรียนรู้มีดังต่อไปนี้

1. การเตรียมตัวก่อนการสอน โดยครูจะต้องมีการเตรียมตัวล่วงหน้าด้วยการใช้เวลาส่วนหนึ่งในการสำรวจ ค้นหาข้อมูลจากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร หรืออินเทอร์เน็ต เพื่อสำรวจประเด็นที่น่าสนใจและเหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ต้องการสอนบ้าง และรวบรวมข้อมูลที่ได้เก็บเป็นคลังข้อมูลได้

2. การพัฒนาทักษะที่จำเป็น ครูควรพัฒนาทักษะที่สำคัญที่ผู้เรียนควรได้จากการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ด้วยการแสดงให้เห็นเป็นตัวอย่าง หรือการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อพัฒนาทักษะที่สำคัญนั้น ทักษะที่ผู้เรียนควรได้เรียนรู้จากการเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คือ

2.1 การอ่านวิเคราะห์และจับใจความ

2.2 การจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อเท็จจริงและความคิดเห็น

2.3 การจำแนกสิ่งที่รู้แล้วและสิ่งที่จำเป็นต้องรู้ต่อไป

2.4 การค้นคว้าหาแหล่งข้อมูลและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล

2.5 การตีความเพื่อประเมินคุณค่าและความน่าเชื่อถือของข้อมูลและข่าวสารที่มีอยู่

2.6 การตั้งคำถามและตอบคำถาม

2.7 ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์จุดแข็งของกระบวนการออกแบบทางวิทยาศาสตร์

2.8 การสรุปและนำเสนอข้อมูลโดยใช้วิธีการที่เหมาะสม เช่น การสร้างตาราง การสร้างกราฟหรือแผนภูมิรูปภาพ เป็นต้น

2.9 ความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลโดยมีหลักการทางวิทยาศาสตร์และมีหลักฐานประกอบ

3. การอธิบายแสดงความคิดเห็น ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการสำคัญของการเรียนรู้จากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องศึกษาข้อมูลมาก่อนจึงจะสามารถอธิบายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนควรเป็นผู้ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางแก่นักเรียนในการค้นคว้าหาข้อมูลและทำงานให้สำเร็จดังที่ได้รับมอบหมาย นอกจากนี้ในระหว่างการอธิบายผู้สอนควรแสดงบทบาทในการดูแลการอธิบายให้เป็นไปในทิศทางที่เหมาะสมและควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่

4. การประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนควรมีโอกาสได้ลงความคิดเห็นตัดสินใจและให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นที่นำมาศึกษา และเนื่องจากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีคำตอบหรือ

ทางออกใดที่ถูกต้องทั้งหมดหรือผิดทั้งหมด ดังนั้น การประเมินผลจึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียนเรียนจะเหมือนหรือแตกต่างจากความเห็นของครู แต่สิ่งที่สำคัญในการประเมินผล คือ กระบวนการซึ่งการได้มาของคำตอบ คุณภาพของแหล่งข้อมูล ความเป็นเหตุเป็นผลของคำตอบ หรือข้อสรุปและหลักฐานประกอบข้อสรุป

ไอเคนเฮด (Aikenhead, 2004) ได้เสนอกรอบแนวคิดการพัฒนาการสอนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นการบูรณาการการเรียนการสอน เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การเขียนแสดงทัศนะประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การยกตัวอย่างและการนำเสนอประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมในการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์และสังคม ครูควรดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ค้นหาประเด็นสำคัญ เน้นปัญหาที่เป็นประเด็นโต้แย้งทางความคิดระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม จากสื่อต่างๆ ที่นักเรียนพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน
2. จัดกลุ่มและเรียงลำดับของประเด็นปัญหา เพื่อคัดเลือกปัญหาที่มีความสำคัญที่สุด ให้นักเรียนและผู้สอนร่วมกันหาทางออกร่วมกัน
3. วิเคราะห์ประเด็นเนื้อหา ว่าผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมเป็นอย่างไร มีข้อสงสัยหรืออยากทำความเข้าใจเนื้อหาส่วนใดเพิ่มเติม เป็นการฝึกคิดหาเหตุผลและสะท้อนตนเองว่ารู้อะไรและอยากรู้อะไรเพิ่มเติม
4. วางแผนแก้ไขประเด็นปัญหาร่วมกัน และหาแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่ม การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและการตัดสินใจ
5. จัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยกิจกรรมต้องประกอบด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดขั้นสูงและคุณธรรม จริยธรรม
6. ประเมินผล โดยครูต้องประเมินตามสภาพจริง จากหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผ่านกระบวนการคิดขั้นสูงและรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นประเด็นประสบการณ์ส่วนบุคคล หรือการให้คุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคมและ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับสังคม

แซดเลอร์ และไซด์เลอร์ (Sadler and Zeidler, 2005) ได้เสนอแนวคิดที่ว่าประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ควรมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมีความสัมพันธ์กับเหตุผลเชิงจริยธรรม ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมของมนุษย์ในสังคม

โดแลน และคณะ (Dolan, et al., 2009) กล่าวว่า ครูต้องค้นหาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ทางอินเทอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ ฯลฯ เพื่อใช้เป็นประเด็นปัญหาในชั้นเรียน รวมถึงต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา ได้สืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบและประเมินความสมบูรณ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การอ้างอิงถึงประเด็นที่ครูกำหนดให้ โดยมีครูคอยทำหน้าที่เป็นผู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พิจารณาข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นขั้นพื้นฐานที่สำคัญ กระตุ้นนักเรียนให้แสดงมุมมอง ศึกษาและประเมินปัญหาอย่างใคร่ครวญ และครูยังต้องทำให้นักเรียนได้เห็นข้อมูลที่หลากหลายเพื่อสร้างมุมมองใหม่ กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนต่อประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ยังต้องฝึกให้นักเรียนเปิดใจกว้างในการรับฟังความคิดเห็นของคนอื่นด้วย

โดยได้เสนอขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายของเรื่องที่ศึกษาและเนื้อหาที่จะเรียน
2. คัดเลือกประเด็นที่กำลังเป็นที่สนใจและเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน โดยประเด็นนั้นควรเป็นประเด็นที่กำลังถกเถียงกันในสังคม อาจสืบค้นมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ วารสารทางวิชาการ ฯลฯ และเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน
3. ให้ผู้เรียนศึกษาประเด็นจากสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน โดยอาจจัดในรูปแบบบทความให้นักเรียนอ่าน หรือคลิปวิดีโอให้นักเรียนดูก็ได้
4. ผู้เรียนร่วมอภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษาในชั้นเรียน
5. ครูให้คำถามเชิงจริยธรรมเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นพร้อมให้เหตุผล
6. ประเมินผลและสรุปผลการจัดกิจกรรม โดยครูจะไม่สรุปว่าข้อคิดเห็นของฝ่ายใดถูกหรือผิด แต่จะสรุปการทำกิจกรรมจากเหตุผลของนักเรียน

คลอสเตอร์แมน และแซดเลอร์ (Klosterman and Sadler, 2010) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์คล้ายกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเป็นฐาน (case-based teaching) และการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based teaching) เนื่องจากนักเรียนจะได้ทราบปัญหาหรือสถานการณ์ที่ถูกวางกรอบด้วยเนื้อหาวิทยาศาสตร์ก่อน หลังจากนั้นนักเรียนจะได้หาคำตอบและการแก้ปัญหานั้น แต่สิ่งที่แตกต่าง คือ ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จะไม่มีข้อยุติที่แน่ชัด รวมถึงยังมีการบูรณาการเข้า กับสังคมอีกด้วย

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าครูสามารถนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอนไปบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้ โดยครูจะต้องมีการเตรียมตัว

ในการค้นหาประเด็นที่น่าสนใจก่อนเริ่มการสอนและทำหน้าที่ส่งเสริม สนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการทำกิจกรรม นอกจากนี้การใช้ประเด็นที่น่าสนใจจะช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในเรียนรู้มากขึ้น

4. ข้อดีของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

เลวิส (Lewis, 2003) ได้กล่าวถึง ข้อดีของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ว่าจะทำให้ผู้เรียนได้รู้วิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ในชีวิตจริงและเห็นความเกี่ยวข้องของวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง ช่วยส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ขั้นสูงและการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ในสังคม

ประสาธ เนืองเฉลิม (2551) ได้กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สามารถนำมาบูรณาการกิจกรรมการเรียนการสอนได้หลากหลายวิธี ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และการสอดแทรกคุณธรรมจริยธรรมในการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับสังคม

พินิจ ขำวงษ์ (2551) กล่าวว่า การนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อจุดประสงค์ในการสร้างเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในหลายๆ ด้านสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ส่งเสริมทักษะในหลายๆ ด้าน เช่น ทักษะการคิดขั้นสูง (Pedretti, 1999; Lewis, 2003) ทักษะในการตัดสินใจและลงความเห็น (Lewis, 2003) ทักษะและความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลโดยมีหลักการทางวิทยาศาสตร์และมีหลักฐานประกอบ (Sadler, 2000; Sadler and Zeidler, 2003) ทักษะการตีความเพื่อประเมินคุณค่าและความน่าเชื่อถือของข้อมูลและข่าวสารที่มีอยู่ (Sadler, 2000; Sadler and Zeidler, 2003) ทักษะการตั้งคำถามและตอบคำถาม (Pedretti, 1999) เป็นต้น

2. สร้างเสริมความเข้าใจในทัศนทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา เนื่องจากการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาใช้ในการอธิบาย และให้เหตุผล (Sadler, 2000; Sadler and Zeidler, 2003)

3. เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างวิทยาศาสตร์ สังคมและมนุษย์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากประเด็นต่างๆ ที่เป็นข้อถกเถียงกันในสังคมมักเกี่ยวเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ ดังนั้นอิทธิพลทางสังคมและวัฒนธรรมจึงมีผลอย่างมากต่อการตีความหมายและการยอมรับหรือไม่ยอมรับในวิทยาศาสตร์ (Sadler and Zeidler, 2003)

จากการศึกษาข้อดีของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พบว่าครูสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนได้ โดยจะช่วยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์จากสถานการณ์จริงและเห็นความสำคัญ การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้จริงมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะหลายๆ ด้าน ทำให้เข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นนั้นๆ อีกด้วย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของการโต้แย้ง

มีนักวิชาการการศึกษาได้ให้ความหมายของการโต้แย้งไว้มากมาย ทางผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายไว้ ดังนี้

คุห์น (Kuhn, 1993) ให้ความหมายของการโต้แย้ง หมายถึง การสนทนาระหว่างบุคคลสองฝ่ายหรือมากกว่า ในการโต้แย้ง สนับสนุน ประเมิน และปรับปรุงข้อกล่าวอ้างที่ตรงข้ามกับความคิด ภายใต้ระเบียบแบบแผนที่สะท้อนคุณค่าของสังคมวิทยาศาสตร์

มีนส์ และวอสส์ (Means and Voss, 1996) ได้อธิบายคำว่า การโต้แย้งว่า เป็นการสนับสนุนข้อสรุป โดยอย่างน้อยที่สุดต้องมีหนึ่งเหตุผลมาสนับสนุนข้อสรุปนั้น

คอลส์โต และราทคลิฟเฟ (Kolsto and Ratcliffe, 2007) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งว่า เป็นการให้เหตุผลแบบไม่เป็นทางการ แบ่งออกเป็น การโต้แย้งโดยบุคคลและการโต้แย้งโดยสังคม

เออดูแรน และจิเมเนซ-อเล็กซานเดอร์ (Erduran and Jimenez-Alexandre, 2007) ได้นิยามการโต้แย้งไว้ 2 แบบ คือ

1. เป็นการอธิบายความรู้โดยใช้เหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งแต่ละคนจะมีการสร้างความหมาย การเขียน การพูดโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลในการประเมินและตัดสินใจที่ต่างกันเพื่อแข่งขันกัน

2. เป็นการสร้างความหมายทางสังคม การกิจกรรมที่บุคคลใดบุคคลหนึ่งพยายามโน้มน้าวผู้อื่นผ่านการพูดหรือการเขียน

บริคเกอร์ และเบลล์ (Bricker and Bell, 2008) กล่าวว่า การโต้แย้ง หมายถึง การอภิปรายและรวมถึงการค้นหาข้อมูล ทำความเข้าใจและการให้เหตุผลเพื่อโต้แย้งกับความคิดที่ไม่เห็นด้วย

จากการศึกษาความหมายของการโต้แย้ง สามารถสรุปได้ว่า การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการสร้างคำอธิบาย ที่ประกอบด้วยเหตุผล ทฤษฎี และหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อแสดงความคิดเห็นอาจจะแสดงการเห็นด้วยหรือการปฏิเสธ ซึ่งเป็นได้ทั้งการพูดโน้มน้าว หรือการเขียนก็ได้

2. ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

นักวิชาการได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

คุห์น (Kuhn, 1993) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็น กระบวนการนำเสนอ สนับสนุน ประเมิน และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสะท้อนคุณค่าของสังคมวิทยาศาสตร์

นอร์ริส และคณะ (Norris, et al., 2008) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความพยายามในการสร้างหรือตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อสรุปเรื่องใดเรื่องหนึ่งบนฐานของเหตุผลและมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือ โดยข้อสรุปนี้เป็นได้ทั้งการการอนุมาน (Conjecture) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คำอธิบาย (Explanation) ข้อความเชิงบรรยาย (Descriptive statement) หรือเป็นคำตอบของหลักฐานวิจัย

สตาร์ค และคณะ (Stark, et al., 2009 อ้างอิงใน พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์, ม.ป.ป.) ได้ให้นิยามของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการใช้กฎและหลักฐานที่เป็นข้อเท็จจริงเพื่อสนับสนุน ในการเขียนข้อกล่าวอ้างหรือข้อเสนอ

บาร์แลนด์ และไรซ์เซอร์ (Berland and Reiser, 2011) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการปฏิบัติทางสังคมเพื่อสร้างความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ โดยใช้การศึกษา ประเมินผล และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ พอจะสามารถสรุปได้ว่าเป็นกระบวนการสร้าง นำเสนอ ประเมิน ตรวจสอบ และปรับปรุงข้อกล่าวอ้างหรือข้อเสนอบนพื้นฐานของเหตุผลโดยใช้ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ถือว่าเป็นกระบวนการของสังคมวิทยาศาสตร์

3. ความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญอย่างมาก ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมไว้ดังต่อไปนี้

คุห์น (Kuhn, 1993) กล่าวว่า การโต้แย้งเป็นหัวใจหลักของวิทยาศาสตร์ จะช่วยส่งเสริมการคิดโดยไม่จำกัดเพียงแค่ความรู้และข้อเท็จจริงเท่านั้น ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การโต้แย้งจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักและเข้าถึงสังคมวิทยาศาสตร์มากขึ้น

National Research council (1996 อ้างอิงใน วรรณญา จำปามูล, 2555) กล่าวว่า "การสืบสอบควรมองทั้งกระบวนการของ การค้นหา สืบรวจ ทดลอง การอธิบายและการโต้แย้ง" ซึ่งจะเห็นได้ว่า NSES ได้ให้ความสำคัญกับการโต้แย้ง นอกจากนี้ยังได้แนะนำว่า ควรให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการโต้แย้งมากขึ้น

มิลลาร์ และออสบอร์น (Millar and Osborne, 1998) กล่าวว่า กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคม และกิจกรรมที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ คือ กิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ไดร์เวอร์ และคณะ (Driver, et al., 2000) กล่าวว่า การโต้แย้งสามารถช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจในวิธีการสร้างความรู้ การอธิบายและประเมินความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ และส่งผลให้ผลลัพธ์ตรงตามเป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ออสบอร์น และคณะ (Osborne, et al., 2004) กล่าวว่า การโต้แย้งถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้เข้าใจในมโนทัศน์ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และทำให้ผู้เรียนเกิดการคิดและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยการโต้แย้งนี้สามารถสะท้อนถึงความรู้และความเข้าใจในทศน์ได้ เนื่องจากผลที่เกิดจากการโต้แย้งจะสะท้อนความรู้ของผู้เรียนว่าถูกต้องหรือไม่

บาร์แลนด์ และไรซ์เซอร์ (Berland and Reiser, 2009) กล่าวว่า ในการเรียนด้วยกิจกรรมการโต้แย้งนักเรียนต้องใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบาย และนักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิดอีกด้วย

จากการศึกษาความสำคัญของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้ทราบว่า การโต้แย้งเป็นแนวทางที่สำคัญในการสร้างความรู้และความเข้าใจกระบวนการสร้างความรู้ เพราะการโต้แย้งทำให้ได้คำอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด นอกจากนี้การโต้แย้งยังช่วยพัฒนามโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องพร้อมกับกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในสังคมวิทยาศาสตร์ที่มีการโต้แย้งและฝึกสร้างความรู้โดยใช้หลักฐานอย่างมีเหตุและผล

4. ประโยชน์ของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ ดังต่อไปนี้

นิวตัน และคณะ (Newton, et al., 1999) กล่าวว่า ประโยชน์ของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มี 3 ข้อ คือ

1. การโต้แย้งเป็นกระบวนการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องความรู้วิทยาศาสตร์ หากนักเรียนได้ทำกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ขึ้น จะทำให้นักเรียนรู้จักการอภิปรายเชิงวิทยาศาสตร์และเข้าใจวิธีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างมโนทัศน์หนึ่งขึ้นมา

2. การโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนความเข้าใจในทัศนทางวิทยาศาสตร์กับผู้อื่น ถือเป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะทักษะการฟัง พูด และเขียนถือเป็นทักษะสำคัญในการอธิบายในทัศนของตนเองส่งเสริมการคิด อธิบายและตัดสินใจ ช่วยทำให้ตนเองเข้าใจในทัศนทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

3. การโต้แย้งช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดในเชิงตรรกะเพื่อเชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกันก่อนที่จะนำเสนอออกมาในรูปแบบการเขียนหรือการพูด

เออดูแรน และจิเมเนซ-อเล็กซานเดอร์ (Erduran and Jimenez-Aleixandre, 2007) ได้สรุปประโยชน์ของการโต้แย้งไว้ 5 ข้อ ดังนี้

1. การโต้แย้งช่วยส่งเสริมการเข้าถึงกระบวนการทางปัญญาและเมตาคognition (Metacognition) เพราะเปรียบเสมือนนักเรียนได้มีส่วนร่วมในสังคมวิทยาศาสตร์ นั่นก็คือห้องเรียนที่ใช้จัดกิจกรรม คือสังคมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั่นเอง

2. การโต้แย้งช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. การโต้แย้งช่วยส่งเสริมการพูดและการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

4. การโต้แย้งช่วยฝึกให้นักเรียนได้รับวัฒนธรรมการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์และเกณฑ์ในการตัดสินใจและการประเมิน

5. การโต้แย้งช่วยพัฒนาการให้เหตุผล เพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างมีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น

จากการสืบค้นและศึกษาข้อมูลข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง ที่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะที่สำคัญหลายๆ ด้าน เข้าถึงการสร้างความรู้ และเข้าใจในทัศนทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

5. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พบว่า

ลิน และมินเซส (Lin and Mintzes, 2010) ได้ให้การผสมผสานวิธีการสอนแบบต่างๆ เข้าในการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ได้แก่ การสอนโดยการยกตัวอย่าง การใช้การบรรยาย การใช้อภิปรายกลุ่มย่อย การอภิปรายกลุ่มใหญ่ การสืบค้นข้อมูลจากห้องสมุด การแสดงบทบาทสมมติ และการโต้แย้ง โดยนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ รวมถึงปัญหาที่ซับซ้อนมาเป็นประเด็นโต้แย้งและอภิปรายในชั้นเรียน โดยผู้เรียน

ต้องอาศัยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และคำนึงถึงหลักจริยธรรมในการสรุปแนวคิดด้วย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนได้พัฒนาทั้งทักษะการโต้แย้ง และความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยประเด็นที่ผู้วิจัยเลือกใช้ คือ การสร้างสวนสาธารณะมาเก้าในได้หวัน และได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรม ดังนี้

1. นำเข้าสู่บทเรียน ครูให้นักเรียนทราบถึงเหตุการณ์ในปัจจุบัน ที่ยังเป็นข้อโต้แย้ง และไม่มีคำตอบที่ชัดเจน

2. ขั้นสำรวจ ใช้ทักษะการสืบค้น ค้นคว้า และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาใช้สนับสนุนความคิดของตนเอง

3. ขั้นอภิปราย ผู้เรียนจะได้ทำการโต้แย้งหรืออภิปรายในประเด็นที่ครูกำหนดให้ว่า เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย และใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการอ้างอิงและนำเสนอข้อมูลเพื่อให้คำพูดและความคิดของตนเองน่าเชื่อถือ โดยรูปแบบในการโต้แย้ง คือ

3.1 สร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ในประเด็นที่เกิดการขัดแย้งและเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)

3.2 การแสดงข้อโต้แย้งพร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่ขัดแย้งต่อข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม (Counterarguments)

3.3 เสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้ง (Supportive Arguments)

3.4 แสดงหลักฐาน (Evidence) ของเหตุผลที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้งนั้น

3.5 ขั้นสรุป ผู้เรียนและครูจะช่วยกันสรุปประเด็นโดยใช้หลักฐานที่มีประกอบการสรุป โดยครูจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นและเสริมเนื้อหาความรู้ให้นักเรียน หากเนื้อหายังไม่สมบูรณ์

เวนวิลล์ และดอร์สัน (Venville and Dawson, 2010) ใช้การสอนแบบแทรกแซงกับการโต้แย้ง (Intervention based on Argumentation) ในวิชาพันธุศาสตร์ เรื่อง โรคทางพันธุกรรม พันธุวิศวกรรม และโคลนนิ่ง โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในประเด็น ทารกที่ได้รับการออกแบบพันธุกรรม จากผลการวิจัย พบว่า กลุ่มนักเรียนที่สอนโดยใช้การโต้แย้ง มีการพัฒนาทักษะการโต้แย้ง การใช้เหตุผลแบบไม่เป็นทางการ และความเข้าใจในมิติทางพันธุศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุม และได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. สอนทักษะการโต้แย้งให้นักเรียนทราบก่อน เพราะนักเรียนบางคนอาจจะไม่รู้จัดการโต้แย้ง หากไม่ทราบหลักการ ขั้นตอน จะทำให้ไม่สามารถโต้แย้งได้

2. ให้ดูคลิปวิดีโอสรุปทักษะการโต้แย้ง
3. ครูเริ่มให้นักเรียนโต้แย้งในประเด็นที่ครูเลือกมา โดยประเด็นนั้นต้องน่าสนใจ เช่น มะเร็งที่ถูกลดตัดแปรทางพันธุกรรม หรือโรคทางพันธุกรรมซิสติก ไฟโบรซิส (Cystic Fibrosis) เป็นต้น
4. ครูจะคอยแทรกแซงในขณะนักเรียนโต้กันตลอด โดยการจัดการโต้แย้งนี้จะจัดร่วมกันทั้งห้อง
5. ครูคอยบันทึกพฤติกรรมนักเรียน อาจจะใช้การอัดเสียงหรือวิดีโอเป็นตัวช่วย
6. ครูประเมินการโต้แย้ง จากหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนการโต้แย้ง และความรู้ที่นักเรียนได้รับ

ซุง และคณะ (Chung, et al., 2014) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในเรื่อง พันธุวิศวกรรม และได้เสนอขั้นตอนการจัดบรรยากาศการโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยพูดถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่น่าสนใจ โดยใช้คำถามชักนำให้เกี่ยวข้องถึงศีลธรรมและจรรยาให้นักเรียนได้พิจารณา
2. นักเรียนจับกลุ่มเล็กๆ เพื่ออภิปรายถึงประเด็นดังกล่าว โดยมีคำถามให้ 3 คำถามที่เกี่ยวข้องกับระดับส่วนตัว ระดับสังคม และระดับโลก
3. จัดบรรยากาศในรูปแบบการเรียนรู้จิ๊กซอ แต่ให้มีการโต้แย้งกัน โดยครูกำหนดบทบาทสมมติที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ขึ้นมา และให้นักเรียนเลือกกลุ่มบทบาทสมมติที่ครูจัดให้ แล้วไปรวมกลุ่มกันเพื่อหาข้อมูลและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในบทบาทที่ได้รับเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการโต้แย้ง หลังจากนั้นให้นักเรียนจับกลุ่ม 4-6 คน ละครบทบาท โดยแต่ละกลุ่มต้องมีครบทุกบทบาทสมมติเพื่อโต้แย้งกันในกลุ่ม
4. นักเรียนดูคลิปวิดีโอ เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความจริงในสังคม โดยพิจารณาด้วยตัวเองก่อน แล้วให้นักเรียนได้อภิปรายกันในห้องซึ่งเปรียบเสมือนประชาชนกลุ่มใหญ่ โดยครูกำหนดประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องให้ 1 คำถาม และให้นักเรียนสรุปมติของห้อง

ชิน และคณะ (Chin, et al., 2015) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ได้เสนอขั้นตอนการสอน ดังนี้

1. ให้นักเรียนทำกิจกรรมอ่านและเขียนใบงานเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่จะเรียนก่อน และทำแบบทดสอบก่อนเรียน

2. แจ้างประเด็นในการโต้แย้งและจัดกิจกรรมการโต้แย้งบนความรู้พื้นฐานหรือเนื้อหาที่เรียนมาโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

3. ให้นักเรียนทำกิจกรรมอ่านและเขียนเพื่อเป็นการสรุปกิจกรรมโต้แย้ง และทำแบบทดสอบหลังเรียน ทำแบบสอบถาม และสัมภาษณ์เพื่อวัดผล

ปิติพรเทพิน และแซดเลอร์ (Pitipornatapin and Sadler, 2015) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพียงช่วงเวลาหนึ่งของบทเรียน มีขั้นตอนการสอน ดังนี้

1. ครูนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากหัวข้อข่าวจากหนังสือพิมพ์ โดยให้นักเรียนแต่ละคนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเรื่องห่วงโซ่อาหาร

2. ครูจัดกลุ่มนักเรียนตามความคิดเห็นของนักเรียนที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 5-6 กลุ่ม หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกัน คือ จัดเรียงห่วงโซ่อาหาร โดยครูมีรูปภาพและลูกศรให้ หลังทำกิจกรรมเสร็จเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนองานของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

3. หลังการนำเสนอ ครูได้ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้อธิบายแนวคิด เกี่ยวกับข้อดีและข้อเสียของการใช้สารเคมีในฟาร์ม โดยการอภิปรายนั้นเกิดขึ้นภายในระยะเวลาที่จำกัด

แบบที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สำหรับทั้งหน่วยการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสอนดังนี้

1. ครูนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากหัวข้อข่าวจากหนังสือพิมพ์และวิดีโอ หลังจากนั้น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบอกข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้าถ่านหินต่อสิ่งแวดล้อม หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปสืบค้นหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาอภิปรายต่อในครั้งต่อไป

2. ครูตรวจสอบสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในครั้งที่แล้ว และถามคำถาม โดยคำถามจะขึ้นอยู่กับหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นมาเพื่อทำการประเมิน หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อสรุปของแต่ละกลุ่มหน้าชั้นเรียน และครูยังคงถามคำถามเพื่อสรุปข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุน และหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้าถ่านหิน สุดท้ายแล้วครูจะให้นักเรียนสรุปประเภทของทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้ในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินและแจ้งให้นักเรียนทราบว่า จะได้เรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติในครั้งต่อไป

3. ครูพูดคุยกับนักเรียนเกี่ยวกับประเภททรัพยากรธรรมชาติ หลังจากนั้นให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูลเรื่องทรัพยากรธรรมชาติเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ห้องสมุด และครูถามข้อดีและข้อดีของการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน รวมถึงแจ้งให้ทราบถึงการโต้แย้งในครั้งต่อไป

4. แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เห็นด้วยกับการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน และกลุ่มที่ไม่เห็นด้วยกับการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน และให้นักเรียนเตรียมตัวในการโต้แย้งในหัวข้อการก่อสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินช่วยพัฒนาชีวิตของคนในจังหวัดกระบี่

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อมูลและผู้สนับสนุนแต่ละฝ่ายเสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนฝ่ายตนเอง รอบที่สอง ตัวแทนจากกลุ่มที่ไม่เห็นด้วยจะมีโอกาสนำเสนอตามด้วยตัวแทนจากกลุ่มที่เห็นด้วย ในช่วงสุดท้ายครูพูดคุยกับนักเรียนถึงการโต้แย้ง โดยกล่าวถึงข้อกล่าวอ้าง เหตุผล หลักฐาน และข้อสนับสนุนการโต้แย้งที่เกิดขึ้น

6. ครูถามถึงการตัดสินใจของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหินในชุมชนของพวกเขาและให้นักเรียนบันทึกลงในใบงาน และให้นักเรียนได้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน 4-5 คน ก่อนที่จะจบบทเรียน ครูได้ถามนักเรียนแต่ละกลุ่มถึงการตัดสินใจในปัญหานี้ และครูกับนักเรียนได้สรุปบทเรียนเรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติร่วมกันหลังจากที่ครูถามนักเรียนเพื่อทดสอบการโต้แย้งอีกครั้งหนึ่ง

จากการสืบค้น พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ครูมีบทบาทสำคัญมากในการจัดการห้องเรียนและสังเกตพฤติกรรมนักเรียนให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และในการประเมินควรประเมินจากหลักฐานและเหตุผลที่นักเรียนเสนอ เพราะประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน นักเรียนจึงสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ แต่ความคิดเห็นจะขาดความน่าเชื่อถือหากไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ของ Lin and Mintzes (2010) ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัย มีดังนี้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนอ่านข่าว บทความ หรือคู่มือวิดีโอ โดยคู่มือวิดีโอนั้นนำมาจากภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์ที่มีความน่าสนใจ จะสามารถช่วยกระตุ้นและดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ (Zeidler and Nichols, 2009) โดยจะต้องมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ซึ่งจากสิ่งที่ครูให้นักเรียนอ่านหรือดู นักเรียนจะได้ทราบถึงเหตุการณ์ในปัจจุบัน ที่ยังเป็นข้อโต้แย้ง และไม่มีคำตอบที่ชัดเจนอยู่ หลังจากนั้น ครูจะกระตุ้น

เพื่อให้ นักเรียนเกิดประเด็นสงสัยและนำเสนอประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ให้ นักเรียนได้รู้ ควรเชื่อมโยงให้นักเรียนมองเห็นในหลายๆ ด้าน โดยครูนั้นมีส่วนสำคัญอย่างมาก ในการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ (Venville and Dawson, 2010) และให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง ของตนและเหตุผลลงในใบงาน เนื่องจากการเขียนจะเป็นการฝึกการจัดระเบียบความคิดในสมอง ของนักเรียนอย่างหนึ่ง (Wallace, et al., 2004)

2. ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ครูให้นักเรียน แต่ละกลุ่มได้ศึกษาค้นคว้า สืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คุณสมบัติของ สารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การทำกิจกรรมกลุ่ม การเล่นเกม การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งการใช้กิจกรรมที่เหมาะสมกับเนื้อหาในเรื่องนั้นๆ (Lin and Mintzes, 2010) นอกจากนี้ นักเรียน จะต้องร่วมกันค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์และเหตุผลเพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน โดยหลักฐานเชิงประจักษ์นี้เป็นได้ทั้งข้อมูลเชิง-ปริมาณและเชิงคุณภาพ อาจจะเป็นรูปธรรม ข้อเท็จจริง หรือเป็นข้อมูลที่ได้มาจากประสบการณ์ การสืบค้น การสังเกตหรือการสำรวจก็ได้ ซึ่งในขณะทำกิจกรรมต้องมีการบันทึกลงใบงาน จะทำให้นักเรียนเริ่มสร้างมโนทัศน์ขึ้นมาเป็นของ แต่ละบุคคล (Venville and Dawson, 2010)

3. ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะทำการโต้แย้ง ในประเด็นที่ครูนำเสนอไว้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และ เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ในขณะทำการโต้แย้งนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องบันทึกการโต้แย้ง ลงในใบงาน ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะมีโอกาสได้รับฟังเพื่อน และเปลี่ยนแปลง มโนทัศน์ได้ (Newton, et al., 1999) โดยขนาดจำนวนผู้เข้าร่วมโต้แย้งมี 2 แบบที่เลือกใช้ คือ

3.1 กลุ่มเล็กจำนวน 4 คนไม่เกิน 6 คน นักเรียนทุกคนจะมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง และมีโอกาสแสดงความคิดเห็น ช่วยแก้ปัญหากรณีนักเรียนไม่กล้าแสดงออกในห้องเรียน (Chung, et al., 2014)

3.2 กลุ่มใหญ่ทั้งห้องจำนวน 24 คน ทำให้ครูควบคุมได้ทั่วถึง และสามารถ ควบคุมประเด็นในการโต้แย้งไม่ให้ออกนอกประเด็นได้ (Eskin and Ogan-Bekiroglu, 2013) รูปแบบในการโต้แย้ง มีดังนี้

3.2.1 เสนอข้อกล่าวอ้าง ขั้นนี้นักเรียนจะได้เสนอข้อกล่าวอ้างที่แต่ละกลุ่ม สร้างขึ้นมาในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่ครูนำเสนอไว้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง

คุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม พร้อมเสนอเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น

3.2.2 เสนอข้อโต้แย้ง ชั้นนี้อีกฝ่ายที่มีความเห็นขัดแย้งต่อข้อกล่าวอ้างสามารถเสนอข้อโต้แย้งได้ พร้อมเสนอเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อโต้แย้งนั้น

3.2.3 เสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อโต้แย้ง โดยนักเรียนคนอื่นที่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างในข้อ 3.1 หรือข้อโต้แย้งในข้อ 3.2 สามารถเสนอเหตุผลเพื่อสนับสนุนพร้อมแสดงหลักฐานได้

4. ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ชั้นนี้นักเรียนและครูจะอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง เพราะครูจะสามารถควบคุมนักเรียนทั้งห้องได้ และหากมีนักเรียนที่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นน้อย ครูสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมเพิ่มมากขึ้นได้ (Eskin and Ogan-Bekiroglu, 2013) และนักเรียนต้องบันทึกลงในใบงาน โดยครูจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ (Venville and Dawson, 2010) หากหลักฐานไม่น่าเชื่อถือหรือมีน้ำหนักไม่เพียงพอซึ่งนักเรียนจะได้เห็นมุมมองที่หลากหลายขึ้น แต่ครูจะไม่ลงข้อสรุปว่าข้อกล่าวอ้างใดถูกหรือผิด และที่สำคัญครูควรฝึกให้นักเรียนเปิดใจกว้างในการรับฟังความคิดเห็นของคนอื่นด้วย (Zeidler and Nichols, 2009)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ได้สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหารชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 28 นาย พบว่า นักเรียนเตรียมทหารมากกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซมร่างกาย ลักษณะทางพันธุกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์นิวเคลียส โครโมโซม และยีน นอกจากนี้พบว่าน้อยกว่าร้อยละ 50 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่อง โครงสร้างหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม ยีน สารพันธุกรรม จีโนมไทป์และฟีโนไทป์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนบนโครโมโซม x และมิวเทชัน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ เป็นแบบวัดประเภทข้อเขียน มีทั้งหมด 7 ชุด ครอบคลุมแนวคิดเรื่องโครโมโซม ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ นิวเคลียส โครโมโซม และยีน สารพันธุกรรม ลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จีโนมไทป์และฟีโนไทป์ มิวเทชัน และการแปรผันทางพันธุกรรม

ไพโรจน์ เต็มเตชาชาติพงศ์ (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก 2 โรงเรียน จำนวน 89 คน ปีการศึกษา 2549 เรื่องหน้าที่ของยีน โดยใช้กรอบตีความหมายหลายมิติ ได้แก่ มุมมองเชิงภววิทยา มุมมองเชิงญาณวิทยา และมุมมองเชิงสังคม/ความรู้สึก ผลการวิจัย พบว่า ในเชิงภววิทยา นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องหน้าที่ยีน ในเชิงญาณวิทยา นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจแนวคิดเรื่องหน้าที่ยีนหลังเรียนอยู่ในสถานะที่เข้าใจได้ และในมุมมองเชิงสังคม พบว่า ครูไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของยีนกับดีเอ็นเอ และไม่ได้เน้นให้นักเรียนเข้าใจพันธุศาสตร์เชิงโมเลกุลหรือกระบวนการ แต่จะส่งเสริมความเข้าใจเรื่องหน้าที่ยีนที่เป็นอนุภาค ส่วนบริบทของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สนใจเนื้อหาพันธุศาสตร์เพราะเกี่ยวข้องกับชีวิต แต่นักเรียนรู้สึกวุ่นวายกับเนื้อหาค่อนข้างยากและซับซ้อน และมีคำศัพท์จำนวนมากที่ต้องทำความเข้าใจ โดยนักเรียนส่วนมากจะใช้พันธุศาสตร์ของเมนเดลในการอธิบายหรือตอบคำถามเกี่ยวกับพันธุศาสตร์โดยไม่เข้าใจพันธุศาสตร์เชิงโมเลกุล และจากทั้ง 2 โรงเรียนพบว่านักเรียนสนใจเรียนวิชานี้เพราะต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนระดับสูง แต่มีเพียงร้อยละ 5.6 เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแนวคิดเรื่องหน้าที่ยีนแบบข้ามประเภท เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล คือ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบบันทึกภาคสนาม การบันทึกวีดิทัศน์ การสัมภาษณ์เชิงลึกนักเรียนและครู และการสนทนากลุ่ม

พิศเนตร อุทัยไชย (2554) พัฒนาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยแบ่งระยะทำการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่หนึ่งปีการศึกษา 2552 สัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล และให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน ส่วนระยะที่สองปีการศึกษา 2553 ศึกษาและพัฒนาแนวคิดนักเรียนจำนวน 36 คน โดยให้ทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครอบคลุม 6 แนวคิด ได้แก่ 1) โครโมโซม 2) ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม 3) โครงสร้างของดีเอ็นเอ 4) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ 5) สมบัติของสารพันธุกรรม และ 6) มิวเทชัน และเก็บข้อมูลหลังจัดกิจกรรมด้วยแบบวัดชุดเดิม ผลการวิจัยระยะที่หนึ่ง พบว่าครูใช้การบรรยายในการสอนมากที่สุด มีวิธีการสอนที่ไม่หลากหลาย ส่วนมากใช้หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นหลัก เครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้ส่วนมากครูใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ และนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนถึงแม้จะได้เรียนมาแล้ว แต่ในระยะที่สอง หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แล้วนักเรียนมีแนวคิดที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในทุกแนวคิด และมีจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิดน้อยลง ผู้วิจัยเก็บข้อมูลด้วยแบบบันทึก

ภาคสนามโดยการสังเกตร่วมกับการบันทึกวิธีทัศน์ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์

วรรณญา จำปามูล (2555) ศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้ง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนทั่วไป อีกทั้งยังศึกษาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอีกด้วย เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 64.67 อยู่ในระดับค่อนข้างดี ซึ่งสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งยังมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Venville and Dawson (2010) ใช้การสอนแบบแทรกแซงบนการโต้แย้ง (Intervention based on Argumentation) มาพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในการวัดผลจะวัดทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของการให้เหตุผล ความเข้าใจในแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ และทักษะการโต้แย้ง โดยกิจกรรมจะถูกออกแบบและแบ่งเป็นบทเรียนละ 50 นาที เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อสอบวัดก่อน-หลังเรียน แบบเขียนอธิบายแบบสั้น ทั้งหมด 52 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหา 9 เรื่อง คือ จีโนม ยีน ดีเอ็นเอ นิวเคลียส โครโมโซม เซลล์ กรดอะมิโน โปรตีน และสิ่งมีชีวิต โดยนักเรียนต้องเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต/เซลล์/ยีน ยีน/จีโนม/โครโมโซม และดีเอ็นเอ/โปรตีน/กรดอะมิโน ซึ่งในการทำกิจกรรมจะแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและควบคุม ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มเกิดการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ แต่กลุ่มที่จัดกิจกรรมการโต้แย้งพัฒนาได้ดีกว่าทั้งเรื่องแนวคิด การให้เหตุผล และทักษะการโต้แย้ง เหตุผลที่กลุ่มทดลองที่ใช้การโต้แย้งเกี่ยวกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พัฒนาความเข้าใจได้อย่างมีนัยสำคัญกว่า คือ

- 1) กระบวนการของการมีส่วนร่วมในการฟังข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและซับซ้อน และการสนับสนุนของครูระหว่างที่กำลังอภิปรายกันนั้นมีผลต่อความรู้ในเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะมีผลในการเชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงบางประเด็นกับแนวความคิดที่เกิดขึ้นในความรู้แบบองค์รวมที่ลึกซึ้งมากขึ้น หรืออาจจะเป็นเพราะนักเรียนได้รวบรวมความคิดกันและผ่านการประยุกต์ใช้ในบริบทต่างๆ แล้ว
- 2) อาจกล่าวได้ว่าที่มีประสิทธิภาพ เพราะกรอบที่ครูสร้างขึ้นสนับสนุน

กระบวนการตัดสินใจของนักเรียน ซึ่งอาจจะมีส่วนในการเรียนรู้ หรืออาจจะเกิดจากเงื่อนไขบางอย่าง คือในขั้นตอนการเขียนหลังการโต้แย้งสามารถทำให้เกิดการสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนในเรื่องพันธุศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และการใช้วิธีนี้เป็นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีส่วนร่วม อีกทั้งการเลือกใช้ประเด็นสังคมก็เป็นการช่วยสร้างความสนใจของนักเรียนและช่วยพัฒนาการเรียนรู้เนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์ให้ดีขึ้น สรุปคือ การใช้ประเด็นทางสังคมมาเป็นหัวข้อในการโต้แย้งแบบกลุ่มจะทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น 3) การโต้แย้งที่ครูวางกรอบไว้เป็นการโต้แย้งทั้งห้องซึ่งต่างจากการทำงานกลุ่มเล็ก

Lin and Mintzes (2010) ได้พัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนเกรด 6 ที่ได้หวั่น โดยใช้การประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ร่วมกับวิธีการสอนแบบต่างๆ เช่น การถามคำถาม การบรรยาย การอภิปราย การสืบค้นข้อมูล การแสดงบทบาทสมมติ และการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และพัฒนาเสียงที่จะใช้โต้แย้ง โดยผู้วิจัยเลือกใช้ประเด็นการสร้างสวนสาธารณะมาเก่าในไต้หวัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับเรื่องเศรษฐกิจ การแบ่งสรรที่ดิน และสิทธิของประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ ผู้วิจัยใช้เวลา 17 ชั่วโมง ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน ข้อโต้แย้ง และการหาหลักฐานและข้อมูลเพื่อสนับสนุนของโต้แย้ง ในขั้นการโต้แย้งผู้วิจัยจัดนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม เพื่อแสดงบทบาทสมมติ โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วย 6 บทบาท คือ เจ้าหน้าที่รัฐบาลท้องถิ่น เจ้าของที่ดิน นักท่องเที่ยว ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่นั้น นักนิเวศวิทยา และผู้บัญญัติกฎหมาย โดยมี 3 กลุ่มที่เห็นด้วยกับการสร้างสวนสาธารณะมาเก่าในไต้หวัน ส่วนที่เหลือไม่เห็นด้วยกับการสร้างสวนสาธารณะมาเก่าในไต้หวัน และนักเรียนจะได้โต้แย้งกันโดยใช้ความรู้และหลักฐานที่สืบค้นมาด้วยวิธีการต่างๆ ที่ครูจัดให้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีการพัฒนาทักษะการโต้แย้งมากขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้แล้ว นอกจากนี้ผู้วิจัยยังกล่าวอีกว่านักเรียนยังได้พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และการโต้แย้งจะมีประสิทธิภาพหรือไม่นั้นสามารถตรวจสอบได้จากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เกี่ยวข้องที่นักเรียนมีอยู่

Eskin and Ogan-Bekiroglu (2013) ได้แสดงให้เห็นความสำคัญของการโต้แย้งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการเรียนการสอนแบบโต้แย้งมาใช้ในการสร้างและประเมินผลการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองแท้จริง (True-

experimental design) ในการวัดผลเชิงปริมาณ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมี 2 ห้องเรียน ซึ่งเป็นโรงเรียนหญิงล้วน มีนักเรียนห้องละ 26 คน บทเรียนที่ใช้ส่งเสริมการโต้แย้งมี 5 เรื่อง ใช้เวลา 10 สัปดาห์ ซึ่งจะมีกิจกรรมการโต้แย้งที่ต่างกันในแต่ละหัวข้อพลศาสตร์ (dynamics) ดังนี้ 1) เรื่อง การตกแบบอิสระ ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและเลือกข้อกล่าวอ้างโดยครูกำหนดข้อกล่าวอ้างให้ในใบงาน หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่มโต้แย้งแสดงเหตุผลกันในแต่ละตัวเลือกเพื่อหามติข้อสรุปของกลุ่ม และนำมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง 2) เรื่อง กฎข้อสองของนิวตัน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง เพื่อนำเสนอในห้อง และได้แย้งกันเพื่อตอบคำถามในใบงานซึ่งคำถามแบบปลายเปิด 3) เรื่อง กฎข้อสามของนิวตัน ให้นักเรียนทำนาย สังเกต และอธิบาย ในใบงานจะมีสถานการณ์ต่าง ๆ ให้นักเรียนโต้แย้งแสดงเหตุผล และสรุปเป็นข้อสรุปของกลุ่ม 4) เรื่อง การเคลื่อนที่ในอวกาศ ให้นักเรียนโต้แย้งกันในโจทย์ที่ยากแก่การทดลอง โดยใช้เหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์ และอธิบายผลการโต้แย้งลงใบงาน และ 5) เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ให้นักเรียนโต้แย้งกันและใช้เหตุผลเพื่อตัดสินโจทย์แต่ละข้อทางฟิสิกส์ ให้ดูวิดีโอตัวอย่างของเหตุการณ์ และเขียนตอบแสดงความคิดเห็นลงใบงาน และนำมาโต้แย้งกันในห้อง ส่วนในกลุ่มควบคุมนั้น จะมีการสอนแบบปกติทั่วไปที่ไม่มีการโต้แย้งให้เหตุผล เพียงแค่ทำใบงานเท่านั้น ผลการวิจัย พบว่า การมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง ซึ่งต้องสร้างข้อกล่าวอ้าง ใช้ข้อมูลเพื่อมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและรับรองข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมถึงการคัดค้าน และตัดสินใจว่าจะสนับสนุนเหตุผลฝ่ายใด จะช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และช่วยเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ผิดของนักเรียนได้ ซึ่งการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการสอนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

Chung, et al. (2014) ได้เห็นความสำคัญของการสื่อสาร โดยผู้วิจัยเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลแบบกลุ่ม กระตุ้นการให้เหตุผลของนักเรียนและการสร้างความรู้ร่วมกันในสังคม โดยผู้วิจัยเลือกใช้ประเด็นพันธุวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนที่เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนเกรด 9 ในประเทศเกาหลีใต้ เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามทักษะการสื่อสารโดยให้นักเรียนทำก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับนักเรียนและครูผู้สอน อีกทั้งยังใช้การสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในห้องเรียนอีกด้วย จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นั้นมีผลกระทบต่อนักเรียนที่มีความสามารถในการเข้าใจความคิดเห็นหลักของผู้อื่นต่ำ แต่มีผลกระทบน้อยมากต่อนักเรียนที่มีความสามารถในการพัฒนาความเข้าใจร่วมกับผู้อื่น ซึ่งถึงแม้

การใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จะสามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารของนักเรียนได้แต่ก็มีข้อจำกัดในบริบทห้องเรียนวิทยาศาสตร์ปกติ

Thörne and Gericke (2014) ได้ทำงานวิจัยในห้องเรียนวิชา ชีววิทยาที่ประเทศสวีเดนเรื่อง โปรตีน ซึ่งหลังจากสอนพันธุศาสตร์ให้นักเรียนเกรด 9 ที่มีอายุ 15-16 ปี นักเรียนจะต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องยีนและลักษณะเฉพาะที่แสดงออกได้ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ เพราะความเข้าใจในเนื้อหานั้นคลาดเคลื่อนไปในระดับต่างๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้มุ่งเน้นไปที่วิธีการสอนของครู โดยครูจะต้องมีการเชื่อมโยงความรู้เรื่องโปรตีนกับเรื่องพันธุศาสตร์ และใช้โปรตีนเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุศาสตร์ระดับจุลภาคและมหภาค โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ครู 4 คน และมีการบันทึกภาพขณะการจัดการเรียนรู้เรื่อง พันธุศาสตร์ ทั้งหมด 45 บทเรียน ผู้วิจัยเน้นไปที่การใช้ภาษาในการสื่อสารของครู จากการวิเคราะห์ภาษาพูดของครูในขณะจัดการเรียนรู้ทำให้ทราบว่า การใช้โปรตีนในการอธิบายเรื่องพันธุศาสตร์ และการเชื่อมโยงโปรตีนกับยีนและลักษณะเฉพาะที่แสดงออกนั้นมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้วิจัยจัดให้ครู 2 คนจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรตีนเชื่อมโยงกับยีนและลักษณะเฉพาะที่แสดงออก ในขณะที่ครูอีก 2 คน จัดการเรียนรู้แบบไม่ใช้โปรตีนในการเชื่อมโยงกับยีนและลักษณะเฉพาะที่แสดงออก โดยครู 3 ใน 4 คน ที่สอนเรื่องการสร้างโปรตีน มักจะพูดว่า "โปรตีนถูกสร้างขึ้น" โดยไม่ได้พูดถึงยีนซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีน จากผลการวิจัยทำให้สามารถสรุปได้ว่าความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ของนักเรียนเกี่ยวกับโปรตีนนั้นมีผลต่อการเชื่อมโยงความรู้เรื่องโปรตีนกับเรื่องยีนและลักษณะเฉพาะที่แสดงออก ซึ่งเกิดจากการใช้ภาษาของครูในการจัดการเรียนการสอนจึงถือว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนหรือศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนส่วนใหญ่จะทำได้เป็นเชิงปริมาณ และมีการนำวิธีการที่หลากหลายมาใช้ในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน เช่น การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการสอนแบบสืบเสาะ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในหลายๆ เรื่อง เช่น เรื่อง พันธุศาสตร์ เซลล์ และพลศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเรื่องที่มีเนื้อหาค่อนข้างยากและซับซ้อน และมีคำศัพท์จำนวนมาก อีกทั้ง ยังเป็นเรื่องที่ต้องใช้การจินตนาการเพื่อทำความเข้าใจ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อ ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
4. ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คนที่กำลังเรียนรายวิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง รับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เรียนอยู่ในโรงเรียนหรือสถานศึกษาในพื้นที่รับผิดชอบ จัดการศึกษาในลักษณะโรงเรียนประจำ และมีหลักสูตรเฉพาะคือ หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของกลุ่มโรงเรียนวิทยาศาสตร์ (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2555)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการทำวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดแบบดั้งเดิมของ เคมมิส (Kemmis, 1988 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557) มีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน เป็นการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไข กำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และหาวิธีการปฏิบัติที่จะนำไปสู่เป้าหมาย จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปใช้ดำเนินการในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ เป็นการปฏิบัติการตามแผนในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงขณะปฏิบัติในขั้นที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปว่าวิธีใดให้ผลดีที่สุด

ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ เป็นการนำผลสรุปจากขั้นตอนที่ 3 มาสะท้อนผลและประเมินการปฏิบัติ จะทำให้ได้แนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนปฏิบัติต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) และยึดเนื้อหาตามรายวิชาพันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค จำนวน 4 แผน ใช้เวลา 12 คาบ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์

2.1.1 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.1.2 แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้

2.1.3 เทปบันทึกวีดิโอขณะจัดการเรียนรู้

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์

2.2.1 บันทึกการเรียนรู้

2.2.2 แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตรัย เรื่อง พันธุศาสตร์

2.2.3 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พันธุศาสตร์

ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละชนิดผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธุศาสตร์ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557) เพื่อกำหนดกรอบความคิดด้านผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเพิ่มเติมกลุ่ม 1 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2 ศึกษารวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

1.3 แบ่งสาระการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์ ออกเป็นมโนทัศน์ย่อยและกำหนดระยะเวลาที่จะใช้จัดการเรียนรู้เพื่อนำไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาในบทเรียน ดังนี้

1.3.1 คุณสมบัติของสารพันธุกรรม

- 1) การจำลองดีเอ็นเอ
- 2) ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน

1.3.2 มิวเทชัน (Mutation)

1.3.3 เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ได้แก่

1.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง

1.4.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง

1.4.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มิวเทชัน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง

1.4.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง

โดยแผนการจัดการเรียนรู้การได้แย่งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

- 1) ชื่อเรื่อง
 - 2) ผลการเรียนรู้
 - 3) จุดประสงค์การเรียนรู้
 - 4) สาระสำคัญ
 - 5) กิจกรรมการเรียนรู้การได้แย่งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) มี 4 ขั้นตอน ได้แก่
 - ขั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - ขั้นที่ 2 ชี้นำสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - ขั้นที่ 3 ชี้นำโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - ขั้นที่ 4 ชี้นำสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 1) การวัดผลและประเมินผล
 - 2) สื่อและแหล่งเรียนรู้
 - 3) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ตาราง 3 แสดงโครงสร้างเวลาการเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ และประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

แผน ที่	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)	ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์
1	การจำลองดีเอ็นเอ	3	บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่
2	ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน	3	การใช้ยีนบำบัดโรคเหมาะสมหรือยัง
3	มิวเทชัน	3	โลกกำลังก้าวสู่ยุคไรยาปฏิชีวนะจริงหรือ
4	เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม	3	คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ในประเทศไทย

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ท่านแรกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นอาจารย์สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ท่านที่สอง ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ และท่านที่สาม ครูชำนาญการพิเศษเป็นครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่ใช้สอน เวลาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ ส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ตามวิธีของลิเคิร์ท ปรับปรุงจากแบบประเมินผลงานวิจัย และเกณฑ์การประเมินของ บุญชม ศรีสะอาด (2554, หน้า 121) ดังนี้

- 5 คะแนน เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 คะแนน เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเหมาะสมมาก
- 3 คะแนน เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 คะแนน เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อย
- 1 คะแนน เมื่อผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.7 นำคะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำค่าเฉลี่ยไปแปลความหมายโดยเทียบกับ เกณฑ์การประเมิน (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อยที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่ระดับความเหมาะสมมากเป็นต้นไป และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00

1.8 ผลการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยการประเมินความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 มีความเหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 มีความเหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 4.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.01 มีความเหมาะสมมาก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 มีความเหมาะสมมากที่สุด

ภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้มีผลการพิจารณาระดับความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยที่ 4.4 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก

1.9 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สมบูรณ์

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งได้แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญดังต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	การปรับปรุง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	
1. สาระสำคัญยังขาดเรื่ององค์ประกอบในการจำลองดีเอ็นเอ	เพิ่มสาระสำคัญเรื่อง องค์ประกอบในการจำลองดีเอ็นเอ ในแผนการจัดการเรียนรู้
2. การเกิดมะเร็งกับการจำลองดีเอ็นเอที่ผิดพลาดอาจจะไม่ได้เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันโดยตรง	ในขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์กล่าวถึงสาเหตุอื่นของการเกิดมะเร็ง
3. การเกิดมะเร็งกับการจำลองดีเอ็นเอที่ผิดพลาดอาจจะไม่ได้เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันโดยตรง	ในขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์กล่าวถึงสาเหตุอื่นของการเกิดมะเร็ง
4. แหล่งเรียนรู้ที่เป็นเว็บไซต์ ควรเป็นแหล่งที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับในเชิงวิชาการ	เลือกแหล่งเรียนรู้จากเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในเชิงวิชาการมาให้นักเรียนศึกษา
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	
สาระสำคัญยังขาดการอธิบายเรื่องโครงสร้างของยีน ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน	เพิ่มสาระสำคัญเรื่อง โครงสร้างของยีน ในแผนการจัดการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	
1. จุดประสงค์ควรสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ ซึ่งมีเรื่อง โครโมโซมด้วย แต่จุดประสงค์ไม่มีเกี่ยวกับลักษณะโครโมโซมเลย	ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้
2. สาระสำคัญขาดเรื่อง โครโมโซม	เพิ่มสาระสำคัญเรื่อง โครโมโซม
3. ควรปรับเรื่อง คำจำกัดความของมิวเทชัน	ปรับคำจำกัดความของมิวเทชัน
4. แหล่งสืบค้นทางอินเทอร์เน็ตไม่สัมพันธ์กับเรื่องที่เรียน	ปรับแหล่งสืบค้นทางอินเทอร์เน็ตให้สัมพันธ์กับเรื่องที่เรียน
5. แหล่งเรียนรู้ควรเป็นหนังสือที่เขียนเกี่ยวกับมิวเทชันโดยตรง	จัดหาหนังสือที่เกี่ยวกับ เรื่อง มิวเทชัน ให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูล
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	
ควรมีการตั้งคำถามเรื่อง ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม ให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน	ปรับคำถามในใบงานให้มีคำถาม เรื่อง ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ใช้ในการสะท้อนผลหลังจบแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยตัวผู้วิจัยเอง ครูที่สอนรายวิชาชีววิทยาที่โรงเรียน และนำผลการประเมินมาปรับปรุงเพื่อให้เกิดวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อประเมินวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยหัวข้อในการบันทึก มีดังนี้

2.2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.2.2 ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.2.3 ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.2.4 ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.2.5 ความสำเร็จในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3. แบบสะท้อนความคิด

ใช้ในการสะท้อนผลหลังการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยนักเรียน และนำผลการประเมินมาปรับปรุงเพื่อให้เกิดวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 สร้างแบบสะท้อนความคิด เพื่อประเมินวิธีการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยหัวข้อในการบันทึก มีดังนี้

3.1.1 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1.2 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1.3 การจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.1.4 ภาพรวมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

- 1) จุดเด่น
- 2) จุดที่ควรปรับปรุง
- 3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.2 นำแบบสะท้อนความคิดเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

4. บันทึกการเรียนรู้

ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ระหว่างวงรอบ มีลักษณะเป็นคำถามแบบอัตนัย ให้นักเรียนวาดภาพ หรือเขียนแผนผังมโนทัศน์เพื่อให้นักเรียนได้เขียนสรุปมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยให้ทำบันทึกการเรียนรู้หลังจากสิ้นสุดการปฏิบัติการโต้แย้ง รวมทั้งผู้วิจัยสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้เสร็จแต่ละแผนได้ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

4.1 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4.2 กำหนดขอบเขตของเนื้อหาในแต่ละใบงาน

4.3 ออกแบบคำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้และสะท้อนมโนทัศน์ของนักเรียน

4.4 สร้างแบบประเมินบันทึกการเรียนรู้ โดยแบ่งการตอบคำถามของนักเรียนออกเป็นความเข้าใจมโนทัศน์ 5 กลุ่ม ตามเกณฑ์ของ Westbrook and Marek (1992) ได้แก่

4.4.1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องสมบูรณ์ ตรงตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียน

4.4.2 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่ไม่ครบสมบูรณ์ ตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียน

4.4.3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียน

4.4.4 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียน

4.4.5 ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถามแล้วเว้นว่างไว้ หรือตอบไม่ตรงคำถาม

4.5 นำบันทึกการเรียนรู้และแบบประเมินเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบันทึกการเรียนรู้ แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5. เทปบันทึกวีดีโอขณะจัดการเรียนรู้

การบันทึกวีดีโอจะทำไปพร้อมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ในชั้นเรียน โดยการบันทึกวีดีโอจะบันทึกภาพรวมของห้องเรียนขณะจัดการเรียนรู้ จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลไม่เพียงพอ

6. แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ประกอบด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ 7 มโนทัศน์ คือ 1) การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) 2) การถอดรหัส (Transcription) 3) รหัสพันธุกรรม (Genetic code) 4) การแปลรหัส (Translation) 5) มิวเทชัน (Mutation) 6) พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) และ 7) เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

6.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผลการเรียนรู้ คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และหนังสือเรียน วิชาชีววิทยา เล่ม 3 โดยโครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์หลักในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์

6.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามวัดมโนทัศน์ ชนิดปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์

6.3 สร้างข้อสอบวัดมโนทัศน์ชนิดปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์ จำนวน 24 ข้อ ครอบคลุมมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ 7 มโนทัศน์ ดังนี้

ตาราง 5 แสดงจำนวนข้อสอบในแต่ละมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์

เรื่อง	มโนทัศน์	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
คุณสมบัติของสารพันธุกรรม	การจำลองดีเอ็นเอ	4
	การถอดรหัส	4
	การแปลรหัส	3
	รหัสพันธุกรรม	3
มิวเทชัน	มิวเทชัน	6
เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม	พันธุวิศวกรรม	2
	เทคโนโลยีชีวภาพ	2
รวมทั้งหมด		24

6.4 สร้างเกณฑ์การตรวจคำตอบแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตร้อย เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยจะต้องแบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นความเข้าใจมโนทัศน์ 5 กลุ่ม ตาม Westbrook and Marek (1992) คือ

6.4.1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องสมบูรณ์ ตรงตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

6.4.2 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่ไม่ครบสมบูรณ์ ตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

6.4.3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

6.4.4 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

6.4.5 ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถามแล้วเว้นว่างไว้ หรือตอบไม่ตรงคำถาม

6.5 นำแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ รวมถึงเกณฑ์การตรวจคำตอบของแต่ละข้อคำถาม เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6.6 นำแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยท่านแรก ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นอาจารย์สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ท่านที่สอง ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ และท่านที่สาม ครูชำนาญการพิเศษเป็นครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยาตรวจสอบ โดยตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถาม และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รวมถึงความถูกต้องของเกณฑ์การตรวจคำตอบแต่ละข้อคำถามและพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถวัดได้สอดคล้องกับมโนทัศน์หรือไม่

โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา ดังต่อไปนี้

- +1 แทน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับมโนทัศน์
- 0 แทน เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับมโนทัศน์
- 1 แทน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์

6.7 นำคะแนนที่ได้จากการลงความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับมโนทัศน์ (IOC) โดยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มาทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6.8 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามจำนวน 24 ข้อ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ -0.67 ถึง 1 และเป็นไปตามเกณฑ์ 21 ข้อ และไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 3 ข้อ จึงเลือกมาใช้ 21 ข้อ

6.9 นำแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ 21 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความยาก (p) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนก (r) ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-1.0

6.10 ผลการหาคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากตั้งแต่ 0.4 ถึง 1 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0 ถึง 0.6 ซึ่งมีข้อสอบที่สามารถใช้ได้จริง 20 ข้อ และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.78

7. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview)

ใช้เพื่อสนทนาซักถามและศึกษาความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนในกรณีที่ได้ตัดสินใจระดับมโนทัศน์จากคำตอบในแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยไม่ได้ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์อีกครั้งหนึ่งเฉพาะข้อคำถามนั้นๆ ที่ตัดสินใจไม่ได้ แล้วนำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์จัดกลุ่มความเข้าใจในทัศนคติ เรื่อง พันธุศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้คำตอบของนักเรียนเป็นตัวกำหนดคำถามต่อไปได้ โดยคำถามและเกณฑ์คำตอบที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นคำถามและเกณฑ์คำตอบชุดเดียวกับแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย โดยจะต้องแบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นความเข้าใจในทัศนคติ 5 กลุ่มตาม Westbrook and Marek (1992) คือ

7.1 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องสมบูรณ์ ตรงตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

7.2 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องแต่ไม่ครบสมบูรณ์ ตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

7.3 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง แต่ก็มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

7.4 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ หรือในตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์

7.5 ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (No Understanding: NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถามแล้วเว้นว่างไว้ หรือตอบไม่ตรงคำถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 วงรอบ ดังนี้

วงรอบที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ขั้นที่ 1 วางแผน

ศึกษาสภาพปัญหาในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่ง ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วางแผนและออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ โดยกำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางแผนไว้ และตรวจสอบคุณภาพรวมถึงปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ตามที่วางแผนไว้เป็นเวลา 3 คาบ

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์

ในระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ บันทึกการเรียนรู้ และการบันทึกวิดีโอขณะจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นวิเคราะห์และสรุปผล เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผู้วิจัยสะท้อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะใช้สะท้อนผลตัวผู้วิจัยเองหลังจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียนจำนวน 2 ท่าน นอกจากนี้ยังมีการสะท้อนผลจากนักเรียนผ่านบันทึกการเรียนรู้และแบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้ หลังจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น โดยผู้วิจัยจะนำผลสรุปจากขั้นสังเกตการณ์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ที่ได้มาสะท้อนผลตนเอง และระดมสมองกับครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียนและอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย แล้วนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงรอบที่ 1 เพื่อปรับปรุงแผนการจัด

การเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อไป

วงรอบที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน

ขั้นที่ 1 วางแผน

ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลตามการสะท้อนผลในวงรอบที่ 1

ขั้นที่ 2 ถึงขั้นที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการเช่นเดียวกับวงรอบที่ 1 แล้วนำผลการประเมินทั้งหมด มาวิเคราะห์และสะท้อนผลการปฏิบัติวงรอบที่ 2 เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มิวเทชัน ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทาง สังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อไป

วงรอบที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มิวเทชัน

ผู้วิจัยดำเนินการเช่นเดียวกับวงรอบที่ 2 แล้วนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และ สะท้อนผลการปฏิบัติวงรอบที่ 3 เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและ พันธุวิศวกรรม ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็น ทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อไป

วงรอบที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

ผู้วิจัยดำเนินการเช่นเดียวกับวงรอบที่ 2 แล้วนำผลการประเมินทั้งหมดมาวิเคราะห์และ สะท้อนผลการปฏิบัติวงรอบที่ 4 และสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังจากดำเนินการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็น ทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยได้ ดำเนินการทดสอบมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของสารพันธุกรรม มิวเทชัน และเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยและแบบสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างจะใช้เฉพาะกรณีที่ตัดสินระดับ มโนทัศน์จากคำตอบในแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยไม่ได้ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์อีกครั้งและนำคำตอบ

มาจัดกลุ่มความเข้าใจในทัศน์ เพื่อวิเคราะห์ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของ กลุ่มเป้าหมายได้จริง

โดยผู้วิจัยได้สรุปเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและผู้ให้ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ (Act) ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์ (Observe) และขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ดังภาพประกอบ 2

วงรอบที่ 1 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ	
เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้	ครูที่สอนรายวิชาชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัย
แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้	นักเรียน
บันทึกการเรียนรู้	นักเรียน
วงรอบที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน	
เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้	ครูที่สอนรายวิชาชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัย
แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้	นักเรียน
บันทึกการเรียนรู้	นักเรียน
วงรอบที่ 3 เรื่อง มิวเทชัน	
เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้	ครูที่สอนรายวิชาชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัย
แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้	นักเรียน
บันทึกการเรียนรู้	นักเรียน
วงรอบที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม	
เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้	ครูที่สอนรายวิชาชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัย
แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้	นักเรียน
บันทึกการเรียนรู้	นักเรียน



ภาพ 2 แสดงเครื่องมือและผู้ให้ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนของวิจัยปฏิบัติการ

หลังจบ 4 วงรอบ	
เครื่องมือวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล
แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย	นักเรียน
แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง*	นักเรียน

*ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถจำแนกคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยได้

ภาพ 2 (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. วิเคราะห์การจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยมีแหล่งที่มาของข้อมูล คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1.1 จัดระเบียบข้อมูล โดยแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จะมีผู้ให้ข้อมูลทั้งผู้วิจัยและครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียน

1.2 กำหนดรหัสข้อมูล เป็นการจัดระเบียบทางเนื้อหา โดยจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ และกำหนดคำหลักของข้อมูลซึ่งอาจเป็นวลีหรือข้อความหนึ่งมาแทนข้อมูลที่ถูกบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ หลังจากนั้นต้องให้ความหมายคำหลักนั้น ซึ่งต้องแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์

1.3 สร้างข้อสรุปชั่วคราว โดยสรุปเชื่อมโยงคำหลักเข้าด้วยกันภายหลังจากผ่านกระบวนการกำหนดรหัสข้อมูลแล้ว และเขียนเป็นประโยคข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคำหลัก ทำให้ข้อมูลกระชับมากขึ้น

1.4 เขียนเชื่อมโยงข้อสรุปชั่วคราวและสรุปเป็นบทสรุปย่อ หลังจากนั้นนำข้อสรุปย่อมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสุดท้าย โดยเขียนเป็นความเรียงเพื่อรายงานการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์

1.5 พิสูจน์ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) ได้แก่ การตรวจสอบข้อมูลด้านแหล่งข้อมูล (Source Triangulation) โดยพิจารณาข้อมูลจากบุคคลผู้ให้ข้อมูลต่างกัน แต่ใช้เครื่องมือเก็บข้อมูลชนิดเดียวกัน ได้แก่ ข้อมูลจากผู้วิจัย และครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียน 2 ท่าน พิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลว่าเหมือนกันหรือไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังใช้วิธี Peer Debriefing หรือ การตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลังจบแต่ละวงรอบ

2. วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยมีแหล่งที่มาของข้อมูลคือ บันทึกรักการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้มีทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ มีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากบันทึกรักการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เรื่อง พันธุศาสตร์ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 จัดระเบียบข้อมูล โดยอาศัยหลักเกณฑ์ที่มาของข้อมูล คือ ข้อมูลจากแบบบันทึกรักการเรียนรู้ จากแบบวัดมโนทัศน์ และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

2.1.2 กำหนดรหัสข้อมูล เป็นการจัดระเบียบทางเนื้อหา โดยจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ และกำหนดคำหลักของข้อมูลซึ่งอาจเป็นวลีหรือข้อความ ที่แทนแต่ละกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ในคำตอบของนักเรียน หลังจากนั้นต้องให้ความหมายคำหลักนั้น ซึ่งต้องแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ในกลุ่มต่างๆ โดยข้อมูลจากบันทึกรักเรียนรู้จะใช้วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนระหว่างวงรอบ ส่วนข้อมูลจากแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย จะใช้วิเคราะห์ความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ 4 วงรอบเสร็จสิ้น และข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างจะใช้ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนจากคำตอบในแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยไม่ได้ ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์อีกครั้งหนึ่ง

2.1.3 สร้างข้อสรุปชั่วคราว โดยสรุปเชื่อมโยงคำหลักเข้าด้วยกันภายหลังจากผ่านกระบวนการกำหนดรหัสข้อมูลแล้ว และการกำหนดรหัสข้อมูลต้องคำนึงถึงบริบทของคำหลักในคำตอบของนักเรียนด้วย

2.1.4 เขียนเชื่อมโยงข้อสรุปชั่วคราวและสรุปเป็นบทสรุปย่อๆ หลังจากนั้นนำข้อสรุปย่อมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปสุดท้าย และสรุปข้อมูลออกมาในรูปความเรียง

เป็นรายชื่อนอกจากนี้ยังตีความข้อสรุปเป็นกลุ่มความเข้าใจในทัศนคติตามเกณฑ์ของ Westbrook and Marek (1992) ซึ่งได้แบ่งความเข้าใจในทัศนคติออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)

กลุ่มที่ 2 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)

กลุ่มที่ 3 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS)

กลุ่มที่ 4 ความเข้าใจในทัศนคติในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC)

กลุ่มที่ 5 ความไม่เข้าใจในทัศนคติ (No Understanding: NU)

2.1.5 พิสูจน์ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) ได้แก่ การตรวจสอบข้อมูลด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (Method Triangulation) โดยพิจารณาข้อมูลจากวิธีการรวบรวมข้อมูลที่แตกต่างกัน ได้แก่ บันทึกการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย แต่ผู้ให้ข้อมูลคือกลุ่มเดียวกัน คือ กลุ่มเป้าหมาย พิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลว่าเหมือนกันหรือไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูล Peer Debriefing หรือการตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลังจบแต่ละวงรอบ และเมื่อ 4 วงรอบเสร็จสิ้น

2.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากบันทึกการเรียนรู้ จะแสดงความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนในแต่ละวงรอบ ส่วนข้อมูลจากแบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย เรื่อง พันธุศาสตร์ จะแสดงความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยแสดงข้อมูลในรูปแบบตารางโดยใช้ความถี่และร้อยละ ซึ่งตีความมาจากการวิเคราะห์เนื้อหา หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์และสรุปผลในรูปแบบความเรียง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยขอเสนอผลการศึกษาคือออกเป็น 2 ตอนตามวัตถุประสงค์และเพื่อตอบคำถามวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามวิจัย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ควรทำอย่างไร

ผู้วิจัยศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ 3 วงรอบ ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนที่ผ่านมาการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ และใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนคิด ในการสะท้อนผลการปฏิบัติในแต่ละวงรอบ โดยผลการดำเนินการดังภาคผนวก จ และสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดังนี้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในขั้นนี้จะนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และวัยของนักเรียน ซึ่งอาจจะใช้คลิปข่าว คลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญหรือบทความจากอินเทอร์เน็ตที่ต้องแสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและด้านลบ เพื่อใช้กระตุ้นความสนใจ

ของนักเรียนและนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นนักเรียนจะร่วมกันสรุปใจความสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกบันทึกสาระสำคัญบนกระดาน ตามการสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 1 ธันวาคม 2558) และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสรุปความคิดเห็นของกลุ่มว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ทำไมจึงคิดเช่นนั้น หลังจากแต่ละกลุ่มได้ข้อสรุปแล้ว ครูจะใช้คำถามในการเชื่อมโยงเข้าขั้นที่ 2 ต่อไป ซึ่งในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนี้ไม่ควรใช้เวลาที่มากเกินไปเพราะจะส่งผลกระทบต่อขั้นอื่น หรือน้อยเกินไป เพราะนักเรียนอาจจะไม่เข้าใจในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้น ซึ่งประเด็นนี้เกิดจากการสะท้อนผลจากครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน หลักการในการเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ คลิปข่าว หรือคลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ บทความจากอินเทอร์เน็ต และคำถามที่ครูใช้ มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่เลือกใช้ควรเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียน และวิทยาศาสตร์นั้นส่งผลต่อสังคมในหลายๆ ด้าน เช่น สุขภาพของประชากร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ คุณธรรม และจริยธรรม เป็นต้น และควรเป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนหรือยังตัดสินใจไม่ได้ กำลังเป็นที่ถกเถียงในสังคมปัจจุบัน ที่สำคัญควรเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน โดยประเด็นที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในรอบที่ 1 คือ บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ ประเด็นนี้นักเรียนค่อนข้างให้ความสนใจดี ถึงแม้ว่าจะยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ว่าสามารถก่อมะเร็งเหมือนบุหรี่ปกติได้หรือไม่ แต่ยังถือว่าเป็นประเด็นที่น่าสู่การโต้แย้งได้ไม่มาก เพราะนักเรียนทั้งห้องมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันในด้านลบ คือ บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็ง ในรอบที่ 2 ใช้ประเด็นการใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง นักเรียนให้ความสนใจเนื่องจากเป็นวิทยาการที่แปลกใหม่สำหรับวัยของนักเรียน แม้จะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างไกลตัวนักเรียน อีกทั้งยังเป็นประเด็นที่สามารถใช้นำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาที่จะเรียนได้ ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ที่กล่าวว่า "ครูเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่น่าสนใจ สามารถใช้นำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาได้" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 2, 12 ธันวาคม 2558) ส่วนวงรอบที่ 3 ใช้ประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ซึ่งเป็นประเด็นที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันในสังคมในขณะทำวิจัย ว่าจะให้ มี พ.ร.บ.จีเอ็มโอในประเทศไทยหรือไม่ และสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน อีกทั้งยังสามารถแบ่งความคิดเห็นของนักเรียนในห้องได้เป็นสองกลุ่มคือ ด้านบวกและด้านลบ ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และ 2 โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 กล่าวว่า "ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์น่าสนใจมาก อีกทั้งยังสามารถแบ่งความคิดเห็นของนักเรียนได้ชัดเจน"

(แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 3, 17 ธันวาคม 2558) ซึ่งการที่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งความคิดของนักเรียนเป็น 2 ฝ่ายคือ ฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งได้ จะมีผลต่อการจัดกิจกรรมในชั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หากความคิดเห็นของนักเรียนไปในทิศทางเดียวกัน ต้องมีการให้นักเรียนจับฉลากเพื่อแบ่งความคิดออกเป็นฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้ง

1.2 คลิปข่าว หรือคลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ที่เลือกใช้ควรเป็นคลิปวิดีโอที่แสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและด้านลบ แต่ถ้าหากคลิปวิดีโอเช่นนี้ไม่ได้ ควรเลือกคลิปวิดีโอมา 2 คลิปที่เป็นด้านบวกและด้านลบ และทำการตัดต่อให้เป็นคลิปวิดีโอเดียวกัน และควรมีระยะเวลาไม่มากหรือน้อยเกินไป ควรตัดมาเฉพาะใจความสำคัญ การวิจัยครั้งนี้ในวงรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้เลือกใช้คลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในรายการโทรทัศน์ตอนหรีไฟฟ้าด้านลบ และคลิปเสียงสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางรายการวิทยุตอนหรีไฟฟ้าด้านบวกเมื่อเทียบกับบทสรุปคดี และยังใช้คลิปข่าวจากโทรทัศน์นำเสนอผลกระทบต่อสังคมและผู้ขาย โดยผู้วิจัยไม่ได้ตัดต่อจึงทำให้คลิปมีระยะเวลานาน และในช่วงหลังจาก 5 นาทีของคลิปวิดีโอเป็นต้นไป พบว่านักเรียนไม่มีสมาธิ ดังนั้นจึงต้องมีการตัดต่อคลิปวิดีโอก่อน ตามการสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ข้อความจากแบบสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 กล่าวว่า "ควรใช้คลิปที่มีความยาวไม่มากนัก หรือถ้าจำเป็นต้องใช้คลิปก็ควรตัดต่อคลิปก่อน เพื่อจะได้ควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมได้เหมาะสมและนักเรียนก็จะมีสมาธิมากขึ้น ความยาวของคลิปวิดีโอไม่ควรเกิน 5 นาที" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 1 ธันวาคม 2558) และในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยได้เลือกใช้คลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับเรื่องการใช้ยีนบำบัดโรคด้านบวกและด้านลบอย่างละ 1 คลิป หลังจากนั้นทำการตัดต่อคลิปวิดีโอให้มีความยาวประมาณ 5 นาที พบว่า นักเรียนไม่แสดงอาการง่วงหรือเบื่อ อีกทั้งนักเรียนยังสามารถสรุปสาระสำคัญของข่าวได้ดีกว่าการใช้คลิปวิดีโอ

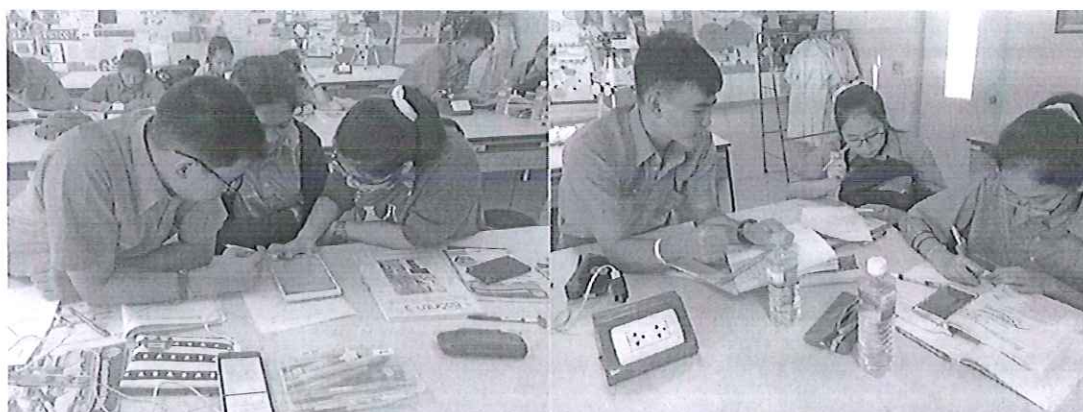
1.3 บทความจากอินเทอร์เน็ต ที่เลือกใช้มีหลักในการเลือกเช่นเดียวกับคลิปวิดีโอ คือ ควรแสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและลบ และผลกระทบในด้านอื่นๆ การวิจัยครั้งนี้ในวงรอบที่ 3 ผู้วิจัยเลือกใช้บทความจากอินเทอร์เน็ตความยาวประมาณ 1 หน้ากระดาษ ที่มีทั้งความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์ที่เห็นด้วยและเห็นต่างกับพ.ร.บ.จีเอ็มโอ พบว่าสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ดี ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ที่กล่าวว่า "มีการใช้สื่อการเรียนรู้เข้าสู่บทเรียนแตกต่างจากแผนการจัดการเรียนรู้ก่อน ทำให้เกิดความหลากหลายในการจัดการเรียนรู้" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 3, 17 ธันวาคม 2558) และเป็นตัวจุดประกายและกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลต่อไป

จากการจัดกิจกรรม ผู้วิจัยพบว่าการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญ เพราะเป็นสิ่งที่ช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียนต่อการศึกษาในเรื่องนั้นๆ และช่วยเพิ่มมุมมองหรือผลกระทบของประเด็นนั้นต่อสังคมในด้านต่างๆ ดังนั้น จึงควรเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

1.4 คำถามที่ใช้ในการเชื่อมโยงเข้าสู่ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ ควรเป็นคำถามที่สามารถกระตุ้นหรือทำให้นักเรียนอยากที่จะสืบค้นหาข้อมูลต่อไป ตัวอย่างคำถามที่ผู้วิจัยใช้ในวงรอบที่ 2 เช่น “การนำยีนใหม่เข้าไปทดแทนยีนเดิม ให้มีการสังเคราะห์โปรตีนแทนยีนเดิม แล้วกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนนั้น มีกระบวนการอย่างไร” ซึ่งเป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หรือตัวอย่างคำถามในวงรอบที่ 3 เช่น “จีเอ็มโอ คืออะไร เกิดขึ้นมาได้อย่างไร” ซึ่งคำถามที่ได้นอกจากจะต้องช่วยกระตุ้นความสนใจนักเรียนแล้ว ยังต้องเป็นการชักนำให้นักเรียนศึกษาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย

2. ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนทั้งฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งจะได้สำรวจความรู้จากการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ เพื่อนำมาใช้เป็นความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และข้อมูลผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในขั้นตอนนี้ครูควรเริ่มจากการวิเคราะห์พื้นฐานโดยการสำรวจความรู้ของนักเรียน โดยครั้งแรกอาจจะกำหนดกรอบการค้นหาข้อมูลให้ จากนั้นเริ่มให้นักเรียนได้สืบค้นด้วยตัวเองมากขึ้นในครั้งต่อไป ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องระดมสมองกันว่าจะสืบค้นข้อมูลในประเด็นไหนเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการโต้แย้ง โดยนักเรียนสามารถใช้เวลาวางหลังเลิกเรียนในสืบค้นข้อมูล หลัฐานต่างๆ มาสนับสนุนเพิ่มเติมได้นอกจากนี้ ควรมีการแจ้งเวลาในการทำกิจกรรมให้นักเรียนทราบก่อนเริ่มทำกิจกรรมตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ที่กล่าวว่า “ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้ค่อนข้างมาก” (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 1 ธันวาคม 2558) และเมื่อมีการควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรม ส่งผลให้ครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านมีการสะท้อนไปในทิศทางเดียวกันว่า “ควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมได้ดี” (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 2, 12 ธันวาคม 2558) โดยหลักการในการจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้สำหรับการสืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการโต้แย้ง มีรายละเอียด ดังนี้



ภาพ 3 แสดงบรรยากาศการเรียนรู้ในขณะนักเรียนกำลังสืบค้นข้อมูล
จากแหล่งเรียนรู้ในชั้นเรียน

2.1 แหล่งเรียนรู้สำหรับการสืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ โดยทั้ง 3 วงรอบ ผู้วิจัยได้จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายให้นักเรียน ได้แก่ หนังสือเรียน textbook ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยหนังสือเรียนและ textbook ก็จะมีของหลายสำนักพิมพ์ ซึ่งการเตรียมแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียน สามารถช่วยควบคุมเวลาและข้อมูลที่นักเรียนได้ชัดเจนและตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการ ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 ที่กล่าวว่า "กำหนดแหล่งข้อมูลในการค้นคว้า ทำให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจน" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 1 ธันวาคม 2558) และการกำหนดขอบเขตของการสืบค้น ทำให้นักเรียนได้ความรู้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 "ครูกำหนดกรอบความรู้ที่นักเรียนต้องสืบค้นข้อมูลในใบงานอย่างชัดเจน ทำให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 2, 12 ธันวาคม 2558) นอกจากนี้จากใบงานที่ 1 ยังแสดงให้เห็นว่านักเรียนได้สืบค้นความรู้ตรงตามกรอบความรู้ที่ครูกำหนด ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตัวอย่าง

1. การสังเคราะห์โปรตีนแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ คือ

1.1 การถอดรหัสพันธุกรรม (transcription) คืออะไร

กระบวนการสร้าง RNA จาก DNA โดยอาศัย DNA ในช่วงที่เป็นต้นแบบเป็นแม่แบบในการสร้าง RNA DNA ทั้ง 2 สายจะแยกกันได้ จะพบแยกออกจากกันเฉพาะด้านที่ใช้ถอดรหัส ด้าน DNA จะถูกสร้างโดย RNA Polymerase

1.2 การแปลรหัส (translation) คืออะไร

เป็นการสร้างโปรตีนโดยอ่านรหัสจาก mRNA จากกระบวนการถอดรหัส การแปลรหัสเกิดขึ้นที่ไรโบโซม...
จะมีไรโบโซม เมื่อแปลรหัสจาก mRNA จะสร้างสายโพลีเปปไทด์ จากท่อนรหัสพันธุกรรมที่เป็นตัวบ่งชี้ส่วนของ mRNA รหัสที่บ่งชี้ว่ากำหนดลำดับกรดอะมิโนในโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์

ภาพ 4 แสดงตัวอย่างคำถามและคำตอบของนักเรียนในใบงานที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 แหล่งเรียนรู้สำหรับการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้อง
กับวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการโต้แย้ง ซึ่งนักเรียนควรได้เรียนรู้ถึงวิธีการสืบค้น
ข้อมูลและการเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้เสียก่อน เนื่องจากปัจจุบันแหล่งเรียนรู้มี
หลากหลายทั้งที่เป็นยอมรับและไม่เป็นที่ยอมรับ ในงานวิจัยนี้วงจรบทที่ 1 ผู้วิจัยได้จัดเตรียมแหล่ง
เรียนรู้ให้นักเรียนสืบค้น ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งเรียนรู้ด้านบวกและด้านลบ ซึ่งมีทั้งที่เชื่อถือได้และ
เชื่อถือไม่ได้ ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้ด้านบวกที่เชื่อถือได้ เช่น งานวิจัยที่กล่าวว่าบุหรี่ไฟฟ้าไม่อันตราย
บทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องบุหรี่ไฟฟ้าไม่อันตราย เป็นต้น ตัวอย่างแหล่งเรียนรู้ด้านบวกที่
ไม่น่าเชื่อถือ เช่น บทสัมภาษณ์ผู้ใช้บุหรี่ไฟฟ้าแล้วไม่เกิดอันตราย ชาวบุหรี่ไฟฟ้าไม่อันตรายจาก
เว็บไซต์ของนักเรียนชั้น ม.3 โรงเรียนแห่งหนึ่ง เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้กำหนดแหล่งเรียนรู้ทั้งหมด
ด้านละ 11 แหล่ง พบว่านักเรียนสามารถเลือกข้อมูลที่ครูจัดเตรียมไว้ให้มาได้เป็นอย่างดีเหมาะสม
และได้รับข้อมูลที่ตรงประเด็นสำหรับการโต้แย้ง และจากข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน
แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้พิจารณาข้อมูล และเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ตัวอย่างข้อความ
ในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน เช่น "ได้รู้แนวทางการรักษาแบบใหม่ เป็นอีกหนทางเลือก ได้รู้ข้อดี
และข้อเสีย ได้ตัดสินใจ ได้เรียบเรียงข้อมูล ค้นหาข้อมูลและวางแผนเพื่อชัยชนะของกลุ่ม" (นักเรียน
S13, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

หลักฐานที่ 2

ที่มา..... ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและเกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.....

ข้อมูล

อุปกรณ์ที่ใช้ ๑๓๐ มกรณ CAPN ๖๕๕ promoter เป็นโมดูลควบคุมการทำงานของ
ยีนในส่วน ๓๖๕ promoter และ Nos terminator ที่ยีนของพืชเซลล์
ของ GMOs ซึ่งยีนจะไปทำงานในส่วนของการกระตุ้นและสร้าง Cell ของ
พืชไร่และพืช GMOs ทำให้พืชเกิด active ของยีนที่ทำงานในส่วนที่ทำงานของคน
ไร่และพืชไร่ ทำให้เกิดการผลิตน้ำตาลได้
ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น isoflavone ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น
ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น phytoestrogen (ฮอร์โมนพืช) ทำให้
ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น isoflavone ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น
ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น isoflavone ยีนที่ทำงานในส่วนของการกระตุ้น
โดยหลักการเดียวกัน

ภาพ 6 แสดงตัวอย่างหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นอย่างอิสระ และนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง
ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

3. ขึ้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งจะนำหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นหลักฐานในกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีการกำหนดหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม คือ ผู้เข้าร่วมการโต้แย้ง ส่วนกลางบันทึกคะแนนและจับเวลาขณะโต้แย้ง และกรรมการบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นชี้แจงขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หรืออาจมีการสาธิตขั้นตอนการโต้แย้งก่อน และแนะนำนักเรียนว่าควรนำความรู้พื้นฐานและหลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนข้อโต้แย้งให้มีน้ำหนักมากที่สุด ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน และควรกำหนดว่าการโต้แย้งครอบคลุมในเรื่องใดบ้าง การโต้แย้งจะได้ไม่ออกนอกกรอบและใช้เวลามากเกินไป ในระหว่างที่นักเรียนโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูจะเป็นผู้คอยบันทึกสรุปสิ่งที่นักเรียนแต่ละฝ่ายพูดบนกระดานหน้าห้องทั้งส่วนของเหตุผล หลักฐาน และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งถามคำถามสอดแทรก และเน้นย้ำประเด็นที่สำคัญระหว่างนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเป็นระยะ เพื่อให้ นักเรียนนำเสนอ มโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ ออกมา ซึ่งขั้นตอนการโต้แย้งมีดังนี้ 1) ฝ่ายเสนอ นำเสนอความเห็นสนับสนุน หรือเห็นด้วยกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็น 2) ฝ่ายโต้แย้ง นำเสนอความเห็นโต้แย้งหรือคัดค้าน พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็น และ 3) หากมีผู้เห็นต่างจากฝ่ายโต้แย้งสามารถเสนอเหตุผลและ

หลักฐานเพื่อหักล้างข้อโต้แย้งได้ หรือหากต้องการสนับสนุนฝ่ายเสนอก็สามารถเสนอเหตุผลและหลักฐานเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งระยะเวลาในการโต้แย้งไม่ควรมากเกินไป ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน และปรับแก้ไขจนถึงวงรอบที่ 3 จึงทำให้ทราบว่าไม่ควรใช้เวลาเกิน 50 นาที เนื่องจากเป็นการโต้แย้งในประเด็นที่ค่อนข้างแคบและครอบคลุมความรู้ที่ค่อนข้างจำกัด สิ่งที่ค้นพบในการจัดกิจกรรมโต้แย้งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นสำคัญในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทำให้เห็นผลกระทบต่อสังคมในด้านต่างๆ ดังนั้นจึงควรเลือกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ วงรอบที่ 1 ผู้วิจัยเลือกใช้ประเด็นบุหรี่ปัฟฟาก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ เชื่อมโยงกับเนื้อหาการจำลองดีเอ็นเอ จะเห็นว่า เมื่อนักเรียนโต้แย้งกันแล้ว ข้อมูลและมโนทัศน์ที่นักเรียนแสดงออกมาค่อนข้างไปทาง เรื่อง มิวเทชันเป็นส่วนใหญ่ ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 กล่าวว่า "ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ยังไม่ค่อยนำไปสู่มโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 3 ธันวาคม 2558) และครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 กล่าวว่า "ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ค่อนข้างไปทาง เรื่อง มิวเทชันมากกว่า" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 3 ธันวาคม 2558) ดังนั้นการเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้นจึงสำคัญ ครูอาจเลือกใช้ประเด็นที่เจาะจงแค่มโนทัศน์เดียว หรืออาจจะใช้ประเด็นที่สามารถอธิบายและเชื่อมโยงหลายมโนทัศน์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการจัดการของครู และความสามารถในการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนในห้องด้วย และจากการตอบคำถามในใบงานที่ 3 ของนักเรียนก็พบว่า นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องมิวเทชันด้วย ดังตัวอย่างข้อความในการตอบคำถามของนักเรียนในกรอบ

3. บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ พร้อมแสดงเหตุผลประกอบ

..... บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็ง..... เพราะในบุหรี่มี PG และ VG เป็นส่วนผสม.....
 จากการสืบค้นพบว่า มีงานวิจัยว่า FDA จะมีการรับรองว่าให้ผลิตภัณฑ์นั้นปลอดภัย..... แม้ก็แสดงว่ามีความ.....
 กระทั่งเมื่อมี PG และ VG อยู่..... เมื่อผลไม่ไปในทิศทางที่ปลอดภัย.....
 ของ DNA ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ผิดปกติ และเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยเมื่อมีการจำลอง.....
 DNA จากส่วนที่ผิดปกติ จะทำให้ DNA ส่วนใหม่มีลักษณะผิดปกติ เมื่อรวมกันแบบผิดปกติ.....
 และเมื่อมีการแบ่งตัวเริ่มขึ้น..... DNA ที่ผิดปกติก็จะเกิดการส่งผ่าน ทำให้ของเกิดใหม่ในเซลล์.....
 ผลลัพธ์จะพัฒนาจนเป็นมะเร็งได้.....

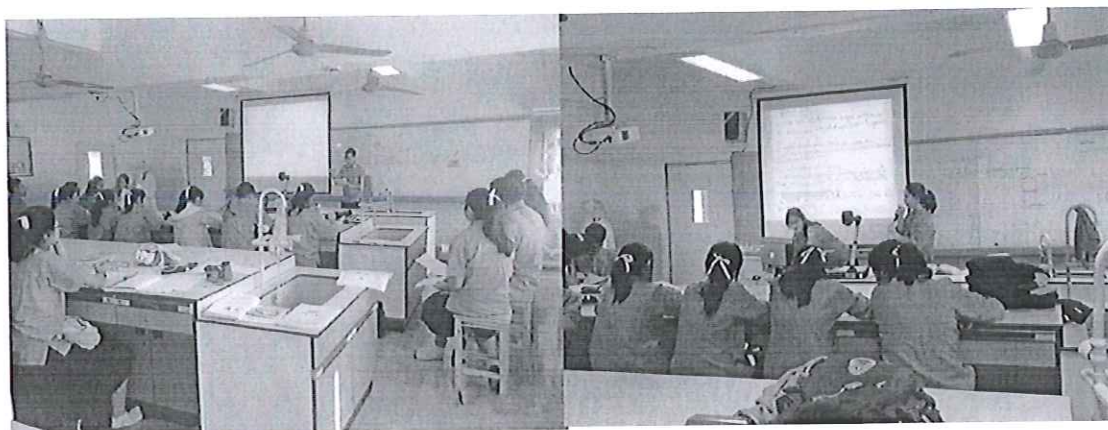
ภาพ 7 แสดงการตอบคำถามในใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้า
ก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่

ประกอบกับการสะท้อนคิดของนักเรียนทำให้เห็นว่าประเด็นทางสังคมยังไม่นำไปสู่
 มโนทัศน์การจำลองดีเอ็นเอเท่าที่ควร ดังข้อความในแบบสะท้อนคิด “ควรหาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ
 การจำลองดีเอ็นเอ มากกว่านี้” (นักเรียน S12, ผู้สะท้อนคิด, 11 ธันวาคม 2558)

3.2 การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมมีขั้นตอนซับซ้อน นักเรียนควรได้ฝึกหรือ
 เรียนรู้ถึงขั้นตอนการโต้แย้งก่อนเริ่มปฏิบัติจริง จะเห็นจากวงรอบที่ 1 การจัดกิจกรรมยังไม่สิ้นไหล
 เนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจวิธีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูที่สอนชีววิทยาจึงมีการสะท้อนผลว่า
 ให้มีการสาธิตหรืออธิบายวิธีการโต้แย้งให้นักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มทำกิจกรรม ดังข้อความ
 การสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 “ครูอธิบายวิธีการโต้แย้งยังไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียน
 ยังไม่ค่อยเข้าใจวิธีการโต้แย้ง ครูควรอธิบายวิธีการโต้แย้งให้นักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มทำกิจกรรม หรือ
 อาจสาธิตก่อน” (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 3 ธันวาคม 2558) เมื่อเปรียบเทียบกับวงรอบที่ 3 ที่มี
 บรรยายภาคในชั้นเรียนสิ้นไหล สนุกสนาน และผ่อนคลายมากขึ้น ตามการสะท้อนผลของครูที่สอน
 ชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน ข้อความจากแบบสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 คือ “บรรยายภาค
 สนุกสนาน นักเรียนรู้บทบาทของตัวเองทำให้กิจกรรมออกมาสิ้นไหล” (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 3,
 22 ธันวาคม 2558) และในขณะที่โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิด
 เห็นกันอย่างเต็มที่ หากมีประเด็นไหนที่ไม่ชัดเจนหรือขาดหายไป ครูสามารถใช้คำถามเพื่อถาม
 ความเข้าใจและเหตุผลของนักเรียนได้ ตัวอย่างคำถามที่ผู้วิจัยใช้ในวงรอบที่ 3 เช่น “35s promoter

คืออะไรคะ ทำไมถึงมีในพืช GM" คำตอบของนักเรียนจะแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์เรื่อง โครงสร้างของยีน ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งแผนการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ผู้วิจัยยังมีการใช้คำถามไม่มากนัก และมีการปรับจนมีการสะท้อนผลในวงรอบที่ 3 จากครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ว่า "ครูมีการใช้คำถามสอดแทรกเพื่อให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของเนื้อหาที่นำมาได้แย่ง เพื่อให้เข้าใจความหมายของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์บางคำได้ชัดเจนขึ้น จะช่วยทำให้นักเรียนเชื่อมโยงประเด็นการโต้แย้งได้ดีขึ้น และเข้าใจเนื้อหามากขึ้น เช่น ตอนที่นักเรียนกล่าวถึงสารที่จะตรวจพบในพืช GMO แล้วครูถามเพิ่มเติมว่าสารนั้นคืออะไร ทำไมถ้าเป็น GMO ต้องเจอทุกครั้ง" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 3, 22 ธันวาคม 2558)

3.3 การกำหนดเวลาในการโต้แย้งเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะไปกระทบต่อการเรียนในคาบอื่นๆ ของนักเรียน ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการเตือนเวลาด้วยสัญญาณกริ่ง และให้นักเรียนจับเวลากันเอง ตามคำแนะนำของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 "ควรมีการควบคุมเวลาขณะโต้แย้ง โดยให้สมาชิกแต่ละฝ่ายจับเวลาของฝ่ายตรงข้าม" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 1 ธันวาคม 2558) ซึ่งในขณะปฏิบัติกิจกรรมนอกจากควบคุมชั้นเรียนแล้วผู้วิจัยยังทำหน้าที่บันทึกสาระสำคัญจากการโต้แย้งบนกระดาน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเรื่องกับวิทยาศาสตร์ และนักเรียนจะได้ทบทวนความรู้หรือความคิดเห็นหลังจากกิจกรรมโต้แย้งเสร็จสิ้น ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน ข้อความจากแบบสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 คือ "ควรมีการเขียนประเด็นแต่ละประเด็นที่สรุปจากการโต้แย้งไว้บนกระดาน" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 11 ธันวาคม 2558) ในการจัดกิจกรรมทั้ง 3 วงรอบ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบการโต้แย้งและแจ้งให้นักเรียนทราบทุกครั้ง ตัวอย่างเช่น วงรอบที่ 1 การโต้แย้งจะครอบคลุมในเรื่อง ผลของบุหรี่ไฟฟ้าต่อสุขภาพ และโยงเข้าเรื่องผลของบุหรี่ไฟฟ้าต่อสังคมและเศรษฐกิจด้วย วงรอบที่ 2 การโต้แย้งจะครอบคลุมในเรื่อง ผลกระทบต่อผู้ป่วยผลกระทบด้านจริยธรรม และข้อจำกัดของการใช้ยีนรักษาโรค และวงรอบที่ 3 การโต้แย้งจะครอบคลุมในเรื่อง ผลของจีเอ็มโอต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม



ภาพ 8 แสดงภาพบรรยากาศในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการโต้แย้งในประเด็น

จากการจัดกิจกรรม ผู้วิจัยพบว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการควบคุมชั้นเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมด้านต่างๆ รวมไปถึงมโนทัศน์ในเรื่องนั้นออกมา หากมีการขัดแย้งกันทางความคิดนักเรียนจะแสดงออกมาให้เห็นในขณะโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

4. ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากหลักฐานในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในชั้นเรียนที่ครูเขียนบนกระดานหน้าห้อง หากมีประเด็นที่ขาดหายนักเรียนสามารถเสนอเพิ่มเพื่ออภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปประเด็นที่แต่ละกลุ่มได้รับจากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นนักเรียนสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในบันทึกการเรียนรู้ เป็นการสรุปมโนทัศน์ของนักเรียนแต่ละคน สำหรับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้มองเห็นตัวเองว่าในระหว่างการโต้แย้งที่ผ่านมา นักเรียนได้แสดงมโนทัศน์ที่ผิดหรือถูกใดออกมาบ้าง ซึ่งในวงรอบที่ 1 ผู้วิจัยไม่ได้บันทึกสาระสำคัญของการโต้แย้งบนกระดาน จึงส่งผลต่อการสรุปในขั้นนี้ ในวงรอบที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยจึงได้บันทึกสาระสำคัญสำคัญบนกระดานตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 ที่ว่า "ควรมีการสรุปประเด็นแต่ละประเด็นที่เกิดจากการโต้แย้งที่บันทึกไว้บนกระดาน" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 11 ธันวาคม 2558) และควรมีการประเมินมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังการปฏิบัติกิจกรรมโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยเลือกใช้บันทึกการเรียนรู้ ที่มีรูปแบบเป็นการเขียนบรรยาย การวาดภาพ และการเติมคำในแผนผังความคิด มาประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล และให้ทำใน

ชั้นเรียนเท่านั้น เพื่อป้องกันการคัดลอกงานของนักเรียน ซึ่งครูสามารถปรับรูปแบบการประเมินให้เหมาะสมกับนักเรียนและเนื้อหาที่เรียนได้

1. จงวาดภาพหรืออธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication) จากดีเอ็นเอสายคู่ที่กำหนดให้

กำหนดให้

วาดภาพ	เขียนอธิบาย
	ดีเอ็นเอสายคู่ DNA พวง ดูก่อนจะจำลองกัน โดย เอนไซม์ helicase คล้ายไขว้น ไปเกาะ แล้วไม่ใช้ไขว้กันหลัก เอนไซม์จำลอง DNA ให้เข้าคู่กัน โดย A คู่กับ T และ C คู่กับ G

ภาพ 9 แสดงตัวอย่างคำถามและการตอบคำถามของนักเรียน S3
ในบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

4.2 ในชั้นนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสรุปการโต้แย้ง ในวงรอบที่ 1 ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สรุปการโต้แย้งของนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่มีส่วนร่วมมากนัก จึงมีการปรับในวงรอบที่ 2 และ 3 ให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งมากขึ้น ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 1 ที่กล่าวว่า “นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการสรุปประเด็น” (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 1, 11 ธันวาคม 2558) ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการขออาสาสมัครในการช่วยสรุปการโต้แย้ง หากนักเรียนไม่มีความกล้าแสดงออกวิธีการเช่นนี้จะใช้ไม่ได้ผลมากนัก ซึ่งครูสามารถปรับใช้วิธีอื่นในการสรุปให้เหมาะสมกับนักเรียนได้ เช่น การสร้างแผนผังความคิด เป็นต้น ตามการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 1 ที่กล่าวว่า “อาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสรุปการโต้แย้งแบบอื่นๆ

เช่น การทำ concept map เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง" (แบบสะท้อนผลวงรอบที่ 2, 15 ธันวาคม 2558)

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามวิจัย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคม ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างไร

ผู้วิจัยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียนในแต่ละวงรอบ โดยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้บันทึกการเรียนรู้ และหลังเรียนครบ 3 วงรอบ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ แบบวัดมโนทัศน์ ชนิดคำถามปลายเปิด ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ซึ่งครอบคลุมมโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ 7 มโนทัศน์ ได้แก่

มโนทัศน์ที่ 1 การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

มโนทัศน์ที่ 2 การถอดรหัส (Transcription)

มโนทัศน์ที่ 3 รหัสพันธุกรรม (Genetic code)

มโนทัศน์ที่ 4 การแปลรหัส (Translation)

มโนทัศน์ที่ 5 มิวเทชัน (Mutation)

มโนทัศน์ที่ 6 เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)

มโนทัศน์ที่ 7 พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering)

จากนั้น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มความเข้าใจมโนทัศน์ออกเป็น 5 กลุ่ม ตามเกณฑ์ของ Westbrook and Marek (1992) ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)

กลุ่มที่ 2 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)

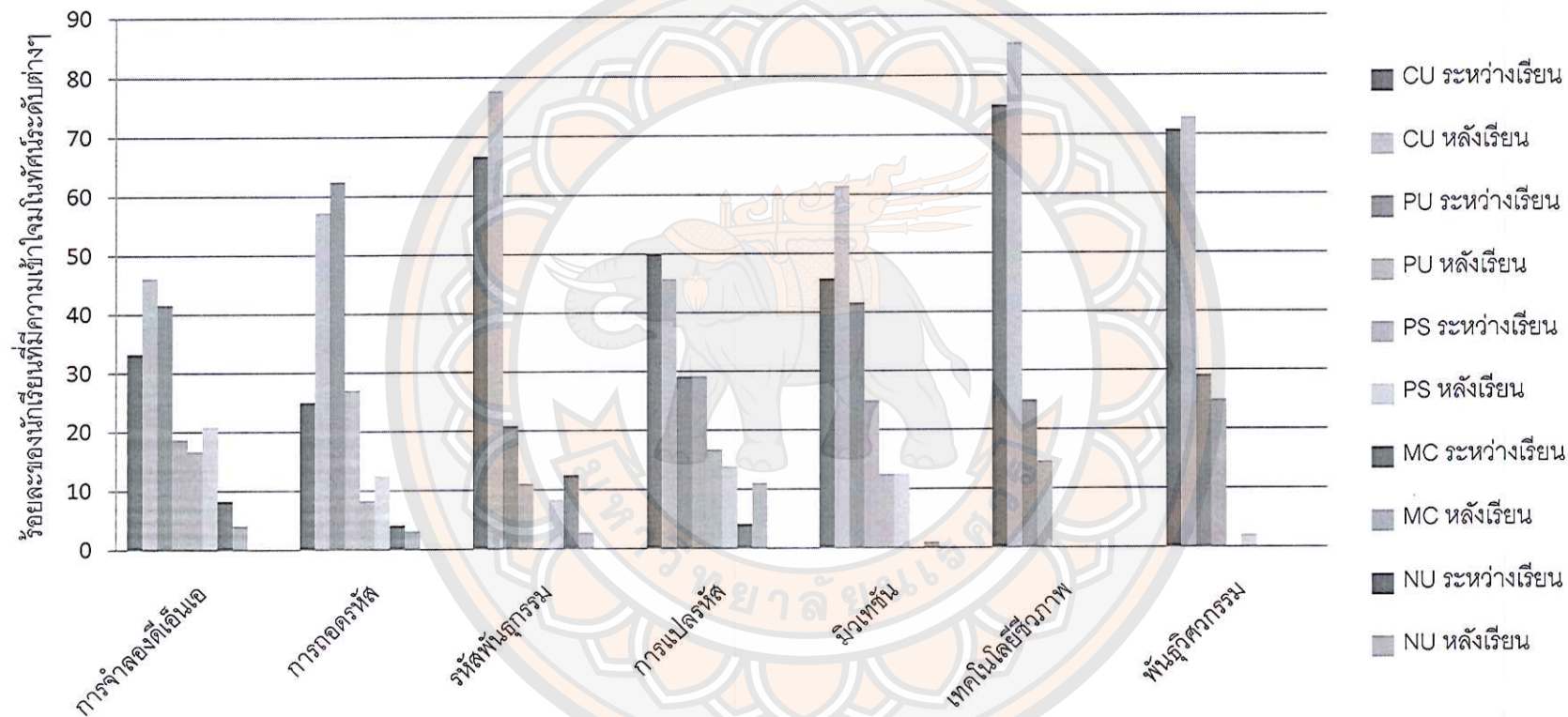
กลุ่มที่ 3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception: PS)

กลุ่มที่ 4 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน (Misconception: MC)

กลุ่มที่ 5 ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (No Understanding: NU)

ในการรายงานผลการวิจัยจะนำเสนอ มโนทัศน์ของนักเรียนในภาพรวมทั้งระหว่างเรียน แต่ละวงรอบและหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากนั้นจึงนำเสนอโดยเรียงลำดับแต่ละมโนทัศน์ ดังต่อไปนี้

ความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนระหว่างและหลังเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (N=24)



ภาพ 10 แสดงความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียนระหว่างและหลังเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ที่ 1 การจำลองดีเอ็นเอ (DNA replication)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนจบวงจรที่ 1 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นบุรีไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งหรือไม่ จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงจร จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับ สมบูรณ์ (CU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน บางส่วน (PS)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์ (NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
	ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้									
	8	33.33	10	41.67	4	16.67	2	8.33	0	0
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้										
1	13	54.17	5	20.83	6	25	0	0	0	0
2	14	58.33	4	16.67	4	16.67	2	8.33	0	0
เฉลี่ย		56.25		18.75		20.83		4.17		0

จากตาราง 6 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 41.67 รองลงมา คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 33.33 ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 16.67 และความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8.33 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ ถึงร้อยละ 56.25 รองลงมา คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 20.83 ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 18.75 และมีนักเรียนที่ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนเพียง ร้อยละ 4.17 โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โดยโจทย์ที่นักเรียนได้ทำจะให้นักเรียนได้วาดภาพพร้อมอธิบายขั้นตอนการจำลอง ดีเอ็นเอโดยครูมีภาพตั้งต้นมาให้นักเรียน 1 รูป ดังภาพ

วาดภาพ	เขียนอธิบาย
	ดีเอ็นเอสายคู่

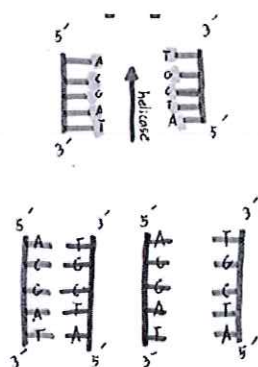
ภาพ 11 แสดงคำถามในบันทึกการเรียนรู้เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศน์ในระดับถูกต้องร้อยละ 33.33 โดยนักเรียนสามารถวาดภาพและเขียนอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า ดีเอ็นเอสายคู่จะคลายเกลียวแยกออกจากกัน เพื่อให้ได้ดีเอ็นเอสายเดี่ยว 2 สาย ดีเอ็นเอแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ โดยดีเอ็นเอสายใหม่จะมีทิศทางการต่อนิวคลีโอไทด์จาก 5' ไป 3' เสมอ ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกันกับสายแม่แบบ และเบสของดีเอ็นเอสายใหม่จะเป็นเบสคู่สมกับเบสของแม่แบบ คือ A คู่กับ T และ G คู่กับ C ทำให้ได้ดีเอ็นเอสองสายที่มีลำดับเบสเหมือนเดิมทุกประการ สุดท้ายจะได้ดีเอ็นเอเกลียวคู่ ที่มีสายดีเอ็นเอแม่แบบ 1 สายรวมกับสายดีเอ็นเอใหม่ 1 สาย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“DNA สายคู่ถูกแยกออกจากกัน โดยเอนไซม์ helicase แล้วมีโปรตีนไปเกาะ เพื่อไม่ให้เข้าคู่กันอีก เกิดการจำลอง DNA ให้เข้าคู่เบสกัน โดย A คู่กับ T และ C คู่กับ G ทิศทาง 5' ไป 3' เสมอ” (S3, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)



ภาพ 12 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S3
ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

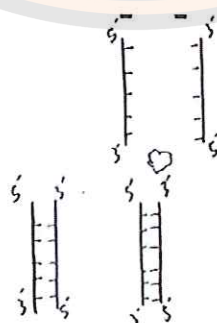
"ดีเอ็นเอสายคู่เกิดการแยกตัว โดยมีโปรตีนชนิดหนึ่งเข้ามากันไม่ให้เข้าไปจับกันได้อีก แล้วสายดีเอ็นเอหนึ่งจะไปเป็นแม่แบบเพื่อสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ โดยสร้างจาก 5' ไป 3' เสมอ และจับคู่เบสคู่สม A คู่กับ T และ G คู่กับ C ซึ่งดีเอ็นเอที่สร้างใหม่เป็นแบบกึ่งอนุรักษ์" (S10, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 41.67 โดยสามารถอธิบายหรือวาดภาพการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 1 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดประเด็นเบสคู่สม คำตอบของนักเรียน คือ

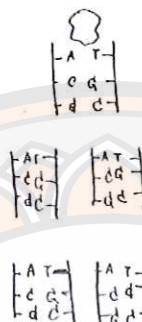
"ดีเอ็นเอสายคู่แยกออกจากกัน และสังเคราะห์ DNA ขึ้นมาใหม่ เส้น DNA สร้างจาก 5' ไป 3' เสมอ โดยเส้นนำสามารถสร้างต่อยาวแบบไม่หยุด ส่วนเส้นตามต้องสร้างเป็นท่อนๆ แล้วนำมาต่อกัน" (S23, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)



ภาพ 13 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S23
ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 9 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดประเด็นทิศทางการจำลองดีเอ็นเอสายใหม่ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ

"DNA แยกออกจากกันโดยมีเอนไซม์ เฮลิเคส เป็นตัวทำให้แยกออก แล้วมีการจำลอง DNA ขึ้นมาอีก 1 สาย เพื่อจับคู่กับแม่แบบ ทำให้มี DNA เพิ่มขึ้นอีก 1 เท่าตัว" (S18, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)



ภาพ 14 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ของนักเรียน S18
ความเข้าใจในทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 16.67 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ แต่ยังมีส่วนคลาดเคลื่อนอยู่ แบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 3 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ แต่สับสนเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการจำลองดีเอ็นเอทำให้ความเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียน S8 และ S22 เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า Single-stand DNA binding เป็นโปรตีนที่สร้างดีเอ็นเอสายใหม่ ซึ่งจริงๆ เป็นโปรตีนที่ป้องกันการพันเกลียวกลับของดีเอ็นเอ ส่วนนักเรียน S24 เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า Primer จะมาสร้างดีเอ็นเอสายตาม ซึ่งในความเป็นจริงเป็นเพียงเพียงจุดเริ่มต้นในการสร้างดีเอ็นเอสายตามเท่านั้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"เอนไซม์ Helicase ตัดพันธะ H ออกเป็น 2 สาย โปรตีน SSB มาจับเพื่อใช้เกาะกับคู่เบสสายถัดไป สร้าง DNA อีกสายที่มีเบสคู่สมกับสายแม่แบบ เกิดเป็น DNA 2 สายใหม่ (สายคู่)" (S8, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

“ดีเอ็นเอสายคู่ถูกแยกสายโดยเอนไซม์ Helicase และสร้างสาย DNA ขึ้นมาใหม่ มาจับกับสาย DNA ที่โดนแยกออก โดย Single-stand DNA binding โดยสร้างจาก 5' ไป 3'” (S22, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

“ดีเอ็นเอสายคู่แยกตัวออกจากกันโดยเอนไซม์เฮลิเคสไปทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบส ทำให้ DNA แยกออกเป็นสายเดี่ยว แล้วมีเอนไซม์ Polymerase มาทำการสังเคราะห์ DNA สายหลัก และมี primer มาสังเคราะห์ DNA สายรอง ทำให้ได้ DNA สายใหม่ 2 สาย แบบกึ่งอนุรักษ์” (S24, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสายดีเอ็นเอใหม่จะเหมือนแม่แบบทุกประการ ซึ่งในความเป็นจริง สายที่สร้างขึ้นใหม่จะเข้าคู่กันระหว่างเบสคู่สมของสายแม่แบบ คำตอบของนักเรียน คือ

“โปรตีน helicase เป็นตัวทำลายพันธะไฮโดรเจนของ DNA พอ DNA แยกออกจากกัน ก็มีการจำลองตัวเองขึ้นมาใหม่ โดยเหมือนกับแม่แบบทุกประการ โดยมีการสร้างจาก 5' ไป 3' เสมอ” (S20, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 โดยนักเรียนเข้าใจขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอคลาดเคลื่อน นักเรียน S6 เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ดีเอ็นเอสายใหม่จะสร้างสลับทิศทางเสมอ แต่ในความเป็นจริงดีเอ็นเอสายใหม่ จะสร้างจากทิศ 5' ไป 3' เสมอ และนักเรียน S2 ใช้คำศัพท์สับสน ระหว่างเรื่องการแบ่งเซลล์และการจำลองดีเอ็นเอ คำตอบของนักเรียน คือ

“มีโปรตีนบางชนิดมาช่วยในการสังเคราะห์ DNA ถ้าสาย 5' ไป 3' จะสร้างจาก 3' ไป 5' ถ้าสาย 3' ไป 5' จะสร้างจาก 5' ไป 3'” (S6, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

“เกิดการแบ่งเซลล์ มีเอนไซม์เฮลิเคสแบ่ง เกิดการสร้างสาย DNA ให้มาเข้าคู่กัน” (S2, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ

คำถามข้อที่ 1 ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอจากสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่กำหนดให้ โดยกำหนดให้ต้องเขียนลำดับเบสของดีเอ็นเอใหม่ที่เกิดขึ้นและระบุว่าสายใดเป็นสายแม่แบบ สายใดเป็นสายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่

5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3'

3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5'

โดยมีคำตอบที่แสดงมโนทัศน์ในแต่ละประเภท ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 54.17 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ โดยอธิบายว่า สายดีเอ็นเอเกลียวคู่จะถูกแยกออกโดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบส A กับ T และ G กับ C ดีเอ็นเอแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ และเบสคู่สม ได้แก่ A คู่กับ T และ G คู่กับ C คือ

5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3' สายแม่แบบ

3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' สายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่

3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' สายแม่แบบ

5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3' สายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่

การจำลองดีเอ็นเอจะมีตำแหน่งที่เป็นจุดสิ้นสุดเพื่อหยุดการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

1. helicase. สลายพันธะไฮโดรเจนเพื่อเปิดสาย DNA และคลายกัน 2. SSB. มกัณ DNA ที่สลายแล้วไม่ให้กลับไปยังที่เดิม
4. DNA Polymerase. สร้างสายใหม่ให้ตรงกับพลาแม่แบบ 4. ได้ DNA สายใหม่ที่มีลักษณะเหมือนพลาแม่แบบทุกประการ
DNA แม่แบบ 5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3'
DNA สายใหม่ 3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' DNA จะสังเคราะห์จาก
DNA แม่แบบ 3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' 5-3' เสมอ
DNA สายใหม่ 5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3'

S16, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ภาพ 15 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ข้อ 1 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

และมีนักเรียนที่ถูกสัมภาษณ์เพิ่ม เนื่องจาก คำตอบของนักเรียนไม่สามารถจำแนกมโนทัศน์ได้จำนวน 1 คน คือ S1 จึงต้องให้นักเรียนอธิบายการจำลองดีเอ็นเอจากปากเปล่า ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมโนทัศน์และบทสนทนาระหว่างการสัมภาษณ์ คือ

แม่แบบ 5' A G T A G C C G A G C A T T G C A C T G³
 คู่แม่แบบ 3' T C A T C G G C T C G T A A C G T G A C⁵
 แม่แบบ 5' A G T A G C C G A G C A T T G C A C T G³
 แม่แบบ 3' T C A T C G G C T C G T A A C G T G A C⁵

S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ภาพ 16 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ
 ข้อ 1 ของนักเรียน S1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

บทสนทนาระหว่างการสัมภาษณ์

ผู้วิจัย: อธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอให้ครู่ฟังหน่อยค่ะ

S1: ดีเอ็นเอสองสายนี้ (ชี้ในแบบวัดมโนทัศน์) จะแยกออกจากกัน ไปเป็นสายต้นแบบครบ
 แล้วก็จะมีการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ขึ้นมา 2 สาย

ผู้วิจัย: มีอะไรอีกไหมคะ

S1: มันจะเข้าคู่กันของเบสอะครับ อย่างนี้ A คู่กับ T และ C คู่กับ G ของสายใหม่และ
 สายเก่าครบ (บทสัมภาษณ์ของ S1, 11 มกราคม 2559)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 20.83 โดยสามารถ
 อธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดการอธิบายในประเด็นเบสคู่สมที่เข้าคู่กัน
 ระหว่างสายแม่แบบและสายใหม่ หรือนักเรียนไม่ได้วาดภาพตามที่โจทย์กำหนด ตัวอย่างคำตอบ
 ของนักเรียน เช่น

1. Helicase แยกแฉกสาย DNA โดยตัด H-bond
2. SSB จับทั้งสาย DNA เพื่อไม่ให้มันไปต่อกันอีก
3. Primase สร้าง primer เริ่มต้น
4. DNA polymerase สร้าง DNA สายใหม่ตามแม่แบบ (ได้ lagging strand และ Okazaki fragment) 5. ligase เชื่อมมันต่อกัน

S19, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

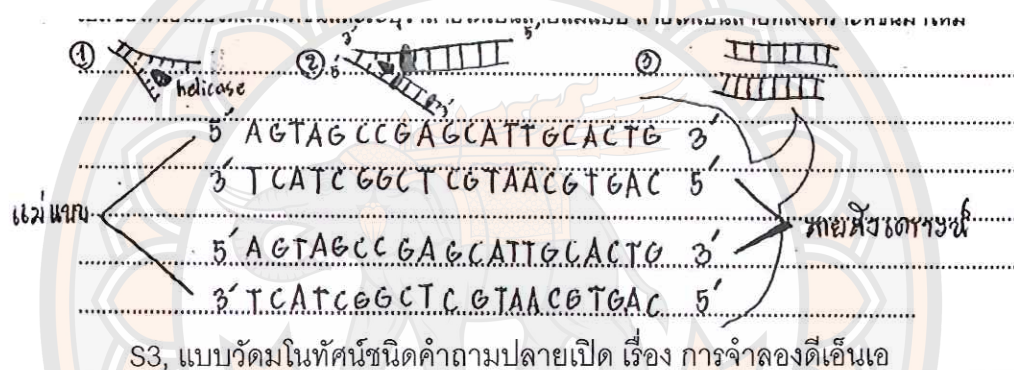
ภาพ 17 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ
 ข้อ 1 ของนักเรียน S19 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

"การจำลอง DNA จะคล้ายเกลียวของ DNA ก่อน หลังจากนั้นก็มีเอนไซม์ helicase ทำการสลายพันธะ hydrogen และมีเอนไซม์ทำให้สภาพ DNA ที่แยกออกไม่เข้าคู่กัน และก็จะมีการสร้างสาย DNA ใหม่ โดยเริ่มจาก 5' ไป 3' เสมอ" (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

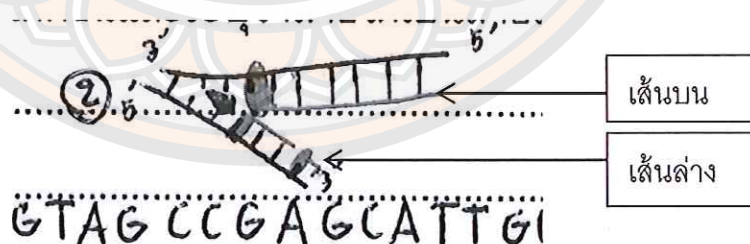
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 25 โดยสามารถอธิบายการจำลองดีเอ็นเอได้ แต่มีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 3 คน ที่อธิบายทิศทางการเกิดสายดีเอ็นเอใหม่ผิด โดยนักเรียนทั้ง 2 คน เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสายใหม่จะเกิดจาก 3' ไป 5' ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ



ภาพ 18 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน



จากภาพวาดของนักเรียน S3 จะเห็นว่า นักเรียนวาดเส้นสีแดงเส้นบนยาวเป็นเดี่ยว แสดงถึงความเข้าใจของนักเรียนที่คลาดเคลื่อนว่าดีเอ็นเอเส้นใหม่ต้องมีทิศทาง 3' ไป 5' ในขณะที่เส้นสีแดงข้างล่างวาดเป็นส่วนสั้นๆ ผู้วิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ในส่วนนี้คลาดเคลื่อนจริง แต่ขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอนักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างถูกต้อง

กลุ่มที่ 2 จำนวน 2 คน โดยทั้ง 2 คนนี้ไม่เขียนคำตอบลงในแบบวัดมโนทัศน์ จึงได้เรียกมาสัมภาษณ์ พบว่า นักเรียนทั้ง 2 คนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า แม่แบบในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ มีเพียงสายใดสายหนึ่งของดีเอ็นเอสายคู่เท่านั้น ตัวอย่างบทสัมภาษณ์ เช่น

ผู้วิจัย: อธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอให้ครูฟังหน่อยค่ะ

S12: เมื่อดีเอ็นเอแยกสายกัน จะมีเพียงเส้นเดียวค่ะที่ถูกใช้เป็นแม่แบบในการจำลองดีเอ็นเอสายใหม่ โดยสายใหม่จะสร้างจากฝั่ง 5' ไป 3'

ผู้วิจัย: มีอะไรอีกไหมคะ

S12: ค่ะ สายใหม่ที่เกิดขึ้นจะตามเบสคู่สมค่ะ A คู่กับ T G คู่กับ C ค่ะ (คำตอบบางส่วนจากการสัมภาษณ์ของ S12, 11 มกราคม 2559)

กลุ่มที่ 3 จำนวน 1 คน โดยนักเรียนอธิบายขั้นตอนและ เบสคู่สมได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนถึงหน้าที่ของโปรตีน Single-strand DNA-binding ว่าทำหน้าที่สร้างสายตาม

1. DNA แยกเป็น 2 สาย

2. DNA single strand 1 สายสร้างสายตาม

จะได้ 5' A G T A G C C G A G C A T T G C A C T 6' → สายทำ
3' T C A T C G G C T C G T A A C G T G A C 5' → สายตาม
3' T C A T C G G C T C G T A A C G T G A C 5' → สายทำ
5' A G T A G C C G A G C A T T G C A C T 6' → สายตาม

S15, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ภาพ 20 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ข้อ 1 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

คำถามข้อที่ 2 ถามว่า ยากลุ่ม Antimetabolites เป็นยาต้านมะเร็งที่ออกฤทธิ์โดยยับยั้ง S phase ของการแบ่งเซลล์ จงอธิบายว่ายากลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเออย่างไร และสามารถต้านมะเร็งได้อย่างไร

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 58.33 โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ โดยอธิบายว่า การจำลองดีเอ็นเอนี้เป็นการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอจะเกิดขึ้นในช่วง S phase ของระยะ Interphase ของการแบ่งเซลล์ ซึ่งหาก S phase ถูกยับยั้งกระบวนการจำลองดีเอ็นเอก็จะถูกยับยั้งด้วย ทำให้เซลล์ไม่พร้อมสำหรับการแบ่งเซลล์ต่อไป ไม่เฉพาะเซลล์มะเร็งแต่รวมถึงเซลล์อื่นๆ ด้วย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"การแบ่งเซลล์จะแบ่งกันในระยะ S phase ใน Interphase แล้วไปสู่การแบ่งเซลล์ หากเราหยุดตรงนี้ได้ก็จะไม่เกิดการจำลอง DNA" (S9, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"ยากลุ่มนี้จะช่วยหยุดการจำลอง DNA ที่เกิดในระยะ S phase ทำให้เซลล์ไม่สามารถแบ่งตัวต่อได้" (S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"ในระยะ S phase มีการเกิดกระบวนการ replication เกิดขึ้น ซึ่งยาในกลุ่มนี้จะเข้าไปยับยั้งกระบวนการ Replication ซึ่งทำให้สามารถต้านมะเร็งได้ กล่าวคือ 'ไปยับยั้งการจำลองดีเอ็นเอและแบ่งเซลล์ทุกเซลล์' (S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 16.67 โดยสามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดประเด็นที่แสดงว่า S phase เป็นระยะที่มีการจำลองดีเอ็นเอ ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

"ยากลุ่มนี้จะไปยับยั้งการแบ่งเซลล์ การเกิดมะเร็งจะมีการแบ่งเซลล์เป็นจำนวนมาก ทำให้สามารถต้านทานมะเร็งได้" (S15, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"ยากลุ่มนี้ เกี่ยวข้องในการช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์ ซึ่งจะเข้าไปยับยั้งในระยะ S phase ซึ่งจะสามารถยับยั้งเซลล์ไม่ให้เกิดการแบ่งเซลล์รวมถึงเซลล์มะเร็งด้วย" (S11, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 16.67 โดยสามารถอธิบายการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 3 คน ที่สามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่อธิบายเจาะจงไปว่าตัวยาจะเข้าไปยับยั้งเฉพาะเซลล์มะเร็ง ซึ่งในความเป็นจริง ยาจะเข้าไปยับยั้ง S phase ซึ่งเกิดกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ และเกิดขึ้นกับทุกๆ เซลล์ที่จะแบ่งตัว ไม่ใช่เฉพาะเซลล์มะเร็งเท่านั้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ยาตัวนี้จะไปยับยั้ง S phase ของการแบ่งเซลล์ ที่เป็นเซลล์มะเร็ง ก็จะทำให้การจำลอง DNA ของเซลล์มะเร็งหยุดการจำลอง DNA ทำให้เซลล์มะเร็งไม่เพิ่มจำนวน" (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"ทำให้การจำลอง DNA ของเซลล์มะเร็งเท่านั้นหยุดลง และทำให้ไม่สามารถแบ่งตัวได้อีก" (S20, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"จะไม่เกิด DNA Replication และไม่เกิดการ transcription ของเซลล์มะเร็ง ทำให้ไม่เกิดการสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง" (S22, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน ที่สามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสารก่อมะเร็งจะถูกยับยั้ง และต้านมะเร็งได้ แต่ในความเป็นจริงคือ เมื่อการจำลองดีเอ็นเอในระยะ S phase ไม่เกิดขึ้น จึงไม่มีสารพันธุกรรมที่เพียงพอสำหรับการแบ่งเซลล์ เซลล์ก็จะไม่ถูกแบ่งตัวรวมถึงเซลล์มะเร็งด้วย คำตอบของนักเรียน คือ

"เกี่ยวข้องกับการจำลอง DNA คือ การแบ่งตัวจำลองตัวเองของ DNA เมื่อยาออกฤทธิ์ยับยั้ง S phase ของการแบ่งเซลล์ ทำให้ DNA ไม่สามารถจำลองตัวเองได้ และเมื่อมีสารที่ทำให้ก่อมะเร็ง ก็จะทำให้ไม่สามารถเกิดเป็นมะเร็งขึ้นมาได้ ทำให้สามารถต้านมะเร็งได้" (S23, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8.33 โดยนักเรียนไม่เข้าใจว่ากระบวนการจำลองดีเอ็นเอเกี่ยวข้องกับอย่างไรกับ S phase และอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับการจำลองดีเอ็นเอไม่ถูกต้อง และมีความสับสนกับเรื่องอื่นๆ ในวิชา พันธุศาสตร์ คำตอบของนักเรียน คือ

"ช่วยในการจัดเรียงเบส ทำให้เบสเรียงตัวปกติ และแบ่งเซลล์ปกติและไม่เกิดเซลล์มะเร็งขึ้น" (S7, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

"ยากกลุ่ม Antimetabolites จะไปทำให้ยีนที่เกิดมะเร็งหยุดการ transcription ตัวเองหรือหยุดการ copy ตัวเอง หรือช่วยให้มัน copy ตัวเองน้อยลง" (S17, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ)

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 1-2 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ ร้อยละ 56.25 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ แต่ยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 4.17

มโนทัศน์ที่ 2 การถอดรหัส (transcription)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนจบวงจรรอบที่ 2 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นการใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงจรอบ จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์ (CU)		ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)		ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)		ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจในมโนทัศน์ (NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
	ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้		ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้		ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้		ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้		ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้	
	6	25	15	62.5	2	8.33	1	4.17	0	0
3	15	62.5	6	25	3	12.5	0	0	0	0
4	13	54.17	4	16.67	6	25	1	4.17	0	0
5	9	37.5	12	50	3	12.5	0	0	0	0
6	18	75	4	16.67	0	0	2	8.33	0	0
เฉลี่ย	57.29		27.08		12.5		3.13		0	

จากตาราง 7 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การถอดรหัส นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 62.5 รองลงมา คือ ความเข้าใจ

มโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 25 ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.17 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ ถึงร้อยละ 57.29 รองลงมาคือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 27.08 ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และ ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนเพียง ร้อยละ 3.13 โดยรายละเอียด มีดังต่อไปนี้

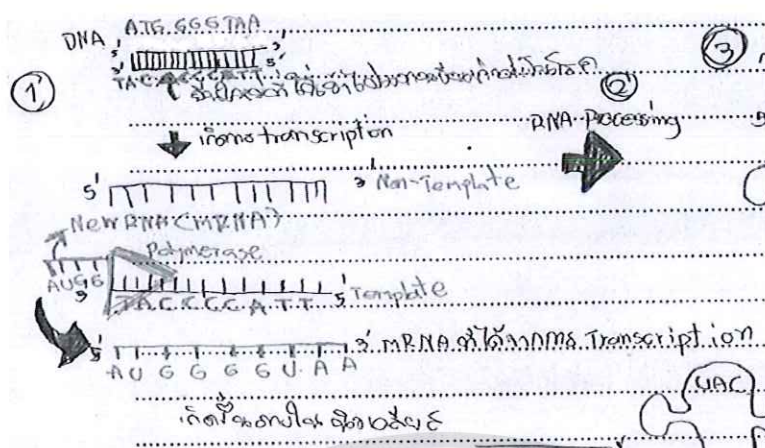
ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โดยโจทย์ที่นักเรียนได้ทำจะเกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้แย้งในชั้นเรียน ถ้ามองว่า หากไผ่ยีนใหม่เข้าไปเพื่อรักษายีนที่ผิดปกติ ยีนใหม่จะเข้าไปทำหน้าที่ทดแทนและจะควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน อยากทราบว่ายีนใหม่นั้นจะมีกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนอย่างไร และส่งผลต่อการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร (สามารถวาดภาพประกอบได้) โดยจะจัดความเข้าใจมโนทัศน์ 3 เรื่อง คือ การถอดรหัส รหัสพันธุกรรม และการแปลรหัส แต่ในส่วนนี้จะกล่าวถึงเฉพาะมโนทัศน์ เรื่อง การถอดรหัส โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

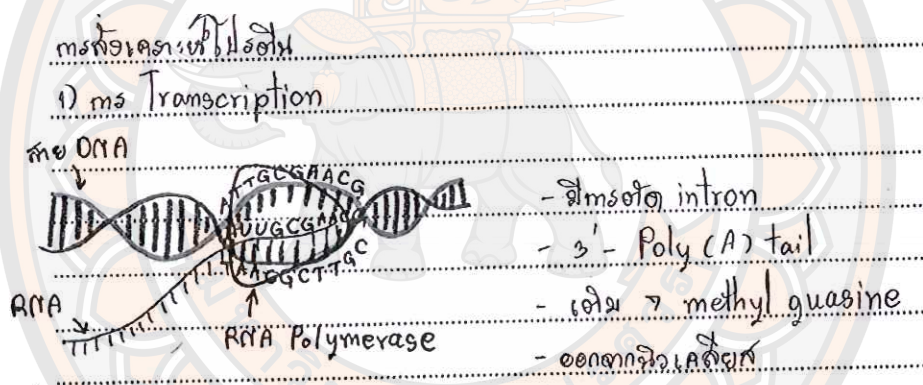
นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 25 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการถอดรหัส ได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า กระบวนการถอดรหัส (transcription) เป็นกระบวนการที่ยีนหรือ DNA ถ่ายทอดข้อมูลพันธุกรรมให้ mRNA โดยใช้ดีเอ็นเอเป็นแม่แบบเพียงสายเดียว และ mRNA จะเข้าสู่กระบวนการ RNA modification คือการเติม 5' cap และ poly A tail และตัด intron คำตอบของนักเรียน คือ

“การถอดรหัสจะใช้สาย DNA เป็นแม่แบบเพียงสายเดียว ในการสร้าง mRNA จาก 5' ไป 3' เมื่อหยุดสร้าง mRNA จะแยกออกจาก DNA แล้วเข้าสู่กระบวนการ processing คือ การตัด Intron และเติมหัวท้าย ด้าน 5' และ poly A-tail ที่ 3'” (S9, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส)



S8, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 21 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S8 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์



S14, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส

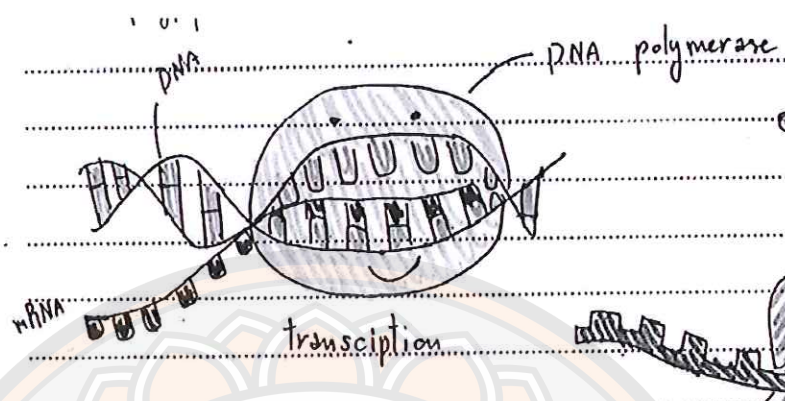
ภาพ 22 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S14 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

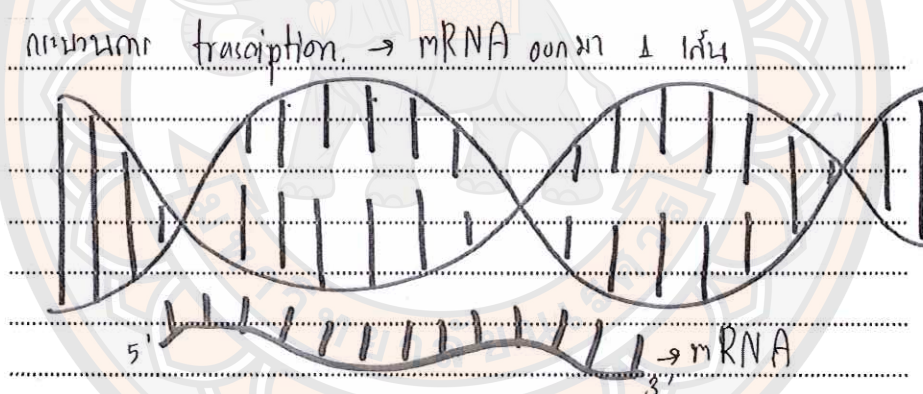
นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 54.17 โดยสามารถอธิบายหรือวาดภาพการถอดรหัสได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 11 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดประเด็นการทำ RNA modification คือการตัด intron และเติม 5' cap และ poly A tail 3' สำหรับเซลล์ยูคาริโอต ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ

"กระบวนการ transcription จะถอดรหัสจากสาย DNA เป็น mRNA" (S18, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส)



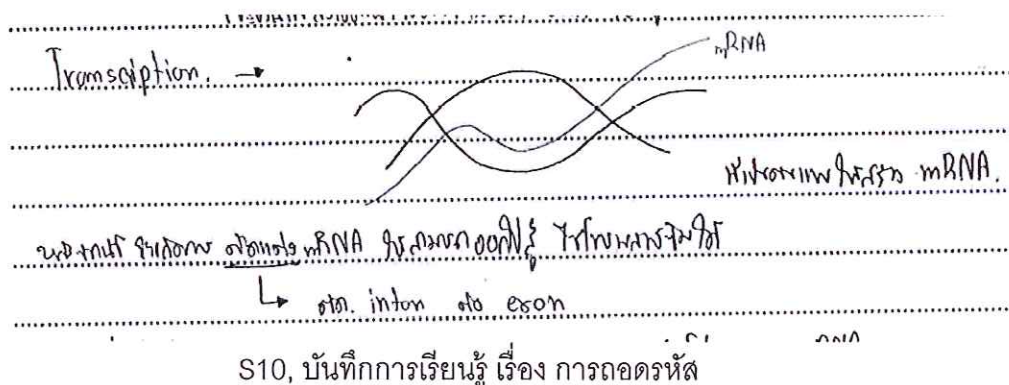
ภาพ 23 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S18 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์



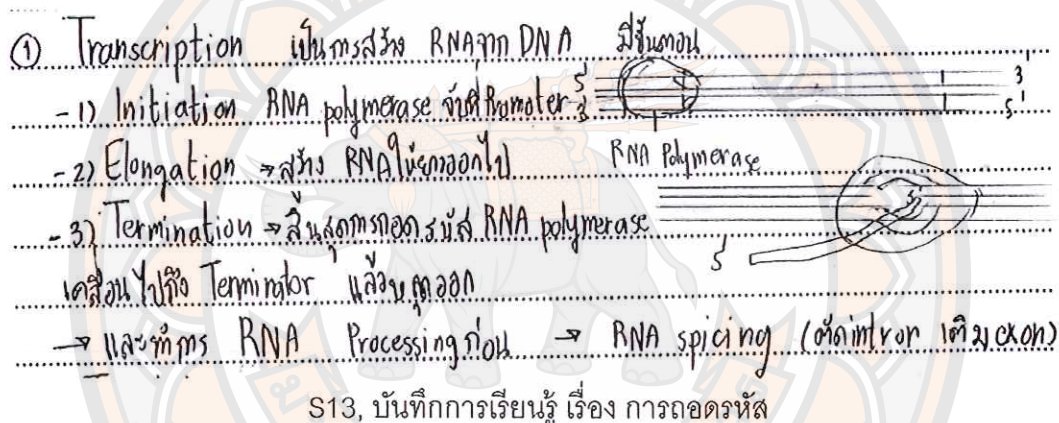
S21, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 24 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S21 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 4 คน ที่สามารถอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง และอธิบายถึงการตัด intron ของ pre RNA แต่ขาดประเด็นการเติม 5' cap และ poly A tail 3' ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ



ภาพ 25 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S10 ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์



ภาพ 26 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
ของนักเรียน S13 ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศนในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 8.33 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการถอดรหัสได้ แต่ยังมีข้อมูลบางส่วนที่เข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ คือนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า RNA จะมาสร้างเป็น mRNA แต่ในความเป็นจริง mRNA คือ RNA ชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างมาจากกระบวนการถอดรหัส คำตอบของนักเรียน คือ

ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร (สามารถวาดภาพประกอบได้)
 ① Transcription คือ การสร้าง RNA จาก DNA โดย RNA สังเคราะห์
 ที่ mRNA ในไซโทพลาซึมได้หน้าไซโทพลาซึม Anticodon (tRNA)
 S5, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 27 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน
 ของนักเรียน S5 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

"DNA จะใช้เป็นแม่แบบในการถอดรหัสเป็น RNA แล้วไปสร้างเป็น mRNA เพื่อส่งไปยัง
 cytoplasm" (S17, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.17 โดยนักเรียนอธิบาย
 ขั้นตอนการถอดรหัสได้คลาดเคลื่อนทั้งหมด และมีการสับสนข้อมูลเรื่องการจำลองดีเอ็นเอและ
 การถอดรหัส คำตอบของนักเรียน คือ

"ยีนจะเข้า Replication สร้าง mRNA" (S7, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การถอดรหัส)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ

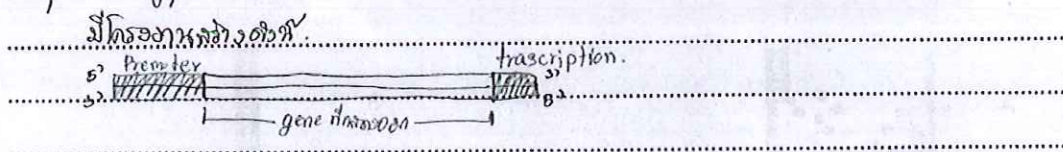
คำถามข้อที่ 3 ถามว่า ยีนคืออะไร และมีโครงสร้างอย่างไร (วาดภาพประกอบได้)

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 62.5 โดยนักเรียนสามารถ
 ให้ความหมายและบอกโครงสร้างของยีนได้ โดยอธิบายว่า ยีน คือ หน่วยที่ควบคุมลักษณะ
 พันธุกรรม เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งใน DNA โครงสร้างของยีนประกอบด้วย 3 ส่วน คือ Promoter
 structural gene และ Terminator ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

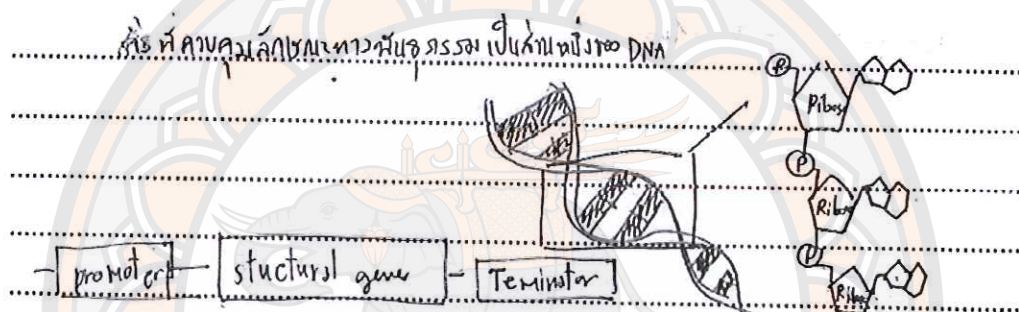
จีน คือ สั้นของ nucleotide บน สาย DNA ที่แสดงลักษณะ ออกมา ซึ่งไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะ จากข้อมูลต่อไปนี้



S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 28 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ข้อ 3 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์



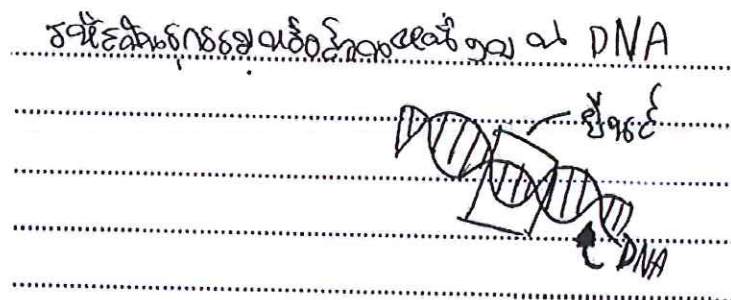
S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 29 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ข้อ 3 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

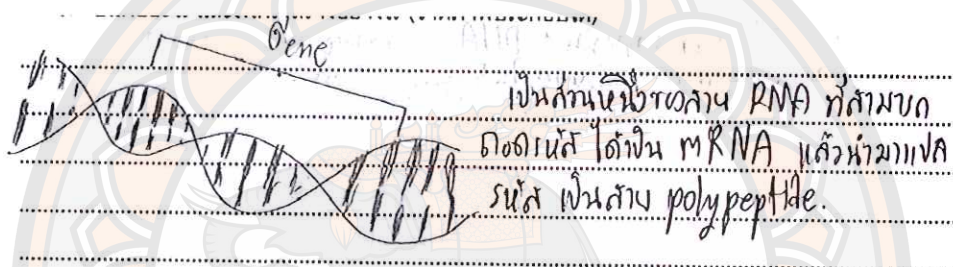
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 25 ซึ่งทั้ง 6 คน สามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องยีนหรือตำแหน่งที่ตั้งได้ แต่ขาดประเด็นที่แสดงโครงสร้างของยีน ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น



S8, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 30 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 3 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์



S21, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 31 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 3 ของนักเรียน S21 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

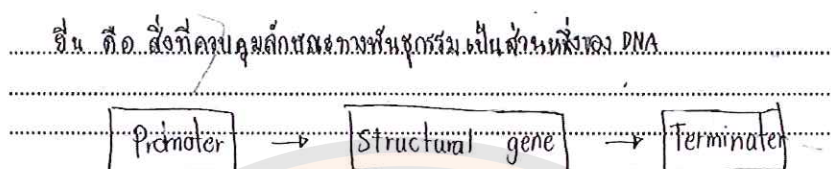
นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 12.5 แบ่งคำตอบ
ของนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 นักเรียนทั้ง 2 คน เข้าใจความหมายของคำว่า ยีนคลาดเคลื่อน นักเรียน S4
เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ยีน คือ สารใดสารหนึ่งที่คอยกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งจริงๆ แล้วยีน
คือ รหัสพันธุกรรมที่อยู่บนดีเอ็นเอที่สามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้ และนักเรียน S5
เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ต้องมีดีเอ็นเอหลายๆ สายมารวมกันจึงจะเกิดเป็นยีน คำตอบของนักเรียน
คือ

"ยีน คือ สารกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งอยู่ใน DNA" (S4, แบบวัดมโนทัศน์ชนิด
คำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

"ยีน คือ รหัสพันธุกรรมที่อยู่ในดีเอ็นเอ มีโครงสร้าง คือ ใน DNA หลาย DNA จะมียีนอยู่" (S5, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในส่วนของโครงสร้างของยีน โดยใช้ลูกศรในการวาดโครงสร้างของยีน แสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไป



S16, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 32 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 3 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

คำถามข้อที่ 4 ถามว่า จากลำดับนิวคลีโอไทด์ในสายดีเอ็นเอต้นแบบที่กำหนดให้ จงอธิบายขั้นตอนการถอดรหัส (transcription) พร้อมทั้งระบุลำดับนิวคลีโอไทด์ของ mRNA หลังจากผ่านกระบวนการถอดรหัส

3' ATAGGCCAAGTCGTG 5'

5' TATCCGGTTCAGCAC 3'

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

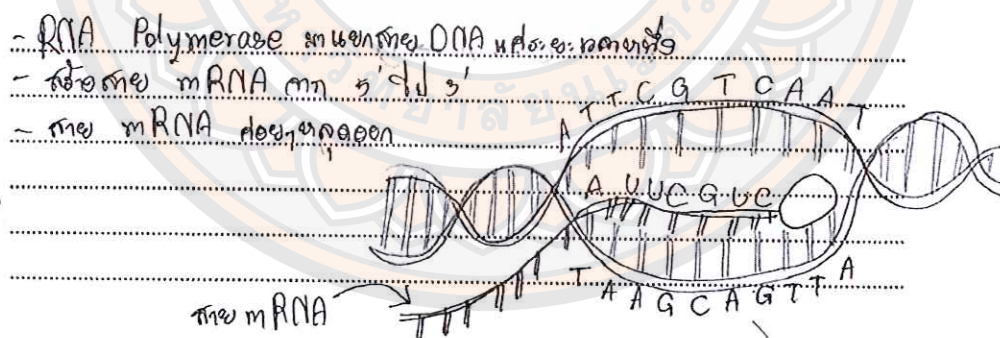
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 54.16 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการถอดรหัสได้ถูกต้อง โดยอธิบายว่า สายดีเอ็นเอแยกออกจากกัน โดยมีสายดีเอ็นเอทิศ 3' ไป 5' เป็นแม่แบบเพียงสายเดียว เกิดการต่อสายยาวเอ็มอาร์เอ็นเอจากทิศ 5' ไป 3' ซึ่งเอ็มอาร์เอ็นเอที่ได้ คือ 5' UAACCGGUUCAGCAC 3' และการต่อสายเอ็มอาร์เอ็นเอจะหยุดและแยกออกจากสายดีเอ็นเอแม่แบบ ส่วนดีเอ็นเอ 2 สายจะจับคู่และบิดเป็นเกลียวเหมือนเดิม ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ

ภาพ 33 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัสข้อ 4 ของนักเรียน S10 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศวรรษในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 16.67 โดยนักเรียนสามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่ขาดประเด็นทิศทางการสร้าง mRNA ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

“DNA จะคลายเกลียวออกและไปเป็นแม่แบบในการถอดรหัสเป็น mRNA mRNA ที่ได้ คือ 5' UAACCGGUUCAGCAC 3' เมื่อถึง terminator mRNA จะหลุดออก ส่วน DNA จะกลับมา พันกันใหม่” (S4, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)



ภาพ 34 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 4 ของนักเรียน S14 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจโมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจโมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 25 โดยสามารถอธิบายการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้องแต่มีข้อมูลบางส่วนที่คลาดเคลื่อน โดยแบ่งกลุ่มคำตอบได้ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 4 คน ที่สามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองดีเอ็นเอได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นสายแม่แบบนั้นใช้ DNA ทั้ง 2 สาย เหมือนกับกระบวนการ Replication ในความเป็นจริงแล้วใช้เพียงสายเดียวเท่านั้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

① สอนให้ RNA polymerase มาทำทรานสคริปชัน DNA
 ② มีสารแม่แบบสายเดียว แล้ว RNA polymerase มาทำทรานสคริปชัน
 แล้ว RNA polymerase มาทำทรานสคริปชัน แล้ว RNA polymerase มาทำทรานสคริปชัน
 แล้ว RNA polymerase มาทำทรานสคริปชัน

3' ATA GGCC AAG TCG TG 5' 3' CAC GACT T GGC CTAT 5'
 5' UAU CCG GUU CAG CAC 3' 5' GUG CU GAA CC GGA UA 3'

S15, แบบวัดโมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 35 แสดงคำตอบจากแบบวัดโมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
 ข้อ 4 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจโมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนสามารถอธิบายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการถอดรหัสได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องทิศทางของสาย mRNA ที่ถูกสร้างขึ้น โดยนักเรียนทั้งสองคนเขียนทิศทางของ mRNA มีทิศทางเดียวกับสายแม่แบบ คำตอบของนักเรียน คือ

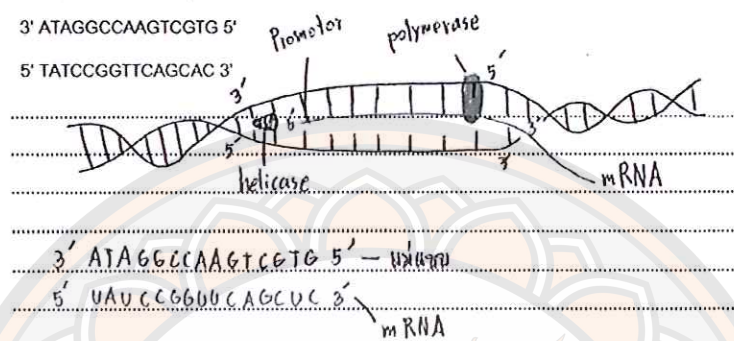
RNA polymerase ทำหน้าที่ H-bond แล้วจะสร้าง polynucleotide

3' ATAGGCCA AGTCGTG 5'
 5' UAUCCGGUUCAGCAC 3'

S19, แบบวัดโมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 36 แสดงคำตอบจากแบบวัดโมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
 ข้อ 4 ของนักเรียน S19 ความเข้าใจโมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

กลุ่มที่ 3 จำนวน 1 คน นักเรียนสามารถวาดรูปอธิบายการถอดรหัสได้ถูกต้อง และเขียนลำดับนิวคลีโอไทด์ของ mRNA หลังจากผ่านกระบวนการถอดรหัสได้ถูกต้อง แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นการคลายเกลียวดีเอ็นเอ 2 สาย โดยนักเรียนเข้าใจว่า helicase เป็นตัวคลายเกลียว คำตอบของนักเรียน คือ



S3, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 37 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.17 โดยนักเรียนไม่เข้าใจกระบวนการถอดรหัส และสับสนกับกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ โดยนักเรียนทั้ง 3 คนเขียนวิธีการของการจำลองดีเอ็นเอมา ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ

แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด

1. ฝ Helicase เพิ่มแยกตัว 2 สายออกจากกัน
2. เวลาแยกออกจากแล้วจะมี single strands ขาเกาะแขนแขนแขนเพื่อไม่ให้มันยุ่ง

S17, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส

ภาพ 38 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส ข้อ 4 ของนักเรียน S17 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 5 ถามว่า จากเส้น RNA 5' exon intron exon intron exon 3' จงเขียน mRNA ที่ผ่านกระบวนการ RNA Processing แล้ว

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 37.5 โดยนักเรียนสามารถวาดภาพหรืออธิบายกระบวนการ RNA modification ได้ สุดท้าย mRNA ที่ได้คือ 5' cap exon exon exon poly A-tail 3' ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ตัด intron ต่อ exon 5' exon exon exon 3' และเติม poly A tail กับ 5' cap" (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 50 ซึ่งทั้ง 12 คนสามารถอธิบายได้ว่าต้องมีการตัด intron แล้วต่อ exon แต่ขาดประเด็น การเติม 5' cap และ poly A tail ด้าน 3' ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

"5' exon exon exon 3'" (S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 12.5 โดยนักเรียนเข้าใจ ว่าต้องมีกระบวนการเติม 5' cap และ poly A tail ด้าน 3' แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า ตัด exon ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

"5' cap intron intron poly A tail 3'" (S9, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

คำถามข้อที่ 6 ถามว่า หากลำดับเบสในสายดีเอ็นเอผิดไป จะส่งผลอย่างไรต่อการถอดรหัส จากดีเอ็นเอไปเป็นอาร์เอ็นเอ เพราะอะไร

โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 75 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าลำดับเบสในสายดีเอ็นเอที่ผิดไป จะส่งผลต่อลำดับเบสในสายอาร์เอ็นเอที่สร้างขึ้น เพราะสายดีเอ็นเอจะเป็นแม่แบบในการสร้างอาร์เอ็นเอ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"mRNA ที่ได้จะมีความหมายผิดเพี้ยน เนื่องจากลำดับเบสในสาย DNA เป็นแม่แบบนั้น ผิดไป" (S6, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

"ถ้าสาย DNA ผิดไป สาย mRNA ก็จะมีผิดไปด้วย แล้วก็จะทำให้การถอดรหัสจาก mRNA ไปเป็นกรดอะมิโนผิดไปด้วย" (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 16.67 นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเป็นสาเหตุให้เกิดมิวเทชัน แต่ขาดการอธิบายในประเด็น ลำดับเบสในสายอาร์เอ็นเอจะผิดพลาดไป เพราะสายดีเอ็นเอเป็นแม่แบบในการถอดรหัส ตัวอย่างคำตอบ เช่น

"เกิดการมิวเทชัน" (S5, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

"ก็ทำให้ผิดพลาดไปเรื่อยๆ อาจเกิดเป็นการกลายพันธุ์" (S17, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 8.33 โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการที่ลำดับเบสในสายดีเอ็นเอผิดไปจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ และสับสนระหว่างกระบวนการถอดรหัสและแปลรหัสเป็นโปรตีน จึงอธิบายผสมกันเพื่อตอบคำถาม ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

"ส่งผลต่อการ Replication ทำให้สังเคราะห์โปรตีนผิด เกิด stop codon แต่อาจไม่เกิด start codon" (S12, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

"ทำให้กระบวนการ Replication ผิดไป ก่อเกิดการแสดงผลบนอัลลีลที่ผิดปกติไป และสังเคราะห์โปรตีนไม่ถูกต้อง" (S21, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส)

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 3-6 เรื่อง การถอดรหัส พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์สูงถึง ร้อยละ 57.29 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ แต่ยังมีนักเรียนที่ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 3.13

มโนทัศน์ที่ 3 รหัสพันธุกรรม (genetic code)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนจบวงรอบที่ 2 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นการใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์
ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับสมบูรณ์		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์	
	(CU)		(PU)		บางส่วน (PS)		(MC)		(NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้										
	16	66.67	5	20.83	0	0	3	12.5	0	0
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้										
7	23	95.83	0	0	0	0	1	4.17	0	0
8	17	70.83	0	0	6	25	1	4.17	0	0
9	16	66.67	8	33.33	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ย		77.78		11.11		8.33		2.78		0

จากตาราง 8 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง รหัสพันธุกรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับ
ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 66.67 รองลงมาคือ ความเข้าใจมโนทัศน์
ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 20.83 และความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับ
คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 12.5 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า
นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ ถึงร้อยละ 77.78 รองลงมา คือ
ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 11.11 ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับ
คลาดเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และมีนักเรียนที่ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับ
คลาดเคลื่อนเพียง ร้อยละ 2.78 โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โดยโจทย์ที่นักเรียนได้ทำจะเกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
ที่นักเรียนโต้แย้งในชั้นเรียน ใช้คำถามข้อเดิมกับมโนทัศน์ เรื่อง การถอดรหัส แต่หัวข้อนี้จะกล่าวถึง
เฉพาะมโนทัศน์ เรื่อง รหัสพันธุกรรม โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 66.67 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า รหัสพันธุกรรมจะประกอบด้วยเบส 3 เบส (triplet code) โดยทั่วไปรหัสพันธุกรรมจะใช้เรียกลำดับเบส 3 เบสจาก mRNA หรือเรียกว่าโคดอน (codon) และกรดอะมิโนบางชนิดมีรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 รหัส โดยรหัสหยุด หรือ stop codon มี 3 รหัส คือ UAA UAG และ UGA ส่วนรหัสเริ่ม คือ AUG ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“รหัสพันธุกรรม มี 3 เบส Start codon (AUG) บน mRNA Stop codon คือ UAA UAG UGA กรดอะมิโนบางชนิดมีรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 ที่ควบคุม” (S4, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

“Start codon คือ AUG Stop codon คือ UAA UAG UGA หยุดการแปลรหัส รหัสพันธุกรรม มี 3 เบส จะกำหนดกรดอะมิโน 1 ชนิด แต่กรดอะมิโนบางชนิด ถูกกำหนดได้ด้วยรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 รหัส” (S13, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 20.83 โดยนักเรียนสามารถอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับรหัสพันธุกรรมได้ แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งทั้ง 5 คน ขาดข้อมูลที่แสดงว่ากรดอะมิโนบางชนิดมีรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 รหัส ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน คือ

“รหัสพันธุกรรม หรือ โคดอน คือเบส 3 ตัวบนสาย mRNA ที่จะเข้าคู่กับ anticodon” (S15, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

“รหัสพันธุกรรม คือรหัสเบส 3 ตัว ที่กำหนดชนิดกรดอะมิโนในสายโพลีเปปไทด์ หรือเรียกว่า โคดอน โคดอนเริ่มต้น คือ AUG” (S16, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 12.5 โดยนักเรียนทั้ง 3 คน เข้าใจคลาดเคลื่อนว่า tRNA คือ รหัสพันธุกรรมบน mRNA ที่จะถูกแปลรหัสได้โปรตีน คำตอบของนักเรียน มีดังนี้

“Anticodon (tRNA) คือ รหัสบนเส้น RNA ประกอบด้วยเบส 3 ตัว” (S5, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

“รหัสพันธุกรรม คือ tRNA ที่จะแปลรหัสเป็นโปรตีน” (S17, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ

คำถามข้อที่ 7 ให้นักเรียนบอกโคดอนที่เป็นรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุดในการแปลรหัสของสาย mRNA ที่ใช้เป็นแม่แบบที่กำหนด ซึ่ง mRNA ที่ใช้เป็นแม่แบบ คือ

5'GUAAUGUGCAUUAUAUGAGGGGCU3' โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 95.83 โดยนักเรียนสามารถบอกรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุดของสาย mRNA ที่กำหนดได้ โดยอธิบายว่า รหัสเริ่มต้น คือ AUG รหัสหยุด คือ UGA ซึ่งมีนักเรียนตอบถูกมากถึง 23 คน

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 4.17 โดยนักเรียน S7 นั้นแปลรหัสจากสาย mRNA ออกมา ดังคำตอบด้านล่าง

10.1 จงบอก โคดอนที่เป็นรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุดในการแปลรหัสของสาย mRNA ที่ใช้เป็นแม่แบบที่กำหนด

..... 3' TACACGTAATATACT 5'

S7, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 39 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัสข้อ 7 ของนักเรียน S7 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 8 ให้นักเรียนบอกลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์ ที่เกิดจากการแปลรหัสจากเอ็มอาร์เอ็นเอ ที่ใช้เป็นแม่แบบ ซึ่งใช้สายเอ็มอาร์เอ็นเอ เดียวกับข้อ 7 โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 70.83 โดยนักเรียนสามารถบอกลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์ที่แปลรหัสมาจากเอ็มอาร์เอ็นเอแม่แบบได้ ซึ่งคำตอบ คือ Methionine-Cysteine-Isoleucine-Isoleucine และมีนักเรียนตอบถูกถึง 17 คน คำตอบของนักเรียน เช่น

Methionine - Cysteine - Isoleucine - Isoleucine

S3, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 40 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 8 ของนักเรียน S3 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 25 แบ่งออกเป็น
2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 4 คน นักเรียนสามารถแปลรหัสจากเอ็มอาร์เอ็นเอแม่แบบมาเป็นสาย
โพลีเปปไทด์ได้ แต่นักเรียนไม่แปลโคดอนเริ่มต้นออกมาด้วย ซึ่งในความเป็นจริงต้องแปล AUG
ออกเป็น Methionine ด้วย ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

Cysteine - Isoleucine - Isoleucine

S15, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 41 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 8 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 2 คน นักเรียนสามารถแปลรหัสจากเอ็มอาร์เอ็นเอแม่แบบมาเป็นสาย
โพลีเปปไทด์ได้ แต่นักเรียนจะไม่แปลกรดอะมิโนที่ซ้ำออกมา คำตอบของนักเรียน คือ

Methionine - Cysteine - Isoleucine

S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 42 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 8 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.17 คือ นักเรียนเขียนเบสคู่สมของสายเอ็มอาร์เอ็นเอออกมา คำตอบของนักเรียน คือ

3' CAU UAC ACG U AAU A UAC U cccc GA 5'

S12, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 43 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัสข้อ 8 ของนักเรียน S12 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 9 ให้นักเรียนบอกลำดับเบสของ mRNA แม่แบบที่เป็นไปได้มากที่สุดในการแปลรหัสโปรตีนชนิดหนึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโน คือ Methionine-Serine-Histidine โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 66.67 คือ ต้องสามารถบอกลำดับเบสของ mRNA ได้ครบถ้วนทั้ง 12 แบบ ดังคำตอบของนักเรียน คือ

..... AUG AUG CAU	 AUG AUG UCU	 AUG AUG UCU
..... AUG AUG CAC	 AUG AUG UCC	 AUG AUG UCC
..... AUG AUG CAU	 AUG AUG UCA	 AUG AUG UCA
..... AUG AUG CAC	 AUG AUG UCC	 AUG AUG UCC

S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 44 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัสข้อ 9 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 33.33 คือ บอกลำดับเบสของ mRNA ไม่ครบทั้ง 12 แบบ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

5' AUGUCACAU 3'

S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 45 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 9 ของนักเรียน S1 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

115' AUGUCACAU 5'

21 5' AUGUCACAU 3'

S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง รหัสพันธุกรรม

ภาพ 46 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การถอดรหัส
ข้อ 9 ของนักเรียน S18 ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 7-9 เรื่อง รหัสพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์สูงถึง ร้อยละ 77.78 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ และยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 2.78

มโนทัศน์ที่ 4 การแปลรหัส (translation)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจในทศน์หลังเรียนจบวงจรรอบที่ 2 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นการใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์
ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส (n=24)

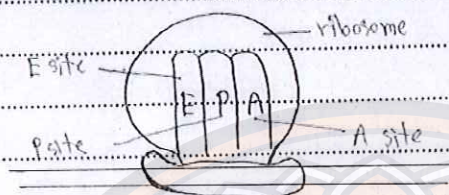
ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับสมบูรณ์ (CU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน บางส่วน (PS)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์ (NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้										
	12	50	7	29.17	4	16.67	1	4.17	0	0
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้										
10	6	25	9	37.5	5	20.83	4	16.67	0	0
11	15	62.5	0	0	5	20.83	4	16.67	0	0
12	12	50	12	50	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ย	45.83		29.17		13.89		11.11		0	

จากตาราง 9 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแปลรหัส นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับ
ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ร้อยละ 50 รองลงมาคือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับ
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.17 ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ
16.67 และมึ้นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.17 ส่วนระดับความ
เข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับ
สมบูรณ์ร้อยละ 45.83 รองลงมาคือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.17
ส่วนความเข้าใจมโนทัศน์ระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 13.89 และความเข้าใจมโนทัศน์
ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 11.11โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โจทย์ที่นักเรียนได้ทำจะเกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
ที่นักเรียนโต้แย้งในชั้นเรียน ใช้คำถามข้อเดิมกับมโนทัศน์ เรื่อง การถอดรหัส และรหัสพันธุกรรม
แต่หัวข้อนี้จะวิเคราะห์และแบ่งความเข้าใจมโนทัศน์เฉพาะ เรื่อง การแปลรหัส โดยมีคำตอบที่แสดง
ความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

- Translation : จาก mRNA ที่มาจากขั้นตอน Transcription มาทำ Translation ต่อ/
 เริ่มต้น Initiation tRNA จับกับ codon เริ่มต้น (AUG) ใน P site
 แล้วจับ anticodon กับ codon ที่อยู่บน mRNA ในขั้นตอนที่ 2 มาต่อกรดอะมิโน
 A site แล้วเชื่อมโดย Peptide bond ที่ตำแหน่ง P site ribosome จะเคลื่อนที่ (ไปจับ codon ถัดไป) (5' - 3')
 tRNA จะหลุดออกใน E site จนถึง termination ribosome ก็จะหยุด
 stop codon คือ UAA UAG และ UGA ซึ่งไม่มีการจับกับ tRNA



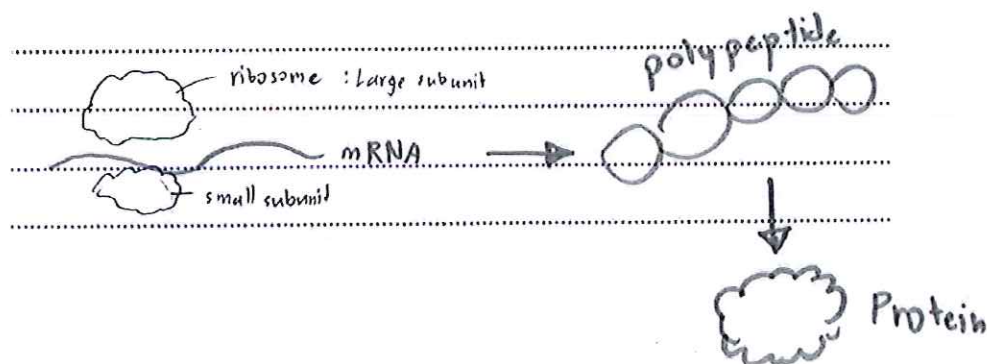
S4, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 48 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส ของนักเรียน S4
 ความเข้าใจในทศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.17 โดยนักเรียน
 สามารถอธิบายได้ว่ากระบวนการแปลรหัสสุดท้ายจะได้สายโพลิเปปไทด์หรือโปรตีนออกมาแต่ขาด
 การอธิบายว่า tRNA mRNA และไรโบโซม มีการทำงานที่สัมพันธ์กันอย่างไร ตัวอย่างคำตอบของ
 นักเรียน คือ

"Transcription เพื่อสร้างสายโพลิเปปไทด์และรวมกันเป็นโปรตีน โดยสาย mRNA จะเข้า
 ไปรวมกับ ribosome และเกิดการสร้าง polypeptide ขึ้น" (S22, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปล
 รหัส)



ภาพ 49 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส ของนักเรียน S22
ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

"RNA ที่ผ่านกระบวนการ processing แล้ว จะเข้าสู่กระบวนการ translation และ
ได้โปรตีนออกมา" (S23, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 16.67 แบ่งออกเป็น
2 กลุ่มคำตอบ

กลุ่มที่ 1 จำนวน 2 คน นักเรียนอธิบายกระบวนการแปลรหัสได้ถูกต้อง แต่เข้าใจ
คลาดเคลื่อนในส่วนของ mRNA คือ ตัวเดียวกับ tRNA แล้วแปลรหัสเป็นกรดอะมิโน ซึ่งในความเป็นจริง mRNA กับ tRNA คือ RNA คนละชนิดกันที่ทำงานร่วมกันในสังเคราะห์สายโพลีเปปไทด์
ตัวอย่างคำตอบนักเรียน เช่น

"mRNA จะถูกส่งไปที่ Cytoplasm เป็น Anticodon (tRNA) แล้วแปลเป็นกรดอะมิโน
จะได้เป็นก้อนโปรตีนออกมา" (S5, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนอธิบายกระบวนการแปลรหัสได้อย่างชัดเจน แต่นักเรียน
สับสนในคำศัพท์ คือ กรดนิวคลีโอไทด์ ซึ่งจริงๆ นักเรียนต้องใช้คำว่า กรดอะมิโน จากคำตอบของ
นักเรียน

"กรดนิวคลีโอไทด์ จะสร้างได้จาก 1 โคดอน ของ mRNA และ แอนติโคดอน จาก tRNA"
(S10, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส)

กลุ่มที่ 3 จำนวน 1 คน นักเรียนอธิบายกระบวนการแปลรหัสได้ถูกต้อง แต่มีความเข้าใจ
ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของกรดอะมิโนที่ใช้ในการแปลรหัส มี 20 ชนิด แต่ในความเป็นจริงการแปล
รหัส เป็นการนำกรดอะมิโนมาเรียงต่อกันเป็นสายยาว โดยกรดอะมิโนมี 20 ชนิด จากคำตอบของ
นักเรียน

"translation ใช้กรดอะมิโน 20 ชนิด" (S12, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การแปลรหัส)

ซึ่งผู้วิจัยได้เรียกนักเรียน S12 มาสัมภาษณ์เพิ่มเติมและพบว่านักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่นนั้นจริง

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.17 โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า mRNA จะเป็นตัวสร้างโปรตีน ซึ่งจริงๆ แล้ว mRNA จะทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ในการสร้างโปรตีนหรือเป็นตัวกลางในการนำข้อมูลทางพันธุกรรมจาก DNA ไปใช้สร้างโปรตีน คำตอบของนักเรียน มีดังนี้

"mRNA ที่สร้างมาจากยีนก็จะสร้างโปรตีน" (S7, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง รหัสพันธุกรรม)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ

คำถามข้อที่ 10 ให้นักเรียนระบุองค์ประกอบที่ใช้ในการแปลรหัส (translation) ในแต่ละขั้นตอนให้ครบถ้วน พร้อมอธิบายแต่ละขั้นตอนให้ได้ใจความ องค์ประกอบที่กำหนดให้ คือ Ribosome tRNA Promoter Nucleus Primer mRNA Stop codon Helicase และ AUG สามารถใช้ซ้ำได้ โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 25 โดยนักเรียนสามารถอธิบายการแปลรหัสได้ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยอธิบายว่า ขั้นตอนการเริ่มต้น องค์ประกอบที่ใช้คือ AUG tRNA Ribosome mRNA โดยการแปลรหัสจะเริ่มที่โคดอน AUG โดยมี tRNA และไรโบโซมทำหน้าที่ในกระบวนการแปลรหัสจาก mRNA ขั้นตอนการต่อสาย องค์ประกอบที่ใช้คือ tRNA Ribosome mRNA โดย tRNA โมเลกุลที่ 2 ที่มีแอนติโคดอนคู่สมกับโคดอนถัดไปเข้ามาต่อกับกรดอะมิโนตัวแรก โดยไรโบโซมจะเคลื่อนไปบน mRNA ที่ละโคดอนตามลำดับ และขั้นตอนการสิ้นสุด องค์ประกอบที่ใช้คือ Stop codon ซึ่งเมื่อไรโบโซมเคลื่อนที่ไปพบ Stop codon แล้วจะไม่มี tRNA เข้ามาจับ จึงหยุดการสร้างโปรตีน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome, mRNA, tRNA, AUG.

คำอธิบาย Ribosome จับกับ Codon เริ่มต้น AUG บน mRNA
และ tRNA มาเกาะ

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ tRNA, Ribosome, mRNA

คำอธิบาย tRNA จับกับ mRNA บน Ribosome เพื่อทำ
ส่อก่อน Protein จาก 5' → 3' เป็นโพลีเปปไทด์ polypeptide.

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ stop Codon, tRNA, ribosome

คำอธิบาย พอมาถึง stop Codon แล้วจึงปล่อยสายของ Protein.

S21, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 50 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ข้อ 10 ของนักเรียน S21 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 37.5 โดยคำตอบ
ของนักเรียนแบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 7 คน นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการแปลรหัสได้ถูกต้อง แต่ขาด
ประเด็นจุดเริ่มต้นที่เริ่มแปลรหัส หรือ AUG ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome mRNA tRNA

คำอธิบาย mRNA เป็นที่อยู่ในทรานสคริปต์ และ tRNA มี

Anti codon มาจับกับ mRNA ที่ทำหน้าที่เป็นรหัส

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome

คำอธิบาย เมื่อ Anti-codon จับกับรหัสบน mRNA tRNA

ก็จะนำกรดอะมิโนมาจับต่อกัน และจะเกิดเป็นกรดอะมิโน เป็นที่ A site P

site E และกรดอะมิโนจะหลุดไปด้วย phosphodiester

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ stop codon

คำอธิบาย เมื่อรหัสถึง stop codon จะหยุดการ translation
ไปเกิดกรดอะมิโนให้เสร็จ

S14, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 51 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ข้อ 10 ของนักเรียน S14 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 2 จำนวน 2 คน นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการแปลรหัสได้ถูกต้อง
แต่อธิบายไม่ครบสมบูรณ์ ขาดการกล่าวถึงหน้าที่ของไรโบโซมในกระบวนการแปลรหัส ตัวอย่าง
คำตอบของนักเรียน เช่น

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome, mRNA, tRNA, AUG

คำอธิบาย mRNA เหนียว ในกรณีสังเคราะห์ ของ tRNA และ Anti codon

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome

คำอธิบาย เมื่อ Anti-codon จับกับ mRNA tRNA ก็จะจับคู่กันต่อไป

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ stop codon

คำอธิบาย เมื่อถึงรหัสหยุด จะมี Release factor มาทำในเซลล์

S9, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 52 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ข้อ 10 ของนักเรียน S9 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 20.83 แบ่งคำตอบ
ของนักเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 4 คน โดยนักเรียนสับสนระหว่างกระบวนการจำลองดีเอ็นเอกับ
กระบวนการแปลรหัส นักเรียนจึงเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า เอนไซม์ helicase ทำหน้าที่ในการคลาย
เกลียวดีเอ็นเอ นั้นอยู่ในกระบวนการเริ่มต้นของการแปลรหัสและเอนไซม์ primase สร้าง primer
เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการแปลรหัส แต่ความเป็นจริง ทั้งสองเอนไซม์ทำหน้าที่ในกระบวนการจำลอง
ดีเอ็นเอ และจุดเริ่มต้นในการแปลรหัสคือ AUG ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome, Nucleus, ~~Helicase~~, ~~Primase~~, mRNA
Helicase, Primer, Promoter

คำอธิบาย → mRNA ออกมาจาก nucleus และเข้า Ribosome ของเซลล์

→ enzyme Helicase ตัด H-bond

→ Primase สร้าง Primer เพื่อให้อัตโนมัติสร้างสายใหม่ได้จนครบ Promoter

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ → tRNA ที่มี Anticodon จับกับ codon ของ mRNA แล้วเคลื่อน
~~Anticodon~~ tRNA, AUG

คำอธิบาย

→ โดยเริ่มจาก AUG

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ stop codon

คำอธิบาย → เมื่อถึง stop codon แล้ว Release factor จะมาจับและปล่อยสายใหม่

S8, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 53 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ข้อ 10 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการได้ถูกต้อง และมีการใช้คำศัพท์เพื่อสื่อความหมายผิดบางคำ เช่น เมื่อ Anti-codon จับเข้ากับเบสบน mRNA tRNA ก็จะนำเบสดัวใหม่มาจับต่อไป ซึ่งนักเรียนต้องการจะสื่อว่า เมื่อ tRNA โมเลกุลแรกที่มีแอนติโคดอนคู่สมกับโคดอนเข้ามาจับกับ tRNA โมเลกุลที่ 2 ที่มีแอนติโคดอนคู่สมกับโคดอนถัดไปจะเข้ามาและนักเรียนยังเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า พันธะระหว่างกรดอะมิโน คือ phosphodiester แต่จริงๆ แล้วคือพันธะ peptide คำตอบของนักเรียน คือ

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome mRNA tRNA

คำอธิบาย มี mRNA เป็นสายในการแปลรหัส และมี tRNA ที่มี Anti codon จับกับ mRNA ในตำแหน่งเบสคู่สม.

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Ribosome

คำอธิบาย เมื่อ Anti-codon จับเข้ากับเบสบน mRNA tRNA ก็จะถูกปล่อยไป และเกิดเป็นกรดอะมิโนขึ้น เช่ที่ A ต่อ P และต่อ E และต่อสายกรดอะมิโนด้วยพันธะ phosphodiester

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Stop codon

คำอธิบาย เมื่อแปลรหัสถึง Stop codon จะหยุดการ translation ไม่เกิดกรดอะมิโนขึ้น.

S23, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 54 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส ข้อ 10 ของนักเรียน S23 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 16.67 โดยนักเรียนทั้ง 4 คน อธิบายกระบวนการแปลรหัสไม่ถูกต้อง สับสนระหว่างการจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการถอดรหัส และกระบวนการแปลรหัส ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

"mRNA จะมาเจอ Promoter แล้วเริ่มสร้าง mRNA โดยก่อนที่จะมาเจอ Promoter enzyme helicase จะทำหน้าที่สลายพันธะ Hydrogen" (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ Nucleus Helicase

~~เริ่มที่ Nucleus Helicase แยกสาย DNA ออกกัน~~

คำอธิบาย เริ่มใน nucleus Helicase แยก

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ AUG tRNA Stop Codon Ribosome

Promoter primer

คำอธิบาย เริ่มที่ Stop Codon AUG primer แล้วต่อ และใช้ tRNA สร้างองศาใน

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ mRNA Ribosome

คำอธิบาย ใช้ mRNA และ Ribosome กันถึงกระบวนการ

S7, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 55 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ข้อ 10 ของนักเรียน S7 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 11 ให้นักเรียนแสดงว่าสาย mRNA 5' UAGCAUAUGGGGUCGUAG 3' มีรหัส anticodon อย่างไร และแปลรหัสได้ลำดับกรดอะมิโนใดบ้างในสายพอลิเปปไทด์ โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 62.5 โดยนักเรียนสามารถแสดง anticodon และแปลรหัสเป็นลำดับกรดอะมิโนได้ถูกต้อง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

mRNA	5' UAGCAU/AUGGGGUCGUAAG 3'
anticodon	3' UAC CCG AGC 5'
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	Methionine - Glycine - Serine

S9, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 56 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S9 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 20.83 โดยแบ่ง
คำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 3 คน นักเรียนแปลรหัสจากสาย mRNA เป็นกรดอะมิโนได้ถูกต้อง
แต่นักเรียนเขียนรหัสหยุดบนสาย mRNA ออกมาเป็น anticodon ด้วย คำตอบของนักเรียน คือ

mRNA	5' UAGCAU/AUGGGGUCGUAAG 3'
anticodon	3' UAC CCG AGC AUC
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	Methionine, Glycine, Serine

S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 57 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S1 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

กลุ่มที่ 2 จำนวน 2 คน นักเรียนแปลรหัสจากสาย mRNA เป็นกรดอะมิโนได้ถูกต้อง
แต่นักเรียนเขียน anticodon จากทั้งสายของ mRNA คำตอบของนักเรียน คือ

mRNA	5' UAGCAU AUGGGGUCGUAG 3'
anticodon	3' AUCCUAUACCCAGCAUC 5'
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	Methionine - glycine -serine

S8, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 58 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 16.67 โดยแบ่งคำตอบของ
นักเรียนออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 2 คน นักเรียนแปลรหัสจากสาย mRNA 'ไม่ถูกต้อง' โดยนักเรียนเขียน
anticodon 'ไม่ถูกต้อง' และเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ากรดอะมิโนจะถูกแปลรหัสจาก anticodon คำตอบ
ของนักเรียน คือ

mRNA	5' UAGCAUAUGGGGUCGUAG 3'
anticodon	3' AUCGUUAUACCCAGCAUC 5'
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	3' Iso leucine. Valine. Ty rosine. Pro line. Serine. Isoleucine 5'

S12, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 59 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S12 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเบส A บนสาย mRNA จะจับคู่เบส
คู่สม T ของ anticodon จึงทำให้ anticodon 'ไม่ถูกต้อง' และไม่แปลรหัส AUG ซึ่งเป็นรหัสเริ่มต้น
คำตอบของนักเรียน คือ

mRNA	5' UAG CAU AUGGGGUCG UAG 3'
anticodon	5' TACCCCAGC 5'
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	Glycine - serine

S3, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 60 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

กลุ่มที่ 4 จำนวน 1 คน นักเรียนเขียน anticodon จากทั้งสายของ mRNA และไม่แปลรหัส AUG ซึ่งเป็นรหัสเริ่มต้น

mRNA	5' UAG CAU AUGGGGUCG UAG 3'
anticodon	AUCCGUAUACCCCAACCAUC
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	Glycine → serine

S2, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส

ภาพ 61 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส
ข้อ 11 ของนักเรียน S2 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 12 ถามว่า หากยีน A สร้าง mRNA ที่ผิดปกติ จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการแปลรหัส (translation) อย่างไร โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 50 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าหากยีน A สร้าง mRNA ที่ผิดปกติ จะทำให้รหัสโคดอนเปลี่ยนไปจากเดิม ส่งผลให้โปรตีนที่สร้างได้ผิดปกติไปจากเดิม ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“ทำให้ลำดับเบสหรือโคดอนเปลี่ยนไปจากเดิม ทำให้เกิดการมั่วเพี้ยนระดับยีน และโปรตีนที่สร้างได้อาจจะผิดปกติไปจากเดิม” (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

"เมื่อยีน A สร้าง mRNA ผิดปกติ จะทำให้การแปลเป็นกรดอะมิโนต่างไปจากเดิม ทำให้โปรตีนที่ได้ต่างไปจากเดิม หรือโปรตีนที่ได้อาจจะเหมือนเดิม เนื่องจากกรดอะมิโนบางชนิดถูกควบคุมด้วยรหัสพันธุกรรมมากกว่า 1 รหัส" (S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 50 โดยแบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 1 คน นักเรียนอธิบายได้ว่าเมื่อยีน A สร้าง mRNA ที่ผิดปกติ จะทำให้โคดอนเปลี่ยนไปจากเดิม แต่นักเรียนขาดการอธิบายในประเด็นที่ว่าส่งผลกระทบต่อโปรตีนที่สร้าง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ทำให้โคดอนบนสาย mRNA เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม" (S4, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 4 คน นักเรียนบอกแค่ทำให้เกิดมิวเทชัน แต่ขาดการอธิบายว่าส่งผลกระทบต่อโคดอนหรือโปรตีนอย่างไร ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ส่งผลทำให้เกิดมิวเทชันระดับยีน" (S5, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

"ก็จะทำให้เกิดการมิวเทชันและทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรมได้" (S17, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

กลุ่มที่ 3 จำนวน 7 คน นักเรียนบอกแค่ส่งผลทำให้กรดอะมิโนหรือโปรตีนผิดจากเดิม แต่ขาดการอธิบายว่าการที่กรดอะมิโนหรือโปรตีนผิดจากเดิมนั้นเกิดจากที่โคดอนเปลี่ยนแปลงไป ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ได้โปรตีนที่ผิดไปจากเดิม" (S6, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

"ได้โปรตีนไม่เหมือนเดิม เกิดความผิดปกติ" (S8, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง การแปลรหัส)

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 10-12 เรื่อง การแปลรหัส พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ ร้อยละ 45.83 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ และยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ ร้อยละ 11.11

มโนทัศน์ที่ 5 มิวเทชัน (Mutation)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนจบวงจรรอบที่ 1 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นบุรีไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งหรือไม่ จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ มิวเทชัน (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับสมบูรณ์		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน บางส่วน (PS)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์ (NU)	
	(CU)		(PU)							
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้										
	11	45.83	10	41.67	3	12.5	0	0	0	0
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้										
13	6	25	18	75	0	0	0	0	0	0
14	12	50	0	0	12	50	0	0	0	0
15	17	70.83	6	25	0	0	1	4.17	0	0
16	24	100	0	0	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ย	61.46		25		12.5		1.04		0	

จากตาราง 10 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง มิวเทชัน นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 45.83 รองลงมาคือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 41.67 และมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 12.5 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์สูงถึงร้อยละ 61.46 รองลงมา คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 25

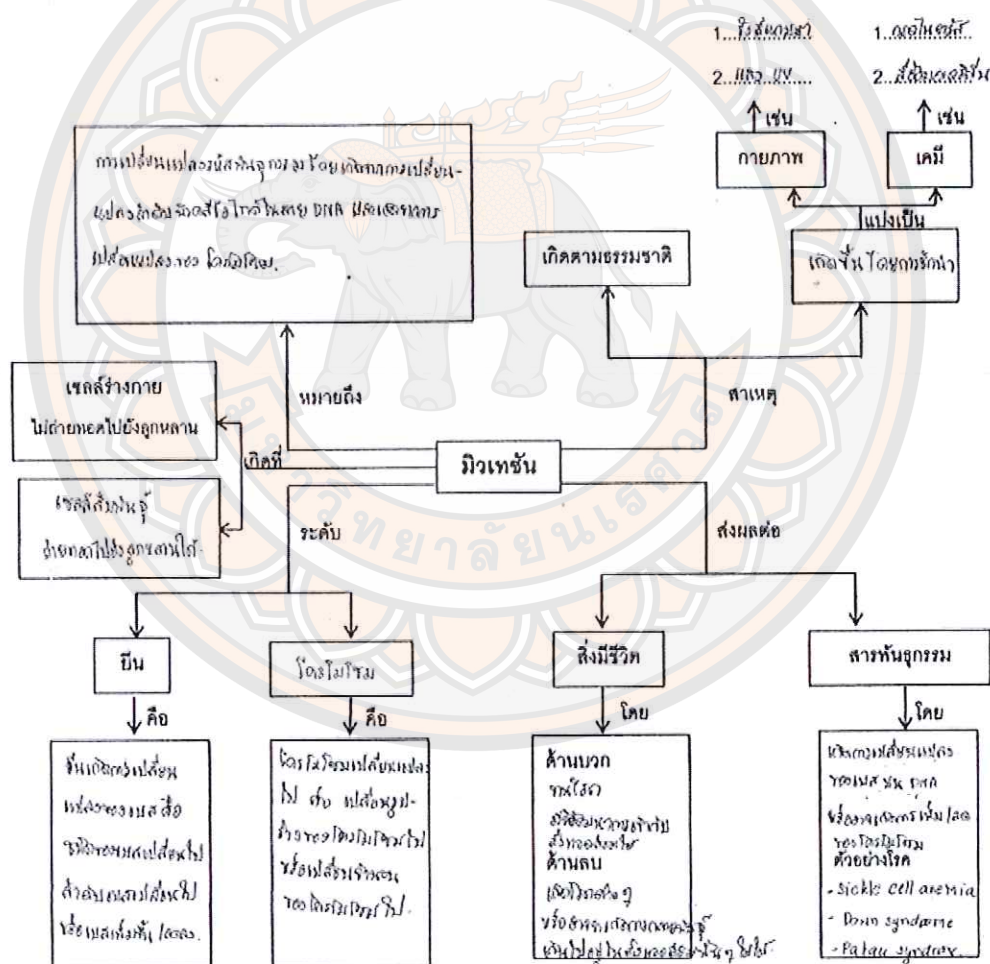
ส่วนความเข้าใจในทัศนียภาพระดับกลางเคลื่อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 12.5 และความเข้าใจในทัศนียภาพระดับกลางเคลื่อนร้อยละ 1.04 โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โจทย์ที่นักเรียนได้ทำจะเป็นการเติมมนิทัศน์ลงในแผนผังความคิด เรื่อง มิวเทชั่น โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจนิทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 45.83 โดยนักเรียนสามารถเติมข้อมูล เรื่อง มิวเทชั่น ลงในแผนผังความคิดได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น



S24, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชัน

ภาพ 62 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชั่น ของนักเรียน S24
ความเข้าใจในทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 41.67 โดยนักเรียนทั้ง 10 คน อธิบายข้อมูล เรื่อง มิวเทชันได้ถูกต้อง แต่ขาดการอธิบายในเรื่องความหมายของมิวเทชัน หรืออธิบายไม่สมบูรณ์ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"มิวเทชัน หมายถึง การกลายพันธุ์ อาจเกิดที่เซลล์ร่างกาย หรือเซลล์สืบพันธุ์ และการเกิดมีทั้งเกิดตามธรรมชาติกับถูกกระตุ้นโดย Mutagen" (S9, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชัน)

ความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนียภาพในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 12.5 โดยนักเรียนอธิบายข้อมูล เรื่อง มิวเทชันได้ถูกต้อง แต่ยังมีข้อมูลบางส่วนที่คลาดเคลื่อน สามารถแบ่งคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 2 คนนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า มิวเทชันระดับโครโมโซม นั้นเกิดจากบางส่วนของเบสหายไปหรือเปลี่ยนแปลงไป แต่ในความเป็นจริงมิวเทชันระดับโครโมโซมเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซมหรือการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม คำตอบของนักเรียน คือ

"มิวเทชันระดับโครโมโซม คือ บางส่วนของเบสหายไป" (S2, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชัน)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 1 คน นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ามิวเทชันที่เกิดที่เซลล์ร่างกายสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ ซึ่งจริงๆ แล้วมิวเทชันที่เกิดที่เซลล์ร่างกายไม่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้แต่มิวเทชันที่เกิดที่เซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ คำตอบของนักเรียน คือ

"มิวเทชัน เกิดที่ Body cell ที่ถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้" (S6, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง มิวเทชัน)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ

คำถามข้อที่ 13 ให้นักเรียนระบุว่าภาพที่กำหนดให้เป็นมิวเทชันหรือไม่และเขียนอธิบายว่าเกิดในเซลล์ชนิดใด และสาเหตุของการเกิดมิวเทชันคืออะไร หรือถ้าไม่ใช่มิวเทชัน เพราะอะไร โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทัศนียภาพในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 25 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าภาพที่กำหนดให้เป็นมिवเทชั่นที่เกิดในเซลล์สืบพันธุ์เพราะสามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้ และเกิดจากมีสารกัมมันตรังสีเป็นมิวทาเจนชักนำให้เกิดมिवเทชั่น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

☒ เป็นมिवเทชั่น เพราะ มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของยีนจากรังสีแกมมา
รังสีในเซลล์สืบพันธุ์

S15, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น

ภาพ 63 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น

ข้อ 13 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 75 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุของการเกิดมिवเทชั่นเกิดจากรังสีแกมมา แต่ขาดการอธิบายว่าเกิดในเซลล์ชนิดใด ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

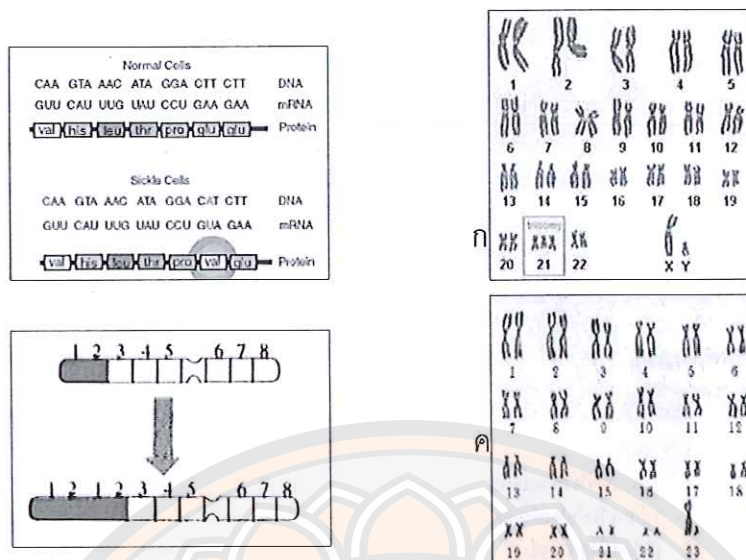
☐ เป็นมिवเทชั่น เพราะ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และ สาร กัม มั ตรัง สี เป็น สี่
ในเซลล์

S7, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น

ภาพ 64 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น

ข้อ 13 ของนักเรียน S7 ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

คำถามข้อที่ 14 ให้นักเรียนเลือกว่าภาพใดเป็นมिवเทชั่นระดับยีนและภาพใดเป็นมिवเทชั่นระดับโครโมโซม โดยมีภาพมาให้ 4 ภาพ ดังนี้



ภาพ 65 แสดงโรคภัยแบบวัดมโนทัศน์ข้อ 14

คำตอบที่แสดงมโนทัศน์ในแต่ละประเภท ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 50 โดยนักเรียนสามารถจำแนกชนิดของมิวเทชันได้ถูกต้อง คำตอบของนักเรียน คือ

"มิวเทชันระดับยีน คือ ก มิวเทชันระดับโครโมโซม คือ ข ค" (S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 50 สามารถแบ่งคำตอบของนักเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 จำนวน 7 คน นักเรียนสามารถจำแนกภาพมิวเทชันระดับยีนได้ถูกต้อง มีนักเรียนสับสนในภาพ ค นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเป็นมิวเทชันระดับยีน แต่จริงๆ เป็นภาพมิวเทชันระดับโครโมโซม เนื่องจากขนาดของโครโมโซมมีการเปลี่ยนแปลง คำตอบของนักเรียน คือ

"มิวเทชันระดับยีน คือ ก ค มิวเทชันระดับโครโมโซม คือ ข" (S4, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 7 คน นักเรียนสามารถจำแนกภาพมิวเทชันระดับยีนและโครโมโซมได้ แต่นักเรียนได้จัดภาพ ง ซึ่งเป็นภาพโครโมโซมของมนุษย์ที่ไม่เกิดมิวเทชันเข้าไปในกลุ่มมิวเทชันระดับโครโมโซมด้วย คำตอบของนักเรียน คือ

"มิวเทชันระดับยีน คือ ก มิวเทชันระดับโครโมโซม คือ ข ค ง" (S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

คำถามข้อที่ 15 กำหนดให้สาย mRNA ปกติ คือ AUGCCUUGGACUUGA สาย mRNA ที่เกิดมิวเทชัน คือ AUGCCUAGACUUGA ให้นักเรียนบอกความแตกต่างของกรดอะมิโนของสายโปรตีนที่เกิดจากการแปลรหัสจากสาย mRNA ปกติและผลของการเกิดมิวเทชัน โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 62.5 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่ากรดอะมิโนของสายโปรตีนที่เกิดจากการแปลรหัสจากสาย mRNA ปกติ มีกรดอะมิโน 4 ชนิด คือ Methionine Proline Tryptophan Threonine หลังจากเกิดมิวเทชัน เบส G ตำแหน่งที่ 8 ของสายปกติเปลี่ยนเป็นเบส A จึงทำให้เกิด Stop codon จึงได้กรดอะมิโนเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ Methionine และ Proline ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

จงบอกความแตกต่างของกรดอะมิโนของสายโปรตีนที่เกิดจากการแปลรหัสจากสาย mRNA ปกติ และผลของการเกิดมิวเทชัน

wild type (met) - (Proline) - (Tryptophan) - (Threonine)

mutation (met) - (Proline) -

→ ทำให้ protein ที่ได้ออกมา

S8, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน

ภาพ 66 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน ข้อ 15 ของนักเรียน S8 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

กรดอะมิโน จาก สาย mRNA ปกติ met - Proline - Ser - Threo -

กรดอะมิโน จาก mRNA mutation met - Proline -

คือ มิวเทชัน สาย mRNA เปลี่ยน

S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน

ภาพ 67 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน ข้อ 15 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 25 สามารถแบ่งคำตอบของนักเรียนได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 4 คน นักเรียนอธิบายได้ว่าสาย mRNA ที่เกิดมิวเทชันนั้นจะมีโคดอนต่างกับสาย mRNA ปกติ แต่ขาดการอธิบายถึงกรดอะมิโนของสายโปรตีนที่เกิดจากการแปลรหัสของสาย mRNA ปกติ และสาย mRNA ที่เกิดมิวเทชัน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"สาย mRNA ปกติ และสายที่เกิดมิวเทชัน มีโคดอนที่ต่างกัน" (S1, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 2 นักเรียนอธิบายได้ว่าสาย mRNA ที่เกิดมิวเทชันนั้นจะส่งผลให้การสังเคราะห์โปรตีนผิดพลาด แต่ขาดการอธิบายการแปลรหัสของสาย mRNA ปกติและสาย mRNA ที่เกิดมิวเทชันที่กำหนดให้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"สาย mRNA ที่เกิดมิวเทชันนั้นมีเบสตัวหนึ่งเปลี่ยนทำให้กรดอะมิโนที่ได้เปลี่ยน" (S3, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

"สาย mRNA มิวเทชันจะสังเคราะห์โปรตีนผิดพลาดหรือไม่เกิดการสังเคราะห์โปรตีนขึ้น" (S7, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน)

ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

นักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.17 นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการแปลรหัสเป็นกรดอะมิโนนั้นแปลจาก anticodon จึงทำให้กรดอะมิโนที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง คำตอบของนักเรียน คือ

mRNA ปกติ → UAC GGA ACC UGA ACU
Tyrosine glycine Threonine

mRNA มิวเทชัน → UAC GGA AGU UGA ACU
Tyrosine glycine Isoleucine

S15, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน

ภาพ 68 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชัน
ข้อ 15 ของนักเรียน S15 ความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อน

คำถามข้อที่ 16 ถามว่า นักวิทยาศาสตร์ได้ฉายรังสีแกมมาที่ต้นข้าว พบว่า ต้นข้าวนั้นเกิดมิวเทชั่นและเกิดความผิดปกติของสารพันธุกรรมขึ้น จงอธิบายผลของความผิดปกติของสารพันธุกรรมที่เกิดขึ้นในต้นข้าวทั้งด้านดีและด้านลบ โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทัศนคติในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนคติในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 100 พบว่า นักเรียนทั้ง 24 คน สามารถบอกด้านดีและด้านลบของการเกิดมิวเทชั่นได้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"ด้านดี - ได้พันธุ์ข้าวที่ดีขึ้น และประหยัดต้นทุนในการใส่ปุ๋ยหรือใช้ยาฆ่าแมลง ด้านลบ - ทำให้เกิดแมลงที่แข็งแรงมากยิ่งขึ้น และมนุษย์ที่บริโภคข้าวนั้นอาจจะป่วยได้" (S3, แบบวัดทัศนคติชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น)

"ด้านดี - ต้นข้าวอาจเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น เพียงพอกับความต้องการ และได้สายพันธุ์ที่ต้องการ ด้านลบ - ต้นข้าวอาจจะไปทำลายระบบนิเวศ หรือทำให้พันธุ์ข้าวเดิมสูญพันธุ์" (S13, แบบวัดทัศนคติชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น)

"ด้านดี - ต้นข้าวที่เกิดความผิดปกติ อาจทำให้ทนต่อโรคและแมลงได้ ด้านลบ - หากต้นข้าวต้านแมลงได้ แมลงจะเกิดวิวัฒนาการเป็น super bug" (S24, แบบวัดทัศนคติชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง มิวเทชั่น)

จากผลการวัดทัศนคติหลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 13-16 เรื่อง มิวเทชั่น พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนคติระดับสมบูรณ์สูงถึง ร้อยละ 77.78 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามทัศนคติของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับรวมถึงมองเห็นทั้งด้านดีและด้านลบของมิวเทชั่น แต่ยังมีนักเรียนที่ความเข้าใจในทัศนคติในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 2.28

มโนทัศน์ที่ 6 เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจในทัศนคติหลังเรียนจบวงจรรอบที่ 3 ที่มีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ จากบันทึกการเรียนรู้ และภายหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากแบบวัดทัศนคติชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์
ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับสมบูรณ์ (CU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน บางส่วน (PS)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์ (NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
	ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้									
	18	75	6	25	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ย	17	70.83	7	29.17	0	0	0	0	0	0
	18	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	เฉลี่ย	85.42	14.59		0		0		0	

จากตาราง 11 จะเห็นว่าระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แจ้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับ
ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 75 รองลงมา คือ ความเข้าใจมโนทัศน์
ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้
พบว่า นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ถึงร้อยละ 85.42 รองลงมา คือ
ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 14.59 และไม่มีนักเรียนที่มี
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนเลย โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โดยโจทย์ที่นักเรียนได้ทำถามว่า นักเรียนคิดว่าการสร้างมะละกอด้านทานไวรัสใบต่าง
วงแหวน จากหลักการพันธุวิศวกรรม เป็นเทคโนโลยีชีวภาพหรือไม่ เพราะเหตุใด โดยมีคำตอบ
ที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องร้อยละ 75 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การสร้างมะละกอที่ต้านทานไวรัสใบด่างวงแหวน จากหลักการพันธุวิศวกรรม เป็นเทคโนโลยีชีวภาพ โดยการนำเอาสิ่งมีชีวิตหรือชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตมาปรับปรุงทำให้มีคุณสมบัติตามต้องการ โดยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"เป็นเทคโนโลยีชีวภาพ เพราะเป็นการปรับปรุงมะละกอให้มีลักษณะตามต้องการด้วยยีน" (S4, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

"เป็นเทคโนโลยีชีวภาพ เนื่องจากเป็นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิต ในที่นี้คือ มะละกอ ให้ต้านทานไวรัสใบด่างวงแหวน" (S8, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

ความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 25 ซึ่งนักเรียนทั้ง 6 คน ตอบแค่ว่าเป็นเทคโนโลยีชีวภาพ แต่ขาดการอธิบายเหตุผล ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"เป็นเทคโนโลยีชีวภาพ เพราะเทคนิคพันธุวิศวกรรม" (S5, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ

คำถามข้อที่ 17 ให้นักเรียนอธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทัศนในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 70.83 โดยนักเรียนสามารถอธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพได้ โดยอธิบายว่า เป็นเทคโนโลยีซึ่งนำเอาความรู้ทางด้านต่างๆ ของวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ เพื่อให้ประโยชน์เฉพาะอย่างตามที่เราต้องการ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

"เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงและปรับปรุงลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะที่เปลี่ยนไป โดยใช้ความรู้สาขาต่างๆ" (S13, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

“เทคโนโลยีที่นำวิทยาศาสตร์ทุกแขนงมาประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตเพื่อทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นตามความต้องการของมนุษย์” (S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.17 สามารถแบ่งคำตอบของนักเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จำนวน 5 คน นักเรียนอธิบายได้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ เพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะอย่างตามที่ต้องการ แต่ขาดการอธิบายว่าเป็นการนำเอาความรู้ทางด้านต่างๆ ของวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“เทคโนโลยีชีวภาพ คือ การปรับปรุงสิ่งมีชีวิต เช่น การตัดต่อพันธุกรรม ให้ได้สิ่งมีชีวิตตามที่มนุษย์ต้องการ” (S10, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

กลุ่มที่ 2 จำนวน 2 คน นักเรียนอธิบายได้ว่าเทคโนโลยีชีวภาพเป็นการนำเอาความรู้ทางด้านต่างๆ ของวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ แต่ขาดการอธิบายถึงการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ เพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะอย่างตามที่ต้องการ คำตอบของนักเรียน เช่น

“เทคโนโลยีชีวภาพ คือ การใช้เทคโนโลยีกับชีววิทยากับสารพันธุกรรมหรือวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง” (S6, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ)

คำถามข้อที่ 18 ถามว่า นักวิทยาศาสตร์ไทยมีการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพมากยิ่งขึ้น ให้นักเรียนบอกผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทั้งผลด้านดีและผลด้านลบมาอย่างน้อยด้านละ 1 ข้อ โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 100 โดยนักเรียนทั้ง 24 คน สามารถอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพได้ทั้งผลด้านดีและผลด้านลบ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

ก่อนการวัด		หลังการวัด	
ผลดี	ผลเสีย	ผลดี	ผลเสีย
- มีความรู้มากขึ้น	- ใช้เวลานาน	- มีความรู้มากขึ้น	- เกิดความเครียด
ทอผ้าเครื่องประดับ	ทอผ้าเครื่องประดับ	ทอผ้าเครื่องประดับ	ทอผ้าเครื่องประดับ
	ทอผ้า	ทอผ้า	super bug

S14, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ

ภาพ 69 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ
ข้อ 18 ของนักเรียน S14 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ผลด้านดี	
- ทำให้เกิดผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์	- ได้สิ่งแปลกใหม่
- ได้ในด้านนิเวศวิทยา	- ได้ด้านสุขภาพ
ผลด้านเสีย	
- ทำให้เกิดมลพิษ	- ของเสียมีไว้ใช้
- สิ่งมีชีวิตที่ดัดแปลง	- ทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล

S16, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ

ภาพ 70 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ
ข้อ 18 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 17-18 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ พบว่า
นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์สูงถึง ร้อยละ 85.42 โดยนักเรียนสามารถตอบ
คำถามได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับรวมถึงมองเห็นทั้งผลด้านดี
และผลด้านลบของเทคโนโลยีชีวภาพ และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับ
คลาดเคลื่อนเลย

มโนทัศน์ที่ 7 พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering)

แสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนจบวงรอบที่ 3 ที่มี
การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นคิดอย่างใดกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ จากบันทึกการเรียนรู้ และ
ภายหลังเรียนครบ 3 วงรอบ จากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด แสดงข้อมูลในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์
ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม (n=24)

ข้อที่	ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับสมบูรณ์ (CU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ใน ระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ (PU)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน บางส่วน (PS)		ความเข้าใจ มโนทัศน์ ในระดับ คลาดเคลื่อน (MC)		ความไม่เข้าใจ ในมโนทัศน์ (NU)	
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างการจัดการเรียนรู้										
	17	70.83	7	29.17	0	0	0	0	0	0
ระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้										
19	13	54.17	10	41.67	1	4.16	0	0	0	0
20	22	91.67	2	8.33	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ย		72.92		25		2.08		0		0

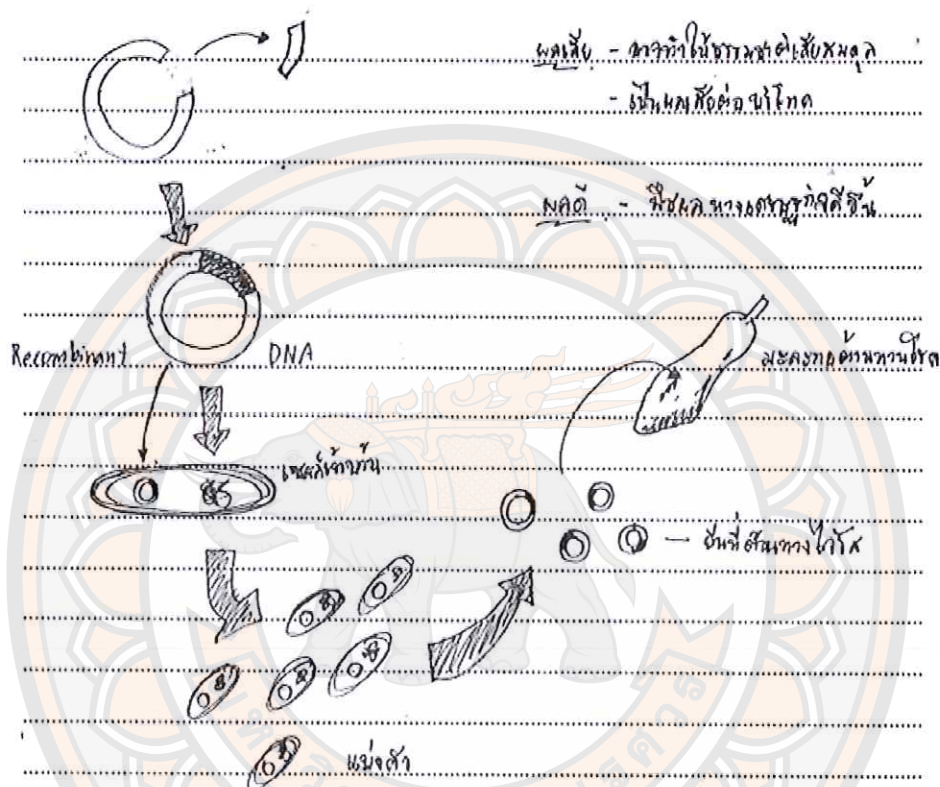
จากตาราง 12 จะเห็นว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุวิศวกรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับ
ความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 70.83 รองลงมา คือ ความเข้าใจมโนทัศน์
ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 29.17 ส่วนระดับความเข้าใจมโนทัศน์หลังการจัด
การเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ในระดับสมบูรณ์ถึงร้อยละ 72.92 รองลงมา คือ
ความเข้าใจมโนทัศน์ระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 25 และมีนักเรียนที่มีความเข้าใจ
มโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 2.08 โดยรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

ผลการทำบันทึกการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้

โดยโจทย์ที่นักเรียนได้ทำถามว่า หากต้องการจะสร้างมะละกอที่ต้านทานโรคไวรัส
ใบด่างวงแหวน จะสร้างอย่างไรโดยใช้หลักการพันธุวิศวกรรม (สามารถวาดภาพประกอบได้)
และนักเรียนคิดว่ามะละกอจีเอ็มโอที่ต้านทานโรคไวรัสใบด่างวงแหวน จะเกิดผลอย่างไรต่อมนุษย์
และสิ่งแวดล้อม โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

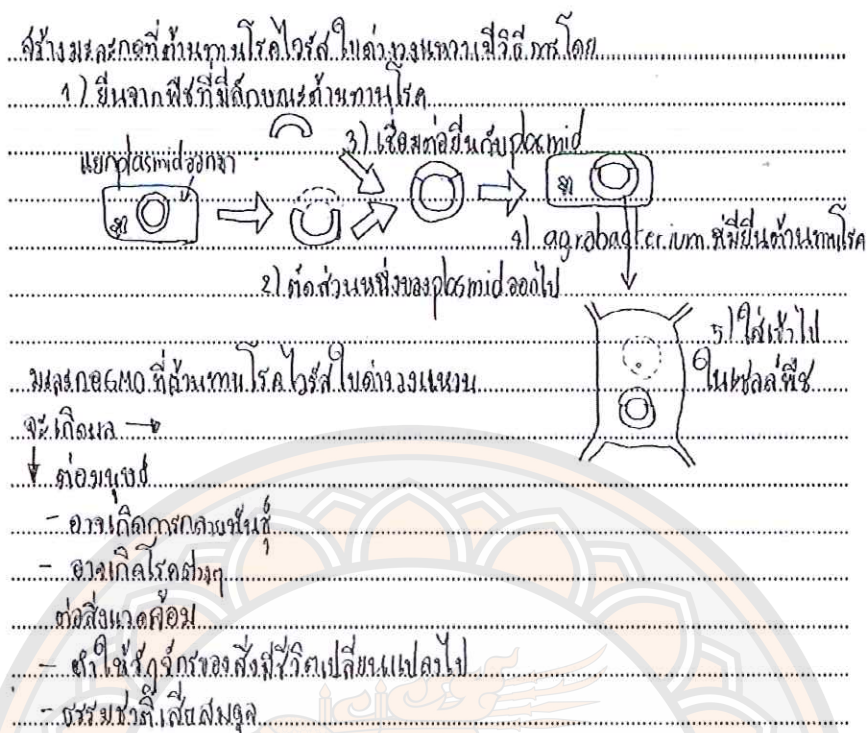
ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนในระดับถูกต้องร้อยละ 70.83 โดยนักเรียนสามารถอธิบายหลักการพันธุวิศวกรรมได้ รวมถึงผลที่เกิดต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น



S3, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 71 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S3
ความเข้าใจในทัศนในระดับสมบูรณ์



S16, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 72 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S16
ความเข้าใจในทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 29.17 ซึ่งนักเรียน
สามารถอธิบายหลักการพันธุวิศวกรรมได้ แต่ขาดการอธิบายในประเด็นผลกระทบต่อมนุษย์และ
สิ่งแวดล้อม ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

▶ เมื่อมองเรื่องโรคไวรัสที่ระบาดในพืชไร่ อาจเกิดโรคได้จากรายการ
การระบาดของโรค ซึ่งที่ต้นพันธุ์ที่ไม่ผ่านการคัดเลือก (เช่น การคัดเลือกไม่ได้)
จึงไม่ปลอดภัย ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

S15, บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 73 แสดงคำตอบจากบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง พันธุวิศวกรรม ของนักเรียน S15
ความเข้าใจในทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

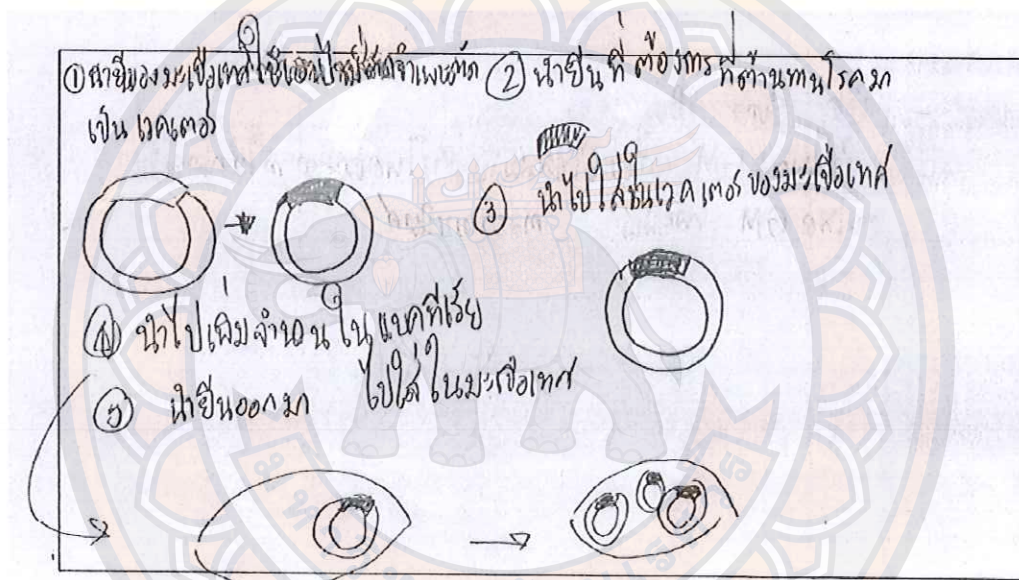
ผลการทำแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิดหลังการจัดการเรียนรู้

คำถามที่นักเรียนได้ทำ จะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ

คำถามข้อที่ 19 ถามว่า หากต้องการจะเพิ่มจำนวนยีนด้านทานโรคในมะเขือเทศ ท่านจะใช้หลักการทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ในการเพิ่มจำนวนยีนนั้นอย่างไร โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจมโนทัศน์ในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

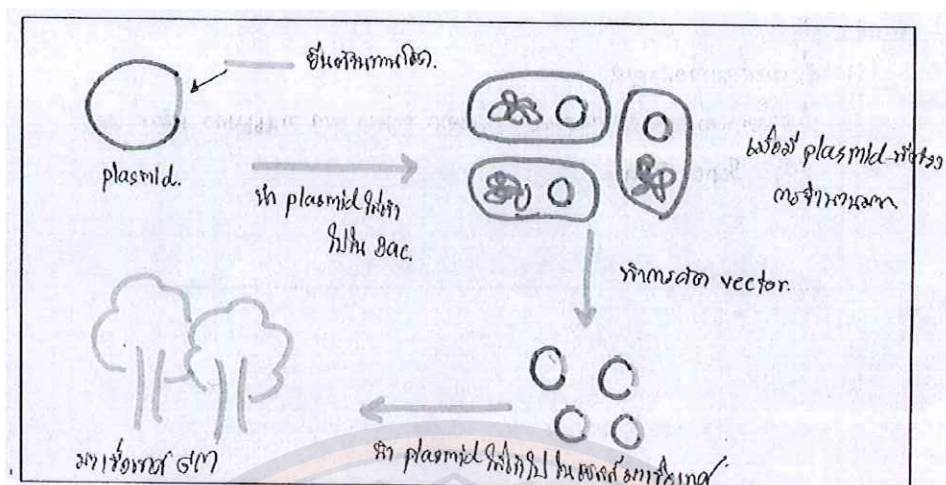
ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 54.17 โดยนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนพันธุวิศวกรรมได้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น



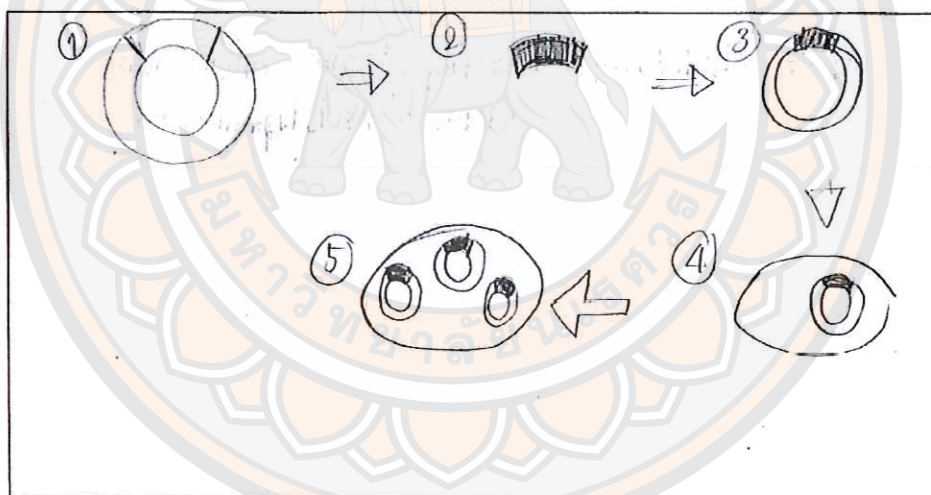
S13, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 74 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S13 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์



S24, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 75 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม
ข้อ 19 ของนักเรียน S24 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์



1. ใช้เอนไซม์ตัดจับเพื่อตัดชิ้นส่วนของมอเลกุล DNA แล้วนำไปเชื่อม
2. ใช้เอนไซม์ตัดจับเพื่อตัดชิ้นส่วนของมอเลกุล DNA แล้วนำไปใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย
3. นำไปเพิ่มจำนวนด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยง
4. นำชิ้นที่เพิ่มจำนวนแล้วไปใส่ในหลอดทดลอง

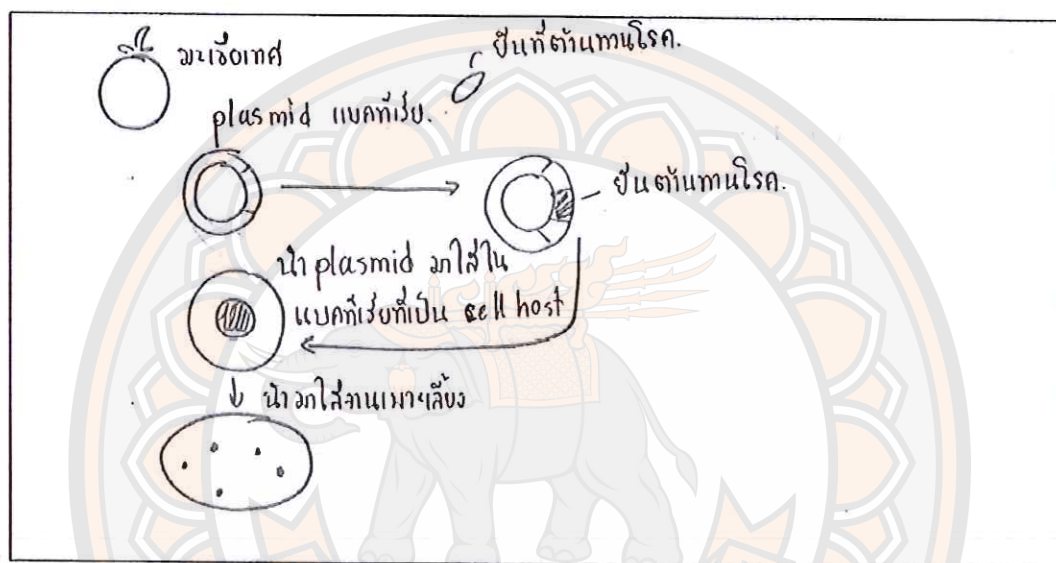
S16, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 76 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม
ข้อ 19 ของนักเรียน S16 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์

ความเข้าใจในทัศนโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 41.67 สามารถแบ่งคำตอบของนักเรียนได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

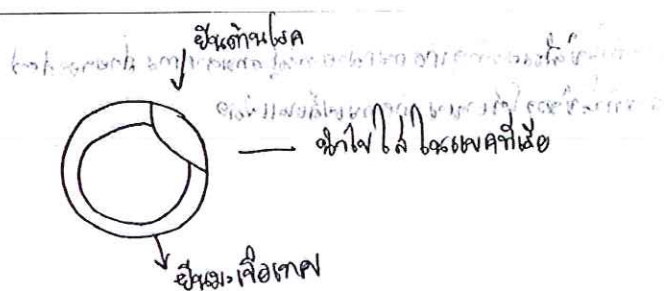
กลุ่มที่ 1 จำนวน 6 คน นักเรียนอธิบายขั้นตอนพันธุวิศวกรรมได้ แต่อธิบายไม่จบกระบวนการ ขาดการอธิบายการคัดเลือกหาแบคทีเรียที่ได้ DNA สายผสมเป็นเซลล์ที่มียีนที่ต้านทานโรคของมะเขือเทศ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น



S23, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 77 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม ข้อ 19 ของนักเรียน S23 ความเข้าใจในทัศนโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

กลุ่มที่ 2 จำนวน 4 คน นักเรียนเขียนมาเพียง Recombinant DNA ซึ่งเป็นการตัดต่อยีนที่ต้านทานโรคของมะเขือเทศเข้ากับดีเอ็นเอพาหะ เพื่อสร้างดีเอ็นเอสายผสม ขาดการอธิบายในขั้นตอนการสร้างดีเอ็นเอสายผสม ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น



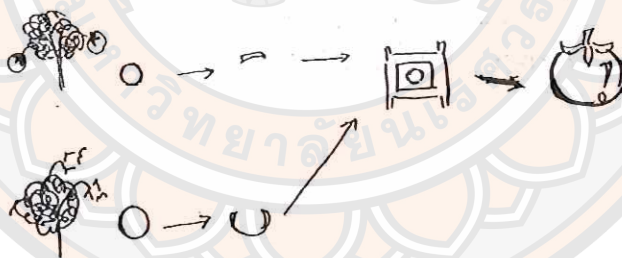
.....เส้นไฟในหลอดที่ร้อน เพื่อทำให้เกิด ท่อแก้วตัว.....

S20, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 78 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม
ข้อ 19 ของนักเรียน S20 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ร้อยละ 4.16 นักเรียน
เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าต้องนำยีนมาทั้งจากต้นมะเขือเทศที่แข็งแรงและอ่อนแอ แต่ตามหลักการ
ทางวิทยาศาสตร์นำมาเฉพาะยีนที่สนใจ ในที่นี้คือยีนต้านทานโรคในมะเขือเทศ คำตอบของนักเรียน
คือ



1. นำยีนจากต้นมะเขือเทศที่แข็งแรง แล้วนำส่วน.....
2. นำยีนจากต้นมะเขือเทศที่อ่อนแอ แล้วนำส่วน.....
3. นำยีนทั้งสองมาเชื่อมกัน ในหลอด.....
4. นำไปปลูกในมะเขือเทศ

S9, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม

ภาพ 79 แสดงคำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม
ข้อ 19 ของนักเรียน S9 ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน

คำถามข้อที่ 20 ถามว่า เกษตรกรไทยซื้อเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการตัดต่อพันธุกรรม (ข้าวโพด GM) จนได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ด้านทานต่อโรคและแมลง มาปลูกที่ไร่ของตนเอง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรเป็นกังวล คือ ผลหลังจากการปลูกพืชตัดแปลงพันธุกรรมในไร่ที่เปิดกว้างสู่สิ่งแวดล้อมเช่นนี้ จะบอกสิ่งที่เป็นกังวลนั้นต่อด้านมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมาอย่างน้อยด้านละ 2 ข้อ พร้อมอธิบายให้ได้ใจความ โดยมีคำตอบที่แสดงความเข้าใจในทัศนคติในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

ความเข้าใจในทัศนคติในระดับสมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 91.67 โดยนักเรียนสามารถอภิปรายผลของพันธุวิศวกรรมต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อมได้ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“ด้านมนุษย์ มนุษย์จะเป็นภูมิแพ้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก Promoter ที่ใส่ในพืชตัดต่อพันธุกรรม อาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ เนื่องจากสารภายในพืชที่ตัดต่อพันธุกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศอาจถูกทำลาย เพราะถ้าพืชแข็งแรงทนทานต่อแมลง แมลงอาจจะตายเพราะไม่มีอาหารกิน จนส่งผลต่อระบบนิเวศและสัตว์อื่นๆ ด้วย แมลงอาจจะเกิดการกลายพันธุ์ เพราะพืชตัดต่อพันธุกรรม เนื่องจากแมลงต้องปรับตัวให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้” (S18, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม)

“ด้านมนุษย์ อาจจะทำให้เกิดสารตกค้างภายในร่างกาย เมื่อผู้บริโภคกินพืชหรือสัตว์ที่ตัดต่อพันธุกรรมเข้าไปแล้ว เพราะการใส่ยีนต่างๆ ต้องมี Promoter ที่แปลกเข้ามาในร่างกาย ซึ่งยังไม่มีผลการวิจัยรองรับว่า Promoter ตัวนี้ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และกังวลว่าจะเกิดสารภูมิแพ้ ด้านสิ่งแวดล้อม หากสร้างพืชที่ทนต่อแมลง อาจทำให้แมลงเกิดการกลายพันธุ์ เช่น แมลงเกิดเป็น Super bug กับ ฝ้าย BT ซึ่งมีผลการวิจัยแล้วว่าแมลงมีการปรับตัวเองเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ และพืชหรือสัตว์ท้องถิ่นหรือสายพันธุ์เดิมอาจจะสูญพันธุ์ เพราะถูกสิ่งมีชีวิต GM กลืนไปหมด” (S21, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม)

ความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

นักเรียนมีความเข้าใจในทัศนคติในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 8.33 โดยนักเรียนตอบประเด็นไม่ครบตามที่กำหนด ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น

“ด้านมนุษย์ คนที่อยู่บริเวณนั้นหรือผู้บริโภค อาจได้รับสารตกค้างจาก GMOs ทำให้อาจเกิดผลข้างเคียง ด้านสิ่งแวดล้อม เกิด Super bug (S23, แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุวิศวกรรม)

จากผลการวัดมโนทัศน์หลังการจัดการเรียนรู้ ข้อ 19-20 เรื่อง พันธุวิศวกรรม พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ระดับสมบูรณ์ ร้อยละ 72.92 โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและให้เหตุผลได้ถูกต้องตรงตามมโนทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ และยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ ร้อยละ 2.08



บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเรื่องกับวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ และศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปสาระสำคัญของการวิจัยได้ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 3 วงรอบ สามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในขั้นนี้จะนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่เลือกใช้ควรเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะเรียน และวิทยาศาสตร์นั้นส่งผลต่อสังคมในหลายๆ ด้าน เช่น สุขภาพของประชากร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ คุณธรรม และจริยธรรม เป็นต้น และควรเป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนหรือยังตัดสินใจไม่ได้ กำลังเป็นที่ถกเถียงในสังคมปัจจุบัน ที่สำคัญต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ซึ่งอาจจะใช้คลิปข่าว คลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ หรือบทความจากอินเทอร์เน็ตที่แสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและด้านลบ เพื่อใช้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนและนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นนักเรียนจะร่วมกันสรุปใจความ

สำคัญที่ได้จากการเรียนรู้ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกบันทึกสาระสำคัญ บนกระดาน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งสรุปความคิดเห็นของกลุ่มว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ทำไมจึงคิดเช่นนั้น หลังจากแต่ละกลุ่มได้ข้อสรุปแล้ว จึงแบ่งนักเรียนเป็นฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้ง และครูใช้คำถามในการเชื่อมโยงเข้าสู่ขั้นที่ 2 ต่อไป ซึ่งในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนี้ไม่ควรใช้เวลาที่มากเกินไปเพราะจะส่งผลกระทบต่อขั้นอื่น หรือน้อยเกินไปเพราะนักเรียนอาจจะไม่เข้าใจในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้น

2. ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งได้สำรวจความรู้จากการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ ต้องเป็นแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ ทั้งแหล่งที่ใช้สืบค้นความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในขั้นตอนนี้ควรวิเคราะห์พื้นฐานในการสำรวจความรู้ของนักเรียน โดยครั้งแรกอาจจะกำหนดกรอบการค้นหา แล้วปล่อยให้ให้นักเรียนได้สืบค้นด้วยตัวเองมากขึ้นในครั้งต่อไป ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องระดมสมองกันว่าจะสืบค้นข้อมูลในประเด็นไหนเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการโต้แย้ง โดยนักเรียนสามารถใช้เวลาว่างหลังเลิกเรียนในสืบค้นข้อมูล หลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนเพิ่มเติมได้ นอกจากนี้ควรมีการแจ้งเวลาในการทำกิจกรรมให้นักเรียนทราบก่อนเริ่มทำกิจกรรม

3. ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งโต้แย้งกันในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มควรมีหน้าที่ในกิจกรรมการโต้แย้ง คือ ผู้เข้าร่วมการโต้แย้ง ส่วนกลางบันทึกคะแนนและจับเวลาขณะโต้แย้ง และกรรมการบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นชี้แจงขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หรืออาจมีการสาธิตขั้นตอนการโต้แย้งก่อน และแนะนำนักเรียนว่าควรนำความรู้พื้นฐานและหลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนข้อโต้แย้งให้มีน้ำหนักมากที่สุด และควรกำหนดว่าการโต้แย้งจะครอบคลุมในเรื่องใดบ้าง การโต้แย้งจะได้ไม่ออกนอกกรอบและใช้เวลามากเกินไป ในระหว่างที่นักเรียนโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูจะเป็นผู้คอยบันทึกสรุปสิ่งที่นักเรียนแต่ละฝ่ายพูดบนกระดานหน้าห้องทั้งส่วนของเหตุผล หลักฐาน และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งถามคำถามเพื่อถามความเข้าใจและเหตุผลสอดคล้องและเน้นย้ำในประเด็นที่สำคัญระหว่างนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเป็นระยะ เพื่อให้นักเรียนนำเสนอความรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนการโต้แย้งมี ดังนี้ 1) ฝ่ายเสนอ นำเสนอความเห็นสนับสนุนหรือเห็นด้วยกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็น 2) ฝ่ายโต้แย้ง นำเสนอความเห็นโต้แย้งหรือคัดค้าน พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุน

ความคิดเห็น และ 3) หากมีผู้เห็นต่างจากฝ่ายโต้แย้งสามารถเสนอเหตุผลและหลักฐานเพื่อหักล้างข้อโต้แย้งได้ หรือหากต้องการสนับสนุนฝ่ายเสนอก็สามารถเสนอเหตุผลและหลักฐานเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งระยะเวลาในการโต้แย้งไม่ควรมากเกินไปไม่ควรใช้เวลาเกิน 50 นาที เนื่องจากเป็นการโต้แย้งในประเด็นที่ค่อนข้างแคบและครอบคลุมความรู้ที่ค่อนข้างจำกัด

4. ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

นักเรียนและครูร่วมกันสรุปประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์จากหลักฐานในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในชั้นเรียนที่ครูเขียนบนกระดานหน้าห้อง หากมีประเด็นที่ขาดหายนักเรียนสามารถเสนอเพิ่มเพื่ออภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปประเด็นที่แต่ละกลุ่มได้รับจากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นนักเรียนสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในบันทึกการเรียนรู้ เป็นการสรุปมโนทัศน์ของนักเรียนและประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ โดยพบว่า หลังจัดกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์สูงขึ้นกว่าระหว่างเรียนทุกเรื่อง ยกเว้น การแปลรหัส ซึ่งมโนทัศน์ที่นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ การถอดรหัส นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนลดลงในเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัส และรหัสพันธุกรรม ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างเรียนสมบูรณ์มากที่สุด คือ พันธุวิศวกรรม (ร้อยละ 70.83) และพบว่า นักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัส รหัสพันธุกรรม และการแปลรหัส ซึ่งเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ รหัสพันธุกรรม (ร้อยละ 12.5) ส่วนมโนทัศน์ เรื่อง มิวเทชัน เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรมนั้น ไม่พบนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน หลังจากนักเรียนเรียนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว พบว่า เนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสมบูรณ์มากที่สุดคือ เทคโนโลยีชีวภาพ (ร้อยละ 85.42) และเนื้อหาที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ การแปลรหัส (ร้อยละ 11.11) ส่วนมโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรมนั้น ไม่พบนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อน และทุกมโนทัศน์ไม่พบนักเรียนที่ไม่เข้าใจในมโนทัศน์

อภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภายหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการสอนของ Lin and Mintzes (2010) เพื่อนำมาใช้พัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครบทั้ง 3 วงรอบแล้ว พบว่า ในแต่ละขั้นการสอนทั้ง 4 ขั้น ต้องมีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับนักเรียน โดยมีประเด็นในการอภิปราย ดังต่อไปนี้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

การเลือกใช้สื่อการเรียนรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ทั้งจากอินเทอร์เน็ต โทรศัพท์ หรือ วิทยุ นั้นควรมีความเหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และวัยของผู้เรียน ซึ่งในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข่าวเรื่องนุรีไฟฟ้าจากโทรศัพท์ การบำบัดโรคด้วยยีนและพ.ร.บ.จีเอ็มโอ จากอินเทอร์เน็ต ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lin and Mintzes (2010) ที่เลือกใช้คลิปจากภาพยนตร์จากเรื่อง Jurassic Park I เพื่อมาใช้อ้างอิงความสนใจนักเรียนเกรด 6 ในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมถึงประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้ต้องน่าสนใจและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน อีกทั้งยังต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน จึงจะสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ และต้องทำให้นักเรียนมองเห็นผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อสังคมทั้งด้านลบและบวก ที่สำคัญต้องสามารถทำให้นักเรียนเกิดความคิดเห็นต่อประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นั้นต่างกัน สอดคล้องกับงานของ Zeidler, et al. (2005) ที่กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ไม่ใช่แค่ความขัดแย้งทางความคิดในความรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังมีความสัมพันธ์กับคุณธรรม จริยธรรม สังคม การเมือง วัฒนธรรมหรือเศรษฐศาสตร์ เช่นเดียวกับที่ Lewis (2003) และ Ratcliffe and Grace (2003) ได้กล่าวไว้ว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สามารถช่วยเพิ่มความสนใจในวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากประเด็นเหล่านี้นักเรียนพบได้ในชีวิตจริง นอกจากนี้ครูยังมีบทบาทสำคัญในการใช้คำถามเร้าความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนคิดในมุมมองที่แตกต่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zeidler and Nichols (2009) ที่กล่าวว่า ครูต้องค้นหาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่จะใช้และเป็นผู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เห็นมุมมองต่างๆ ของปัญหา รวมถึงทำให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหานั้น ซึ่งถ้าหากครูเลือกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และรับฟังความคิดเห็นใหม่ๆ ไม่อาศัยความเชื่อเดิม จะเป็น

การเริ่มต้นการทำกิจกรรมที่ดี และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Lin and Mintzes (2010) ที่มีการใช้คำถาม "คุณเห็นด้วยหรือไม่...ทำไม" ในการกระตุ้นนักเรียน

หลังจากนักเรียนทราบประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์แล้ว จะทำให้นักเรียนเกิดความไม่พอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่ เนื่องจากไม่สามารถอธิบายข้อถกเถียงในสังคมด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ได้ หรือไม่แน่ใจในความรู้ที่ตนมีอยู่ สอดคล้องกับทฤษฎีในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner, et al. (1982) ที่กล่าวว่าก่อนนักเรียนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือสร้างมโนทัศน์ใหม่ นักเรียนจะเกิดความไม่พอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่ (Dissatisfaction) ก่อนนำไปสู่การสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อไป

2. ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

การกำหนดแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียนในครั้งแรกต้องมีความหลากหลายทั้งด้านบวกและลบ น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ เนื่องจากแหล่งสืบค้นข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้ในปัจจุบันนั้นมีมาก มีทั้งข้อมูลที่เป็นยอมรับและไม่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงต้องมีวิจารณญาณในการเลือกข้อมูล ก่อนที่จะปล่อยให้ให้นักเรียนได้สืบค้นอย่างอิสระในแผนต่อไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ปล่อยให้ให้นักเรียนได้สืบค้นด้วยตัวเองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เนื่องจาก นักเรียนได้ฝึกและเรียนรู้วิธีการสืบค้นและเข้าถึงข้อมูลมาแล้วจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 หรือ 2 ซึ่งการที่นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลหรือเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมถึงก่อนที่นักเรียนจะนำข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้นั้นมาใช้ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ข้อมูลนั้นจะต้องผ่านการอ่านและไตร่ตรองก่อน ทำให้นักเรียนเข้าใจในมโนทัศน์ระดับหนึ่ง ตามทฤษฎีในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner, et al. (1982) ที่กล่าวว่า มโนทัศน์ใหม่ต้องเป็นที่แจ่มแจ้ง (Intelligible) และน่าเชื่อถือ (Plausible) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cross, et al. (2008) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนโต้แย้งตามรูปแบบการโต้แย้ง นักเรียนจะต้องเลือกข้อมูลและหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนความคิดเห็น ซึ่งจะส่งผลทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Okumus and Unal (2012) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาโต้แย้งสามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

3. ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

อย่างที่ไดกล่าวไปข้างต้นว่าบทบาทของครูนั้นมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะจัดกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูต้องเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกแก่นักเรียน เหมือนที่ Zohar (2008) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ครูต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้ชี้นำ (authority) มาเป็นผู้ให้คำแนะนำ (facilitator) และบทบาทของครูนี้มีผลต่อ

การทำกิจกรรมเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เนื่องจากนักเรียนยังไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ที่เชี่ยวชาญ จึงต้องมีครูคอยถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นในมุมมองที่ขาดหายไปและแสดงมโนทัศน์ออกมาในระหว่างโต้แย้ง โดยคำถามนั้นควรถามความเข้าใจและเหตุผล ตามที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (2540) กล่าวว่า ครูควรใช้คำถามที่นักเรียนได้แสดงความสามารถระดับสูง เช่น ทำไม อย่างไร รวมไปถึงคำถามที่ให้นักเรียนได้ประมาณค่า และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Venville and Dawson (2010) ที่กล่าวว่า วิชาครูผู้สอนมีผลต่อการเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียน ด้วยการถามคำถามกระตุ้นนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้เช่นนี้ต้องการความยืดหยุ่นสูงในเรื่องเวลาในการจัดกิจกรรม ควรปรับเวลาให้เหมาะกับเนื้อหาที่เรียนแต่ละครั้ง ไม่ควรมากหรือน้อยเกินไป เช่นเดียวกับที่ Chung, et al. (2014) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้จะยืดหยุ่นตามความสามารถของนักเรียน นอกจากนี้การเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ นักเรียนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นกัน ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนมากขึ้น และที่สำคัญตัวนักเรียนต้องมีความกล้าแสดงออก และให้ความร่วมมือในการนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง จึงจะทำให้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Newton, et al. (1999; Acar and Patton, 2012) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน และใช้หลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนความคิดเห็นของฝ่ายตนเอง หรือคัดค้านฝ่ายตรงข้าม สามารถส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งการอภิปรายร่วมกันเป็นกระบวนการที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ ตามทฤษฎี โซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ ของ Vygotsky ที่ว่า การสร้างความรู้ของแต่ละบุคคล เกิดขึ้นจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม และการสื่อสาร รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ผ่านการใช้ภาษาในการสื่อสาร ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้และพัฒนาสติปัญญาของผู้เรียนได้ (สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2544)

นอกจากนี้ ในการที่นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์เข้าร่วมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องถกกันในเรื่องที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ และรับฟังการอธิบายมโนทัศน์ของเพื่อน ซึ่งมีโอกาสที่นักเรียนจะเกิดความไม่พึงพอใจในมโนทัศน์ที่ตนเองมีอยู่ แล้วเกิดการพัฒนามโนทัศน์เพื่อนำไปอธิบายประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner, et al. (1982) ที่เสนอเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ คือ 1) เกิดความไม่พอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่ (Dissatisfaction) 2) มโนทัศน์ใหม่ต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible)

3) มโนทัศน์ใหม่ต้องน่าเชื่อถือ (Plausible) และ 4) มโนทัศน์ใหม่ต้องมีประโยชน์ในการนำไปใช้
 บริบทอื่น (Fruitful) โดยมโนทัศน์ใหม่ของนักเรียนจะเป็นที่พอใจและยอมรับได้ก็ต่อเมื่อสอดคล้อง
 กับเงื่อนไขของ Hewson and Hewson (2003) ที่รับมาจากแนวคิดของโพสเนอร์ คือ 1) มโนทัศน์
 ใหม่เข้าใจง่าย (Intelligible) 2) มโนทัศน์ใหม่น่าเชื่อถือ (Plausible) และ 3) มโนทัศน์ใหม่
 มีประโยชน์ (Fruitful) ดังนั้น ไม่ว่าจะเป็นผู้ฟังหรือผู้พูด มีโอกาสที่นักเรียนจะเกิดการสร้างมโนทัศน์
 ขึ้นทั้งสิ้น และงานวิจัยของ Eskin and Ogan-Bekiroglu (2013) พบว่า กระบวนการโต้แย้งจะช่วย
 สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะตระหนักถึงความรู้ที่มีอยู่และปรับปรุงความรู้
 นั้นระหว่างที่กำลังโต้แย้งหรือรับฟังเพื่อนโต้แย้งด้วย

การโต้แย้งโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นการนำเหตุการณ์
 ในชีวิตจริงมาประยุกต์เข้ากับการเรียนในห้อง ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เลือกใช้ประเด็นบุหรื
 ไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งหรือไม่ พบว่านักเรียนเกิดทั้งมโนทัศน์การจำลองดีเอ็นเอและมิวเทชัน
 เนื่องจากวิธีการเรียนรู้แบบนี้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเข้ามาอธิบายได้ หากดูใน
 เนื้อหาทั้งเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอและมิวเทชันแล้ว จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กันอยู่ และการที่
 นักเรียนนำความรู้เรื่อง มิวเทชันมาอธิบายได้ แสดงว่านักเรียนสามารถตัดสินใจและอธิบายบริบทที่
 ซับซ้อนได้ สอดคล้องกับที่ Ratcliffe and Grace (2003) กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้อง
 กับวิทยาศาสตร์ที่ดีจะพัฒนาการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ตัดสินใจ หรือ
 ประเมินความขัดแย้งในบริบทต่างๆ ดังนั้น การที่นักเรียนเกิด 2 มโนทัศน์ ก็ขึ้นอยู่กับตัวนักเรียน
 ในการสืบค้นข้อมูล เนื่องจากการสืบค้นจะทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง ดังที่ได้กล่าวไป
 แล้วข้างต้นในขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้
 ยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคนและความซับซ้อนของประเด็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับ
 วิทยาศาสตร์ที่ใช้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Venville and Dawson (2010) ที่ได้แย้ง 2 เรื่อง คือ
 โรคปอดเรื้อรังและมะเขือเทศดัดแปลงพันธุกรรม แต่เกิดมโนทัศน์ 3 เรื่อง คือ โรคทางพันธุกรรม
 พันธุวิศวกรรม และการโคลน ซึ่งการเรียนด้วยวิธีนี้เปรียบเสมือนนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์
 ที่กำลังอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นให้เป็นที่ยอมรับ ซึ่งทำให้นักเรียนได้รู้ถึงการได้มา
 ซึ่งความรู้ ไม่ใช่รับเพียงความรู้อย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนเกิดการคิดและทักษะอื่นๆ
 ในขณะจัดการเรียนรู้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น
 การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์ การโต้แย้ง เป็นต้น

4. ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้อภิปรายข้อมูลจากการโต้แย้งร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง และนักเรียนแต่ละคนจะได้เขียนสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในบันทึกการเรียนรู้ รวมถึงการทำแบบทดสอบหลังเรียนจบทุกวงรอบ ซึ่งทำให้นักเรียนได้ทบทวนและเรียบเรียงความรู้ความเข้าใจของตัวเองอีกครั้งหนึ่ง สอดคล้องกับที่ Wallace, et al. (2004) ได้กล่าวไว้ว่า การเขียนจะสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (metacognition) และทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Eskin and Ogan-Bekiroglu (2013) ที่กล่าวว่า การเขียนทั้งระหว่างและหลังการโต้แย้งจะทำให้นักเรียนเริ่มตระหนักถึงความรู้ที่มีอยู่ และมีโอกาสที่นักเรียนจะเกิดการคิด ผ่านเหตุการณ์การขัดแย้งที่เกิดขึ้นในขณะโต้แย้งในชั้นเรียน ที่สำคัญยังทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ ชัดเจนขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากผลการวิจัย พบว่า หลังจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนมีการสร้างหรือเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ซึ่งหลังเรียนมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นจากระหว่างเรียน เนื่องจากนักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ ตามทฤษฎีในการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner, et al. (1982) คือ นักเรียนจะเกิดความไม่พอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่ (Dissatisfaction) ซึ่งเกิดในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและอาจเกิดขึ้นขณะนักเรียนรับฟังการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการใช้ความรู้อธิบายผลด้านบวกและด้านลบจากสื่อที่ครูใช้สร้างความสนใจ ทำให้นักเรียนต้องการสำรวจความรู้ในขั้นต่อไป ส่วนในขั้นสำรวจความรู้และขั้นโต้แย้งนั้น นักเรียนจะเกิดการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ ตามเงื่อนไขของ Posner คือ มโนทัศน์ใหม่ต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้ง (Intelligible) น่าเชื่อถือ (Plausible) และต้องมีประโยชน์ในการนำไปใช้บริบทอื่น (Fruitful) ซึ่งนักเรียนก็ได้ผ่านการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ใน 3 ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์แล้ว ส่งผลให้นักเรียนเริ่มมีมโนทัศน์ที่ซับซ้อนขึ้น และเนื่องจากความรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์ มีความเชื่อมโยงกันในเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ที่กล่าวว่า พันธุศาสตร์เป็นวิชาที่ซับซ้อน มโนทัศน์เรื่องหนึ่งสัมพันธ์ต่อมโนทัศน์อีกเรื่องหนึ่ง โดยนักเรียนสามารถมีมโนทัศน์ที่ซับซ้อนได้ แต่เรื่อง การแปรหลัศ เป็นเรื่องเดียวที่มีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์น้อยลงจากระหว่างเรียน นอกจากนี้ ยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนอยู่ มีสาเหตุตามที่ ทศนียา รัตนฤทัย

(2549) รายงานผลว่า ความรู้ทางพันธุศาสตร์โมเลกุลนั้น เป็นเรื่องที่นักเรียนและครูมีความเห็นตรงกันว่ายาก โดยเฉพาะความรู้ เรื่อง การแปลรหัส และการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้กันและได้เชื่อมโยงความรู้ที่ซับซ้อนเข้ากับชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sadler and Zeidler (2003) ที่กล่าวว่า ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายมากขึ้นและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง นอกจากนี้กระบวนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้หาข้อมูล และได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อน นักเรียนจึงสามารถมองเห็นเนื้อหาเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Eskin and Ogan-Bekiroglu (2013) ที่กล่าวว่า ในขณะที่นักเรียนถกเถียงกัน นักเรียนจะตระหนักถึงความรู้ของตัวเองและปรับปรุงให้ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้นักเรียนมองเห็นความรู้ที่ซับซ้อนเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

หากดูที่จำนวนร้อยละของนักเรียนที่เข้าใจในทัศน์ในระดับสมบูรณ์ของเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ระหว่างเรียนจะเห็นว่ามีร้อยละสูงถึง 75 และ 70.83 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของนักเรียนที่เข้าใจในทัศน์ในระดับสมบูรณ์หลังเรียนสูงถึง 85.42 และ 72.92 ตามลำดับ รวมถึงเรื่องมิวเทชัน นักเรียนมีความเข้าใจในทัศน์หลังเรียนในระดับสมบูรณ์สูงถึงร้อยละ 61.46 เนื่องจาก 3 เรื่องนี้เป็นเรื่องที่เป็นรูปธรรมและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ง่ายและมองเห็นภาพชัดกว่า ดังเช่นงานวิจัยของ ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) ที่กล่าวว่าความรู้เรื่อง พันธุวิศวกรรม โคลนนิ่ง จีเอ็มโอและ จีโนม มีความสัมพันธ์กับมนุษย์มากขึ้น สำหรับมโนทัศน์ เรื่อง พันธุวิศวกรรม นั้นในระหว่างเรียนไม่พบนักเรียนที่มีความเข้าใจในทัศน์คลาดเคลื่อนหรือคลาดเคลื่อนบางส่วน อาจจะเพราะบันทึกการเรียนรู้ ถามกว้างเกินไป นักเรียนจึงตอบเฉพาะสิ่งที่ตนเองแน่ใจ ส่งผลให้นักเรียนแสดงความเข้าใจในทัศน์ออกมาในระดับถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์มีถึงร้อยละ 29.17 ในขณะที่หลังเรียนนั้นมีนักเรียนที่มีมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 2.08 ในเรื่อง กระบวนการทางพันธุวิศวกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศนียา รัตนฤทัย (2549) ที่พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 ไม่มีมโนทัศน์พันธุวิศวกรรม และนักเรียนกว่าร้อยละ 25 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน ในเรื่อง กระบวนการทางพันธุวิศวกรรม ในขณะที่นักเรียนสามารถอภิปรายผลของพันธุวิศวกรรมต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อมได้ และผลงานวิจัยแตกต่างจากที่ Hoegler (2014) กล่าวไว้ว่า นักเรียนมักจะมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่ว่า พันธุวิศวกรรมไม่เกี่ยวข้องกับการโคลนนิ่งและผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรมนั้นเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ซึ่งเมื่อนักเรียนเรียนโดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

แล้ว นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของพันธุวิศวกรรมและการโคลนนิ่งได้ และยังเห็นทั้งด้านบวกและลบของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการดัดแปลงพันธุกรรมอีกด้วย ส่วนมโนทัศน์เรื่องเทคโนโลยีชีวภาพนั้นไม่มีนักเรียนที่เข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อน อาจเป็นเพราะเทคโนโลยีชีวภาพตามหลักสูตรโรงเรียนนั้นลงรายละเอียดเพียงเทคโนโลยีชีวภาพด้านพันธุศาสตร์ และเป็นมโนทัศน์ที่ไม่ใหญ่มาก จึงมีแต่นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

ส่วนมโนทัศน์ เรื่อง มิวเทชันนั้น นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ขึ้นระหว่างเรียน เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ระหว่างมโนทัศน์ได้ แต่ความรู้นั้นยังมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อนอยู่ จะเห็นว่าระหว่างเรียนยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 12.5 อาจจะเนื่องจากการบันทึกการเรียนรู้เป็นรูปแบบการเติมคำในแผนผังความคิด นักเรียนบางคนจึงแสดงทั้งมโนทัศน์ที่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนปะปนกัน โดยประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ มิวเทชันระดับโครโมโซมนั้นเกิดจากบางส่วนของเบสหายไปหรือเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจริงๆ แล้วเกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือจำนวนโครโมโซม หากนักเรียนเข้าใจคำศัพท์ในเรื่อง พันธุศาสตร์รวมถึงสามารถเชื่อมโยงความรู้กับเรื่องแบ่งเซลล์ได้ จะทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโครโมโซมเปลี่ยนแปลงจากระยะแอนาเฟสที่ผิดปกติ นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกกลุ่มที่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่ามิวเทชันที่เกิดที่เซลล์ร่างกายสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ ซึ่งน่าจะเกิดจากนักเรียนไม่เข้าใจเรื่อง เซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gili and Ruth (2000) ที่ศึกษามโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ โดยใช้พื้นฐานเรื่อง เซลล์ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่อธิบายเรื่องมิวเทชันเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องเซลล์ไม่ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจกระบวนการและระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์ ในขณะที่หลังเรียนข้อสอบจะละเอียดมากกว่า ทำให้ทราบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.04 ในประเด็นมิวเทชันระดับยีนและโครโมโซม เช่นเดียวกับผลการวัดมโนทัศน์ระหว่างเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของพิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่พบว่านักเรียนมักจะมีมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง มิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนที่แปลรหัสเป็นกรดอะมิโนจากแอนติโคดอน ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการแปลรหัสคลาดเคลื่อน ผลการทดลองในส่วนนี้ทำให้เห็นว่าความรู้เรื่อง พันธุศาสตร์นั้นมีความเชื่อมโยงกัน และนักเรียนจะต้องมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ก่อนที่จะนำมาเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ต่อไป แต่ผลการวิจัยแตกต่างกับที่ นันทยา อัครอารีย์ (2558) ได้รายงานผลไว้ว่านักเรียนมักจะเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า

มิวเทชันก่อให้เกิดโรคและผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตเท่านั้น ซึ่งในกรณีนี้นักเรียนสามารถบอกด้านดีและด้านลบของการเกิดมิวเทชันได้เมื่อเรียนด้วยวิธีการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ในขณะที่มีโนทัศน์เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัส รหัสพันธุกรรม และการแปลรหัส ยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจโนทัศน์หลังเรียนอยู่ในระดับคลาดเคลื่อนร้อยละ 4.17 3.13 2.78 และ 11.11 ตามลำดับ เนื่องจากเนื้อหาทั้ง 4 เรื่องนี้ค่อนข้างเป็นหลักการ และมีความเป็นนามธรรมมากกว่าเรื่อง มิวเทชัน เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ตามที่ Gili and Ruth (2000) กล่าวไว้ว่าเนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์เป็นเรื่องที่ยากแก่การเข้าใจ เป็นความรู้ที่ซับซ้อนค่อนข้างมีความเป็นนามธรรมสูง และมีโนทัศน์เรื่อง การแปลรหัสนักเรียนมีความเข้าใจโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นจากระหว่างเรียน อาจเกิดจากบันทึกการเรียนระหว่างเรียนมีคำถามที่กว้างเกินไป นักเรียนส่วนใหญ่จึงเขียนเฉพาะสิ่งที่ตนเองมั่นใจเท่านั้น ทำให้มีทั้งโนทัศน์ที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องต้องปนกันอยู่ในคำตอบของนักเรียน ร้อยละของนักเรียนระหว่างเรียนจึงมีความเข้าใจโนทัศน์คลาดเคลื่อนเพียง 4.17 แต่มีร้อยละของนักเรียนที่มีโนทัศน์คลาดเคลื่อนบางส่วนร้อยละ 16.67 ส่วนหลังเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจโนทัศน์คลาดเคลื่อนสูงถึงร้อยละ 11.11 โดยนักเรียนมักจะนำความรู้และคำศัพท์เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการถอดรหัส และกระบวนการแปลรหัสมาปนกัน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนสับสนระหว่างโคดอนและแอนติโคดอน จึงทำให้นักเรียนแปลรหัสจากแอนติโคดอนและไม่เริ่มการแปลรหัสจาก AUG ซึ่งสอดคล้องกับที่ ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ (2550) กล่าวไว้ว่า พันธุศาสตร์นั้นมีเนื้อหาที่ซับซ้อนและมีคำศัพท์เฉพาะที่ต้องจำและเข้าใจยากหลายคำ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่พบว่า นักเรียนมักจะมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่อง การสังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซม โดยไม่เริ่มสังเคราะห์กรดอะมิโนจากรหัส AUG และการรายงานผลของ AAAS Project 2061 (n.d) พบว่า การแปลลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์ นักเรียนจะแปลรหัสจากแอนติโคดอน แต่ผลการวิจัยแตกต่างจากที่ Marbach-Ad (2001) ค้นพบ ได้แก่ นักเรียนเข้าใจว่าโปรตีนมีฮีนหรือดีเอ็นเอเป็นองค์ประกอบ

ส่วนมีโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ พบว่า หลังเรียนมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนทัศน์ในระดับสมบูรณ์เพิ่มขึ้นจากระหว่างเรียนกว่าร้อยละ 22.92 ถึงแม้ว่าหลังเรียนจะมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจโนทัศน์คลาดเคลื่อนน้อยกว่าระหว่างเรียน แต่ก็ยังมีนักเรียนที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนอยู่ร้อยละ 4.17 ซึ่งมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องทิศทางการสังเคราะห์สายใหม่ แม่แบบในการสังเคราะห์ที่ใช้เพียงดีเอ็นเอ 1 สาย และไม่เข้าใจว่า

กระบวนการจำลองดีเอ็นเอเกี่ยวข้องกับอย่างไรกับระยะ S ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องการจำลองดีเอ็นเอคลาดเคลื่อน ในประเด็นการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่จากสายแม่แบบทั้งสองสายมีทิศทางเดียวกัน แม่แบบในการสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ คือ สายดีเอ็นเอเพียงสายเดียว เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ratanaroutai (2006) ที่พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอคลาดเคลื่อนเช่นกัน

มโนทัศน์ เรื่อง การถอดรหัส พบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์หลังเรียนสูงถึงร้อยละ 57.29 ซึ่งมากกว่าระหว่างเรียนซึ่งมีเพียงร้อยละ 25 แต่หลังเรียนยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนอยู่ โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่อง ความหมายและตำแหน่งของยีน อีกทั้งยังมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจโครงสร้างของยีน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศนียา รัตนฤทัย (2549) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เรื่อง ยีน สูงถึงร้อยละ 89.8 และงานวิจัยของ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดมโนทัศน์ เรื่อง โครงสร้างของยีน นอกจากนี้ นักเรียนยังมีความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่อง ขั้นตอนการถอดรหัส ซึ่งนักเรียนสับสนกับกระบวนการจำลองดีเอ็นเอ ทั้งเอนไซม์ที่ใช้ จำนวนสายดีเอ็นเอที่เป็นแม่แบบ รวมถึงเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าทิศทางของเอ็มอาร์เอ็นเอที่ได้มีทิศทางเดียวกับสายแม่แบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถอธิบายการถอดรหัสจากดีเอ็นเอเป็นอาร์เอ็นเอได้

นอกจากนี้ มโนทัศน์ เรื่อง รหัสพันธุกรรม เป็นมโนทัศน์หนึ่งที่นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียนสูงถึง 66.67 และ 77.78 ตามลำดับ แต่หลังเรียนนักเรียนยังมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วนอยู่ที่ร้อยละ 8.33 และความเข้าใจมโนทัศน์คลาดเคลื่อนร้อยละ 2.78 โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า รหัสพันธุกรรม คือ ทีอาร์เอ็นเอและไม่สามารถบอกรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุดได้ อีกทั้งนักเรียนยังเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ารหัสเริ่มต้นไม่ต้องแปลเป็นกรดอะมิโน รวมถึงหากไม่ต้องแปลกรดอะมิโนที่ซ้ำกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ratanaroutai (2006) ที่พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรหัสพันธุกรรม แต่แตกต่างจาก พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่รายงานผลว่า นักเรียนไม่สามารถอ่านตารางรหัสพันธุกรรมได้ นอกจากนี้งานวิจัยของ ทศนียา รัตนฤทัย และนฤมล ยุตาคม (2549) ยังรายงานว่า เรื่อง รหัสพันธุกรรมเป็นเรื่องที่นักเรียนระดับความยากเป็นอันดับที่ 2 รองจากเรื่อง โครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอ

โดยภาพรวมจะเห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในทศน์ในระดับคลาดเคลื่อนลดลงจากวงรอบที่ 1 ถึงวงรอบที่ 3 เนื่องจาก เนื้อหาในการจัดการเรียนรู้จะเริ่มจากเนื้อหาที่เป็นหลักการไปสู่เนื้อหาที่เป็นการประยุกต์ใช้ จึงส่งผลให้เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมมีเนื้อหาที่เหมาะสมกับการได้แย่งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มากกว่าเรื่องอื่นๆ

หากดูในทั้ง 7 มโนทัศน์จะเห็นว่าไม่พบนักเรียนคนใดที่ไม่เข้าใจในทศน์ เนื่องจาก การวัดมโนทัศน์เกิดขึ้นระหว่างเรียนและหลังเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ขึ้นแล้ว แต่มีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่ตอนแรกถูกจัดอยู่ในกลุ่มไม่เข้าใจในทศน์ เพราะนักเรียนไม่เขียนตอบคำถาม จึงได้ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมและพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในทศน์อยู่ในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ซึ่งการที่นักเรียนไม่เขียนคำตอบอาจจะเกิดจาก แบบวัดมโนทัศน์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด ดังนั้นนักเรียนอาจจะเขียนคำศัพท์หรือเขียนอธิบายไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิศเนตร อุทัยไชย (2554) ที่รายงานผลว่า นักเรียนขาดการฝึกฝนการทำแบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด ทำให้นักเรียนเขียนคำตอบได้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์และครอบคลุมเนื้อหาที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย่งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ต้องเหมาะสมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถประยุกต์กับสังคมได้ เช่น เทคโนโลยีชีวภาพ พันธุวิศวกรรม หรือสิ่งแวดล้อม เป็นต้น หรือหากเป็นเนื้อหาที่เป็นหลักการควรเลือกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ให้ถึงเนื้อหานั้น

1.2 ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้ควรเหมาะสมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะสอนและวัยของนักเรียน อีกทั้งต้องเป็นเรื่องที่สร้างสรรค์ กำลังเป็นที่ถกเถียงในสังคม จะทำให้สามารถช่วยสร้างความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เนื้อหาที่เป็นทฤษฎีหรือหลักการ ที่มีความเป็นนามธรรมสูง ควรมีการใช้คำถามที่มีความจำเพาะเจาะจงกับเนื้อหานั้น และใช้คำถามที่เข้าใจง่าย เพื่อจะได้ไม่เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากคำถาม

2.2 การจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาความเข้าใจในทัศนคติของนักเรียน เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ การถอดรหัส รหัสพันธุกรรม และการแปลรหัส เนื่องจากพบว่า ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่

2.3 ระหว่างทำการวิจัยผู้วิจัยพบว่านักเรียนเกิดความคิดและทักษะอื่นๆ เช่น การคิด อย่างมีเหตุผล การคิดวิเคราะห์ ทักษะการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หรือทักษะการสืบค้นข้อมูล เป็นต้น ดังนั้น อาจมีการศึกษาตัวแปรตามอื่นๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากการพัฒนามโนทัศน์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน





บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: ชัดเชด มีเดีย.
- โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์. (2555). หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา สัตววิทยา 3. กรุงเทพฯ: ด้านสุขภาพการพิมพ์.
- จันทร์จิรา ชุ่มเรืองศรี. (2539). การวิเคราะห์แนวคิดที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 102) เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- จิตตินันท์ สาตะนิมิ. (2550). การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทวีป บรรจงเปลี่ยน. (2540). การศึกษาการเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกสีเขียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลวิธีการสอน เพื่อเปลี่ยนมโนคติตาม ทฤษฎีของ Posner และคณะกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ทัศนียา รัตนถาทัย. (2549). แนวคิดพันธุศาสตร์ของนักเรียนด้วยโอกาสช่วงชั้นที่ 4 ของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, 27(2), 234-245.
- ทัศนียา รัตนถาทัย และนฤมล ยุตาคม. (2549). การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียน การสอนพันธุศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนสังกัดกองการศึกษา สงเคราะห์ในประเทศไทย. วารสารสงขลานครินทร์ (ฉบับสังคมศาสตร์และ มนุษยศาสตร์), 12(3), 313-327.
- นันทยา อัครอารีย์. (2558). ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธุศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2558, จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=2402>.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2554). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2551). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Socioscientific. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2(3), 99-106.

- ปรีชา วงศ์ศิริ. (2525). เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.
กรุงเทพฯ: กรมการฝึกหัดครู.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบ
การสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อ
เสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลนักเรียนมัธยมศึกษา
ตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- พัชรี ผลโยธิน. (2551). รวมนวัตกรรมทฤษฎีการศึกษาปฐมวีย์สู่การประยุกต์ใช้ในห้องเรียน.
นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิคนตร อุทัยไชย. (2554). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง
พันธุศาสตร์โมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์
ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พินิจ ขำวงษ์ (ผู้บรรยาย). (2551). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ
วิทยาศาสตร์. ใน สัมมนา เรื่อง สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรให้สอดคล้องกับบริบท
ชุมชนเมือง. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2550). ทักษะ 5C เพื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียน
การสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2537). การเรียนรู้ตามทัศนะกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism)
กับการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม,
12(2), 111-117.
- ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์. (2550). การศึกษาการเปลี่ยนมโนคติของนักเรียนระดับชั้นมัธยม
ศึกษาตอนปลาย เรื่อง น้ำที่เย็น โดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ. วิทยานิพนธ์
ศษ.ด., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2534). การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: เชียงใหม่
คอมเมอร์เชียล.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย. (2557). หลักสูตรฝึกอบรมแพทย์ประจำบ้านต่อยอด
เพื่อประกาศนียบัตรแสดงความรู้ความชำนาญ ในการประกอบวิชาชีพเวชกรรม
อนุสาขากุมารเวชศาสตร์โรคพันธุกรรม พ.ศ. 2557. กรุงเทพฯ: ราชวิทยาลัย
กุมารแพทย์แห่งประเทศไทย.

- โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์. (2551). การดำเนินโครงการส่งเสริมและพัฒนาอัจฉริยภาพ
ด้านวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. นครปฐม:
โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์.
- โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. (2555). หลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียน
วิทยาศาสตร์ภูมิภาค พุทธศักราช 2554. พิษณุโลก: โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค.
- วรัญญา จำปามูล. (2555). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มี
ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). คู่มือการวัดผลประเมินผล
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน
ชีววิทยา สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการ
และสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม
ชีววิทยา เล่ม 4. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากร
ทางการศึกษา ลาดพร้าว.
- สมควร ขนชัยภูมิ. (2545). การเปรียบเทียบความเข้าใจในโมติวิทยาฟิสิกส์ เรื่อง
ปรากฏการณ์คลื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอน
ตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนคติของโพสเนอร์และคณะเทียบกับการสอนปกติ.
วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2555).
นโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ฉบับที่ 1
พ.ศ. 2555-2564. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2550). สเต็มเซลล์และยีนบำบัด
ทางเลือกและความหวังของวงการแพทย์. สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2558,
จาก <http://www.nstda.or.th/nstda-knowledge/17110-nac2014-stemcell>.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21.
เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.

- สุรีย์ สอนตระกูล. (2544). การเรียนรู้ที่มีความหมายด้วยการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์
ในการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 2.
กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2550). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2544). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวดี แสนคำภูมิ. (2544). ผลการสอนเพื่อแกมนิเทศที่ตลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องระบบนิเวศ โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตาม
ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนคติของโพสเนอร์และคณะ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุวิมล ว่องวาณิช. (2554). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- อภิชาติ วรธนวิจิตร. (2547). เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร. ใน หนังสือสารานุกรมไทย
สำหรับเยาวชน เล่มที่ 28. กรุงเทพฯ: สำนักงานกลาง หอรัษฎากรพิพัฒน์
ในพระบรมมหาราชวัง.
- อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. (2550). การกลายพันธุ์: เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาทร รอกกลาง. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับเปลี่ยนมโนคติ เรื่อง แรงและกฎ
การเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.,
มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- อิทธิกร ปิ่นทอง. (2556). คำพิพากษาฎีกาเกี่ยวกับนิติวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.,
มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- Acar, O. and Patton, B.R. (2012). Argumentation and formal reasoning skills in an
argumentation based guided inquiry course. *Procedia-Social and Behavioral
Science*, 46, 4756-4760.

- AgBioWorld. (2013). **Biotech food myths, misconceptions and misinformation: A response to false activist claims.** Retrieved February 23, 2014, from <http://www.agbioworld.org/biotech-info/articles/agbio-articles/GMmyths.html>.
- American Association for the Advancement of Science. (2014). **Reproduction, genes, and heredity.** Retrieved February 17, 2014, from <http://assessment.aaas.org/topics/RH>.
- Anderson, D.L., Fisher, K.M. and Norman, G.J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952-978.
- Arends, R.I. (1998). **Resource handbook** (4th ed.). Boston, MA: McGraw-Hill.
- Ausubel, D.P. (1970). **The use of ideational organizers in science teaching.** Retrieved May 28, 2012, from <http://eric.ed.gov/?id=ED050930>.
- Baird, J.R., Fensham, P.J., Gunston, R.F. and White, R.T. (1991). The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 163-182.
- Banet, E. and Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: a strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Belland, B., Gu, J., Armbrust, S. and Cook, B. (2015). Scaffolding argumentation about water quality: a mixed-method study in a rural middle school. *Educational Technology Research and Development*, 63(3), 325-353.
- Bennett, J. (2005). **Teaching and learning science: A guide to recent research and its applications.** London, UK: Continuum.
- Berland, L.K. and Reiser, B.J. (2011). Classroom communities' adaptations of the practice of scientific argumentation. *Science Education*, 52, 191-216.
- Berland, L.K. and Reiser, B.J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Blackburn, S. (1994). **The oxford dictionary of philosophy.** Oxford, England: Oxford University.

- Bricker, L.A. and Bell, P. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92(3), 473-498.
- Bruning, R.H., Schraw, G.J. and Ronning, R.R. (1999). *Cognitive psychology and instruction*. Upper Saddle River, NJ: Merrill.
- Chandrasegaran, A., Treagust, D.F. and Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293-307.
- Chin, C.C., Yang, W.C. and Tuan, H.L. (2015). Argumentation in a socioscientific context and its influence on fundamental and derived science literacies. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1-15.
- Chung, Y., Yoo, J., Kim, S.W., Lee, H. and Zeidler, D. (2014). Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 1-27.
- Cinar, D. and Bayraktar, S. (2014). Evaluation of the effects of argumentation based science teaching on 5th grade students' conceptual understanding of the subjects related to "matter and change". *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 2(1), 49-77.
- Cross, D., Taasooobshirazi, G. Hendricks, S. and Hickey, D.T. (2008), Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education*, 30(6), 837-861.
- Dolan, T.J., Nichols, B.H. and Zeidler, D.L. (2009). Using socioscientific issues in primary classrooms. *Journal of Elementary Science Education*, 21(3), 1-12.
- Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.

- Duncan, R.G. and Tseng, K.A. (2011). Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics. *Science Education*, 95(1), 21-56.
- Duschl, R.A. and Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Erduran, S. and Jiménez-Aleixandre, M.P. (2007). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran. and M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp.3-27). New York: Springer.
- Eskin, H. and Ogan-Bekiroglu, F. (2013). Argumentation as a strategy for conceptual learning of dynamics. *Research in Science Education*, 43(5), 1939-1956.
- Finley, F.N., Stewart, J. and Yarroch, W.L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531-538.
- Fisher, C.D. (1986). Organizational socialisation: An integrative review. In K.M. Rowland and G.R. Ferris (Eds.), *Research in personnel and human resources management* (pp.101-145). Greenwich, CT: JAI.
- Aikenhead, G.S. (2004). Science communication with the public: A cross-cultural event. In J. Gilbert (Ed.), *The routledgeflamer reader in science education* (pp.149-167). London: RoutledgeFalmer.
- Gili, M.A. and Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biology Education*, 34(4), 200-206.
- Glynn, S.M., Duit, R. and Thiele, R.B. (1995). Teaching science with analogies: A strategy for constructing knowledge. In S. M. Glynn and R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 247-273). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Gümrah, A. and Kabapınar, F. (2010). Designing and evaluating a specific teaching intervention on chemical changes based on the notion of argumentation in science. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1214-1218.

- Haidar, A.H. and Abraham, M.R. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 919-938.
- Hewson, P.W. (1992). Conceptual change in science teaching and teacher education. In paper presented at a meeting on Research and Curriculum Development in Science Teaching, USA.
- Hewson, M.G. and Hewson, P.W. (2003). Effect of instruction using students' prior knowledge and Conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research Teaching*, 25(8), 35-43.
- Hoegler, K. (2014). 5 major misconceptions about GMOs. Retrieved February 10, 2014, from <http://www.breakingbio.org/5-major-misconceptions-gmos/>.
- Kilic, D. and Saglam, N. (2009). Development of a two-tier diagnostic test concerning genetics concepts: the study of validity and reliability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2685-2686.
- Klopfer, L.E. (1971). Evaluation of learning in science. In B.S. Bloom, J.T. Hastings and G.F. Madaus (Eds.), *Handbook on summative and formative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.
- Klosterman, M.L. and Sadler, T.D. (2010). Multi-level assessment of scientific content knowledge gains associated with socioscientific issues-based instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1017-1043.
- Kolsto, S.D. and Ratcliffe, M. (2007). Social aspects of Argumentation. In S. Erduran and M. P. Jimenez-Alexandre (Eds.), *Argumentation in science Education: Recent Developments and Future Directions*. New York: Springer.
- Kolstø, S.D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.

- Kuhn, D. and Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child Development*, 74, 1245-1260.
- Lang, P.J., Bradley, M.M. and Cuthbert, B.N. (1995). *International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings*. Gainesville: University of Florida, Center for Research in Psycho-physiology.
- Lawson, A. and Thomson, L. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 733-746.
- Lewis, S.E. (2003). *Issue-based teaching in science education*. Retrieved May 28, 2012, from <http://www.actionbioscience.org/education/lewis.html>.
- Lin, S.S. and Mintzes, J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effects of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017.
- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education*, 35(4), 183-189.
- Mason, L. and Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, 16, 492-509.
- Means, M. and Voss, J. (1996). Who reasons well? Two studies of informed reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14(2), 139-178.
- Millar, R. and Osborne, J.F. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: Nuffield Foundation.
- Mintzes, J.J., Wandersee, J.H. and Novak, J.D. (2000). *Assessing science understanding: A human constructivist view*. San Diego: Academic.
- Newton, P., Driver, R. and Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.

- Norris, F.H., Stevens, S.P., Pfefferbaum, B., Wyche, K.F. and Pfefferbaum, R.L. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American Journal of Community Psychology*, 41(1-2), 127-150.
- Okumus, S. and Unal, S. (2012). The effects of argumentation model on students' achievement and argumentation skills in science. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 457-461.
- Osborne, J., Erduran, S. and Simon, S. (2004). *Ideas, evidence and argument in Science (IDEAS) in-service training pack, resource pack and video*. London: Nuffield Foundation.
- Pedretti, E. (1999). Decision-making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centres through an issues-based approach. *School Science and Mathematics*, 99(4), 174-181.
- Peterson, R.F. and Treagust, D.F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of chemical education*, 66(6), 459-60.
- Pitipornatapin, S. and Sadler, T.D. (2015). Pre-service science teachers' perceptions and practices of socioscientific issue-based teaching. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 38(2), 102-125.
- Ratanaroutai, T. (2006). *Social constructivist teaching and learning of genetics for disadvantaged students in welfare schools of Thailand*. Dissertation Ph.D., Kasetsart University, Bangkok.
- Ratckiffe, D.N., Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G. and Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 500-529.
- Sadler, R. (2002). Ah!...so that's quality. In Schwartz, P., Webb, G. (Eds.), *Assessment case studies, experience and practice from higher education*. London: Kogan Page.

- Sadler, W. (2000). *The third age: 6 principles of growth and renewal after forty*. Cambridge: Perseus Books.
- Sadler, T.D. and Zeidler, D.L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision-making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sadler, T.D. and Zeidler, D.L. (2003). Weighing in on genetic and morality: Students reveal their ideas, expectation, and reservations. In Paper presented at the annual meeting of the national association for research in science teaching. Philadelphia, PA: n.p.
- Sampson, V. and Clark. (2009). A comparison of collaborative scientific argumentation practices of two high and two low performing groups. *Research in science education*, 41, 63-97.
- Sandoval, W.A. and Millwood, K.A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23-55.
- Simonneaux, L. (2007). Argumentation in science education: An overview. In S. Erduran and M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education* (pp.179-199). Netherlands: Springer.
- Thörne, K. and Gericke, N. (2014). Teaching genetics in secondary classrooms: A linguistic analysis of teachers' talk about proteins. *Research in Science Education*, 44(1), 81-108.
- Toulmin, S.E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University.
- Treagust, D.F. (2006). *Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention*. Australia: Universe Science, Sydney.
- Venville, G.J. and Dawson, V.M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952-977.

- Vijapurkar, J., Kawalkar, A. and Nambiar, P. (2014). What do cells really look like? An inquiry into students' difficulties in visualising a 3-D biological cell and lessons for pedagogy. *Research in Science Education*, 44(2), 307-333.
- Von, Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J. and Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. and Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381-419.
- Wallace, C.S., Hand, B. and Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom*. Boston, MA: Kluwer Academic.
- Westbrook, S.L. and Marek, E.A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 51-61.
- White R.T. and Gunstone, R.F. (1991). *Probing understanding*. Great Britain: Burgess Science.
- Zeidler, D. and Nichols, B. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L. and Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89, 357-377.
- Zeidler, D., Applebaum, S. and Sadler, T. (2011). Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. In T. D. Sadler (Eds.), *Socioscientific Issues in the Classroom* (pp.277-305). Netherlands: Springer.



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรัตนโกสินทร์

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ
ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมจิตต์ หอมจันทร์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. คุณครูสุดคะนิง คุ่มเกตุ
ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์

1. ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมจิตต์ หอมจันทร์
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. คุณครูสุดคะนิง คุ่มเกตุ
ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก

ภาคผนวก ข ประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ตาราง 13 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้การโต้แย้ง
เชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

รายการประเมิน ข้อที่	ระดับความเหมาะสมของ แผนการจัดการเรียนรู้					รวม N	ค่าเฉลี่ย	S.D.
	5	4	3	2	1			
1.1	2	1				3	4.67	0.58
1.2	2		1			3	4.33	1.15
1.3	2	1				3	4.67	0.58
2.1	2		1			3	4.33	1.15
2.2	1	2				3	4.33	0.58
3.1	1	2				3	4.33	0.58
3.2	2		1			3	4.33	1.15
3.3	2	1				3	4.67	0.58
3.4	1	2				3	4.33	0.58
3.5	3					3	5	0
3.6	1	2				3	4.33	0.58
3.7	2		1			3	4.33	1.15
3.8	2	1				3	4.67	0.58
4.1	2	1				3	4.67	0.58
4.2	1	2				3	4.33	0.58
4.3	1	2				3	4.33	0.58
4.4	3					3	5	0
4.5	1	1	1			3	4	1
5.1	1	2				3	4.33	0.58
5.2	2	1				3	4.67	0.58
5.3	1	2				3	4.33	0.58
	เฉลี่ย						4.48	0.65

ตัวอย่างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 3 ชั่วโมง ครูผู้สอน วิชา อาชีวอนามัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

รายการประเมิน		ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	1.1 เหมาะสมกับผลการเรียนรู้						
	1.2 เหมาะสมกับมโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ						
	1.3 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการจัดการเรียนรู้ได้ชัดเจน						
2. สาระสำคัญ	2.1 ครอบคลุมผลการเรียนรู้						
	2.2 มีความชัดเจนเข้าใจง่าย						
3. กิจกรรมการเรียนรู้	3.1 ความเหมาะสมของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์กับมโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ						
	3.2 ความเหมาะสมของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์กับวัยนักเรียน						
	3.3 ความเหมาะสมของการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์						

รายการประเมิน		ระดับการประเมิน					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
3. กิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)	3.4 ความเหมาะสมของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นการสำรวจความรู้ตามประเด็นที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์						
	3.5 ความเหมาะสมของแหล่งสืบค้นที่กำหนด						
	3.6 ความเหมาะสมของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน						
	3.7 ความเหมาะสมของกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์พัฒนาโน้ตสนธิเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ						
	3.8 กิจกรรมการเรียนรู้มีความยากง่ายเหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน						
4. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้	4.1 ความเหมาะสมของคลิปวิดีโอ เรื่อง บุหรี่ไฟฟ้า สำหรับกระตุ้นเร้าความสนใจนักเรียน						
	4.2 ใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ในประเด็น บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้						
	4.3 แหล่งเรียนรู้ที่ผู้สอนจัด เหมาะสมกับมโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ						
	4.4 แหล่งเรียนรู้ที่ผู้สอนจัด สามารถใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ได้						
	4.5 แหล่งสืบค้นข้อมูลที่ผู้สอนจัด เหมาะสมกับการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์						

รายการประเมิน		ระดับการประเมิน					ข้อ เสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
5. การวัดและ ประเมินผล	5.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้						
	5.2 การวัดและประเมินผลครอบคลุม มโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ						
	5.3 มีเกณฑ์การประเมินผลที่ชัดเจน						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

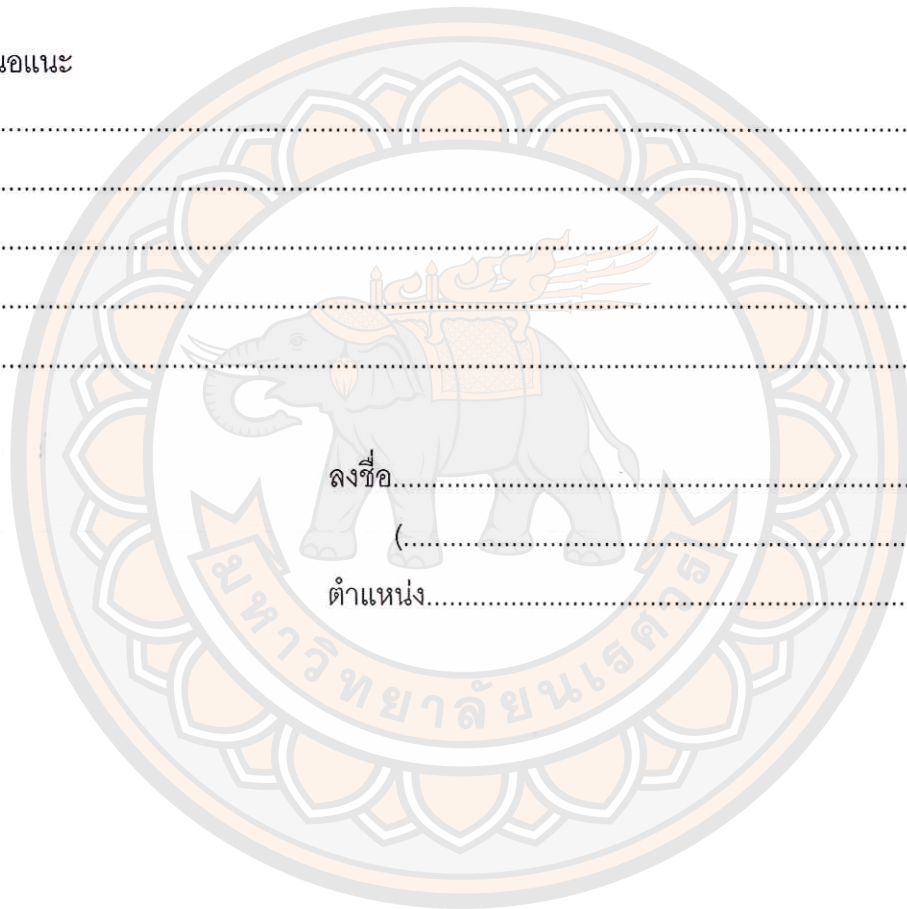
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC)
ของแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์

มโนทัศน์	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)	1	1	1	1	1
	2	0	0	0	0
	3	0	-1	-1	-0.67
	4	1	0	1	0.67
การถอดรหัส (Transcription)	5	1	1	1	1
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	0	0.67
รหัสพันธุกรรม (Genetic code)	9.1	1	0	1	0.67
	9.2	1	1	1	1
	10	0	1	1	0.67
การแปลรหัส (Translation)	11	1	1	1	1
	12	1	1	1	1
	13	1	1	0	0.67
มิวเทชัน (Mutation)	14.1	1	1	1	1
	14.2	1	0	0	0.33
	14.3	1	0	1	0.67
	15	1	1	1	1
	16	1	1	1	1
	17	1	1	0	0.67
เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)	18	1	1	1	1
	19	0	1	1	0.67
พันธุวิศวกรรม (Genetic engineering)	20	1	1	1	1
	21	1	1	1	1

สรุปแบบวัดมโนทัศน์ข้อที่ 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9.1, 9.2, 10, 11, 12, 13, 14.1, 14.3, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 มีค่าดัชนีความสอดคล้องผ่านเกณฑ์

ตาราง 18 แสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดมโนทัศน์ชนิด
คำถาม-ปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์ จำนวน 21 ข้อ ซึ่งถูกคัดเลือกแล้ว

มโนทัศน์	ข้อที่	ค่าเฉลี่ย IOC	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)	1	1	0.5	0.6
	2	0	-	-
	3	-0.67	-	-
	4	0.67	1	0
การถอดรหัส (Transcription)	5	1	0.8	0.4
	6	1	0.4	0.4
	7	1	0.6	0.4
	8	0.67	0.8	0.4
รหัสพันธุกรรม (Genetic code)	9.1	0.67	0.7	0.2
	9.2	1	0.6	0.4
	10	0.67	0.5	0.2
การแปลรหัส (Translation)	11	1	0.8	0.4
	12	1	0.8	0.6
	13	0.67	0.8	0.4
มิวเทชัน (Mutation)	14.1	1	0.8	0.4
	14.2	0.33	-	-
	14.3	0.67	0.6	0.4
	15	1	0.8	0.4
	16	1	0.7	0.2
เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)	17	0.67	0.6	0.4
	18	1	0.8	0.4
พันธุวิศวกรรม (Genetic engineering)	19	0.67	0.6	0.4
	20	1	0.7	0.2
	21	1	0.8	0.4

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น

KR-20 เป็นสูตรในการหาค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย
ในลักษณะกระจาย สูตรที่ใช้ในการหาวิธีแบบ ดังนี้

$$s^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N^2}$$

$$s^2 = 15.45$$

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

$$r_t = 0.78$$

เมื่อ r_t คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับผู้เรียนทั้งหมด

q คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นผิดกับผู้เรียนทั้งหมด

s^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

N คือ จำนวนผู้เรียน

ดังนั้น ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง พันธุศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งฉบับเท่ากับ 0.78

**ตัวอย่างแบบประเมินแบบทดสอบวัดมโนทัศน์
เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

คำชี้แจง โปรดพิจารณาแบบทดสอบในแต่ละข้อ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อความคำถามกับมโนทัศน์ รวมถึงการใช้ภาษาและความตรงตามเนื้อหา โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนการพิจารณา พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป เกณฑ์การพิจารณา ดังต่อไปนี้

- ให้ +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับมโนทัศน์
ให้ 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับมโนทัศน์
ให้ -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อความไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์

ข้อที่	มโนทัศน์	จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามและแนวคำตอบ	คะแนนการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
1	ขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอ มี 3 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการเริ่มต้นการจำลองดีเอ็นเอ (Initiation of DNA Replication) สายดีเอ็นเอเกลียวคู่จะคลายตัวออกตามยาว โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่าง A กับ T และ G กับ C เพื่อให้ได้ดีเอ็นเอสายเดี่ยว 2 สาย	อธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอได้	คำถาม จากสายพอลินิวคลีโอไทด์ 2 สาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ 5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3' 3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' จงอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอจากสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่กำหนดให้ โดยกำหนดให้ต้องเขียนลำดับเบสของดีเอ็นเอใหม่ที่เกิดขึ้นและระบุว่าสายใดเป็นสายแม่แบบสายใดเป็นสายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่				

ข้อที่	มโนทัศน์	จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามและแนวคำตอบ	คะแนนการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
	2. ขั้นตอนการขยายยาวของสายโพลีนิวคลีโอไทด์สายใหม่ (Polymerization of DNA Replication) ดีเอ็นเอแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ โดยดีเอ็นเอสายใหม่จะมีทิศทางการต่อนิวคลีโอไทด์จาก 5' ไป 3' เสมอ ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกันกับสายแม่แบบ และเบสของดีเอ็นเอสายใหม่จะเป็นเบสคู่สมกับเบสของแม่แบบ คือ A คู่กับ T		แนวคำตอบ 1. สายดีเอ็นเอเกลียวคู่จะถูกแยกออก โดยการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบส A กับ T และ G กับ C 2. ดีเอ็นเอแต่ละสายจะทำหน้าที่เป็นแม่แบบในการสร้างดีเอ็นเอสายใหม่ คือ 5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3' สายแม่แบบ 3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' สายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ 3' TCATCGGCTCGTAACGTGAC 5' สายแม่แบบ 5' AGTAGCCGAGCATTGCACTG 3' สายที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ 3. การจำลองดีเอ็นเอจะมีตำแหน่งที่เป็นจุดสิ้นสุด เพื่อหยุดการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ				

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ว30261

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

ผู้สอน: นางสาววิภา อาสิงสมานันท์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและ
พันธุวิศวกรรม

จำนวนเวลาที่สอน 4 ชั่วโมง

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชญโลก

1. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพ พันธุวิศวกรรมที่มีผลต่อมนุษย์
สิ่งแวดล้อม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพได้
2. อภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพได้
3. อธิบายขั้นตอนพันธุวิศวกรรมได้
4. สามารถนำความรู้ด้านพันธุวิศวกรรมไปใช้ประโยชน์ได้
5. อภิปรายผลของพันธุวิศวกรรมต่อมนุษย์ สิ่งแวดล้อมได้

ด้านทักษะ

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมได้
2. ได้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง คิดอย่างไรกับร่าง

พระราชบัญญัติจีเอ็มโอ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและการทำงานภายในกลุ่มในระดับดี

3.สาระสำคัญ

เทคโนโลยีชีวภาพ หมายถึง เทคโนโลยีที่จัดการเปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิต โดยการนำเอา
สิ่งมีชีวิตหรือชิ้นส่วนของสิ่งมีชีวิตมาปรับปรุงทำให้มีคุณสมบัติตามต้องการ โดยใช้ความรู้หลาย
สาขาวิชาผสมผสานกัน ได้แก่ สาขาชีววิทยา จุลชีววิทยา เคมี และพันธุศาสตร์ ส่งผลทำให้

วิทยาการต่างๆ พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่ก้าวหน้า อาจทำให้เกิดความหวาดกลัวในเรื่องความปลอดภัยของมนุษย์และ จริยธรรมของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อสาธารณะชน

การนำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์โมเลกุลมาใช้ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงสารพันธุกรรม (genetic material: DNA) ของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า พันธุวิศวกรรม โดยจะถ่ายทอดยีนที่ต้องการจากสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เข้าสู่สิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ที่มีลักษณะตามต้องการ สิ่งมีชีวิตที่ได้จากกระบวนการทางพันธุวิศวกรรมเรียกว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม หรือ GMOs (genetically modified organisms) ซึ่งก็ส่งผลทั้งด้านดีและด้านลบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

4. กระบวนการเรียนรู้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (45 นาที)

1. นักเรียนอ่านบทความ เรื่อง "ฟังเสียงฝ่ายหนู-ด้าน หลัง "พรบ.จีเอ็มโอ" ผ่าน คม." จาก <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9580000131113> ซึ่งเนื้อหาข่าวจะเป็นบทสัมภาษณ์นักวิจัยทั้งที่สนับสนุนและต่อต้านร่าง พ.ร.บ.จีเอ็มโอ

2. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปใจความสำคัญของบทความ โดยเขียนผลการสรุปใจความสำคัญให้นักเรียนเห็นบนกระดานหน้าห้อง

3. ครูแจ้งประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คือ คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ.จีเอ็มโอ

4. นักเรียนแต่ละกลุ่ม อภิปรายกันในประเด็น คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ และถามความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มต่อประเด็นนี้เป็นเช่นไร

5. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิดในประเด็นต่อไปนี้ "จีเอ็มโอคืออะไร เกิดขึ้นมาได้อย่างไร"

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (55 นาที)

1. นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการสืบค้นข้อมูลและการเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้

2. นักเรียนสืบค้นข้อมูล เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม และร่วมอภิปรายกัน

ในกลุ่ม ตามประเด็นโจทย์คำถาม ดังต่อไปนี้

2.1 เทคโนโลยีชีวภาพคืออะไร

2.2 GMOs คืออะไร

2.3 พันธุวิศวกรรมคืออะไร

2.4 พันธุวิศวกรรมมีขั้นตอนอย่างไร

โดยนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้จากแหล่งเรียนรู้ที่ครูกำหนดให้ ได้แก่

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.2 หนังสือเรียน วิชาชีววิทยา เล่ม 3 โดยโครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. ปีที่พิมพ์ 2556

2.5.3 หนังสือชีววิทยา 1 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่พิมพ์ 2551

2.5.4 หนังสือหลักชีววิทยา ESSENTIALS OF BIOLOGY 2/E VOLUME 1 สำนักพิมพ์แมคกรอฮิล ปีที่พิมพ์ 2556

2.5.5 หนังสือพันธุศาสตร์ ดร.กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่พิมพ์ 2557

2.5.6 Campbell, N.A. and Reece, J.B. (2008). Biology. (8th ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. USA

2.5.7 Essential genetics: A genomics perspective/ Daniel L. Hartl. - 5th ed.

2.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ลงในใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ในประเด็นคิดอย่างไรกับ ร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

2.6 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มจับฉลากเพื่อแบ่งนักเรียนเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายเสนอ 3 กลุ่ม และฝ่ายโต้แย้ง 3 กลุ่ม

2.6.1 ฝ่ายเสนอ มีความคิดเห็นสนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

2.6.2 ฝ่ายโต้แย้ง มีความคิดเห็นต่อต้านร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

2.7 นักเรียนระดมความคิดสืบค้นข้อมูล และบันทึกลงในใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

2.8 โดยครูชี้แจงว่าหลักฐานนั้นต้องเป็นหลักฐานที่เชื่อถือได้ ตัวอย่างเช่น
ด้านบวก

1. งานวิจัยที่สนับสนุนจีเอ็มโอ
2. ชาวที่สนับสนุนร่างพ.ร.บ.จีเอ็มโอ
3. บทความจากอินเทอร์เน็ตเรื่อง ประโยชน์ของจีเอ็มโอ
4. บทสัมภาษณ์ผู้ที่ได้ประโยชน์จากจีเอ็มโอ
5. บทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวกับด้านดีของจีเอ็มโอ

ด้านลบ

1. งานวิจัยที่ไม่สนับสนุนจีเอ็มโอ
2. ชาวที่ไม่สนับสนุนร่างพ.ร.บ.จีเอ็มโอ
3. บทความจากอินเทอร์เน็ตเรื่อง โทษของจีเอ็มโอ
4. บทสัมภาษณ์ผู้ที่เสียประโยชน์จากจีเอ็มโอ
5. บทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวกับด้านลบของจีเอ็มโอ

2.9 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายผลร่วมกันและใช้เวลาว่างหลังเลิกเรียนสืบค้นข้อมูลหลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนเพิ่มเติม

ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (50 นาที)

1. ฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งของแต่ละกลุ่มรับใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ และประชุมเพื่อระบุน้ำที่ของสมาชิกในการทำงานของแต่ละฝ่าย ซึ่งประกอบด้วย

2. ผู้เข้าร่วมการโต้แย้ง 6 คน ต้องเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มละ 2 คน
3. ส่วนกลางบันทึกคะแนนและจับเวลาขณะโต้แย้งฝ่ายละ 3 นาที จำนวน 3 คน ต้องเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 1 คน
4. กรรมการ 3 คน
5. ครูชี้แจงขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และแนะนำนักเรียนว่าควรนำความรู้พื้นฐานและหลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนข้อโต้แย้งให้มีน้ำหนักมากที่สุด การโต้แย้งจะครอบคลุมในเรื่อง ผลของจีเอ็มโอต่อมนุษย์และ สิ่งแวดล้อม

ขั้นตอนการโต้แย้งมีดังนี้

5.1 ฝ่ายเสนอ นำเสนอความเห็นสนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็น

5.2 ฝ่ายโต้แย้ง นำเสนอความเห็นต่อต้านร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ พร้อมเหตุผลหรือหลักฐานที่สนับสนุนความคิดเห็น

5.3 หากมีผู้เห็นต่างจากฝ่ายโต้แย้งสามารถเสนอเหตุผลและหลักฐานเพื่อหักล้างข้อโต้แย้งได้ หรือหากต้องการสนับสนุนฝ่ายเสนอก็สามารถเสนอเหตุผลและหลักฐานเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้ข้อกล่าวอ้างได้

6. นักเรียนเริ่มปฏิบัติกิจกรรมโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีกรรมการทำหน้าที่จดบันทึกและนักเรียนที่เป็นส่วนกลางบันทึกคะแนนระหว่างปฏิบัติกิจกรรมลงในใบงานที่ 3 แบบบันทึก

การโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ในระหว่างที่นักเรียนโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ครูจะเขียนสรุปสิ่งที่นักเรียนแต่ละฝ่ายพูดบนกระดานหน้าห้องทั้งสองส่วนของเหตุผล หลักฐาน และความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (50 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มของฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้ง นำใบงานที่ 3 มาร่วมกันวิเคราะห์ และเขียนเพิ่มเติมให้สมบูรณ์

2. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ จากหลักฐาน ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่จัดขึ้นในชั้นเรียนที่ครูเขียนบนกระดานหน้าห้อง หากมีประเด็นที่ ขาดหายนักเรียนสามารถเสนอเพิ่มเพื่ออภิปรายร่วมกัน

3. นักเรียนสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ในบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

4. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคิดอย่างไร กับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม จากข้อมูลที่เขียนบนกระดาน

5. การวัดและประเมินผล

ด้านพุทธิพิสัย

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์	
ด้านความรู้				
1. อธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพได้	- ทำใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและ พันธุวิศวกรรม ใน ประเด็นคิดอย่างไรกับ ร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	- ใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม ใน ประเด็นคิดอย่างไรกับ ร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	ถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป	
2. อภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพได้	- ทำบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุวิศวกรรม	- บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและ พันธุวิศวกรรม		
3. อธิบายขั้นตอนพันธุวิศวกรรมได้				
4. สามารถนำความรู้ด้านพันธุวิศวกรรมไปใช้ประโยชน์ได้				
5. อภิปรายผลของพันธุวิศวกรรมต่อมนุษย สิ่งแวดล้อมได้				

สิ่งที่ต้องการวัด/ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์
ด้านทักษะ 1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมได้ 2. ได้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เรื่อง "คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ" โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้	- บันทึกผลการสืบค้นในใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็น คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ - บันทึกการโต้แย้งลงในใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	- ใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็น คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ - ใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	อยู่ในระดับดีขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ การแสดงความคิดเห็นและการทำงานภายในกลุ่ม	การสังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะการทำงานร่วมกับผู้อื่น	อยู่ในระดับดีขึ้นไป

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. Power Point เรื่อง คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ
2. บทความ เรื่อง "ฟังเสียงฝ่ายหนุน-ต้าน หลัง "พรบ.จีเอ็มโอ" ผ่าน ครม."

จาก <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9580000131113>

3. ใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ
4. ใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ
5. ใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ
6. บันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

แหล่งการเรียนรู้

1. Campbell, N.A. and Reece, J.B. (2011). Biology. (9th ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. USA

2. เอกสารประกอบการสอน รายวิชา ว30261 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ บทที่ 1 พันธุศาสตร์ (เล่ม 1) โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิชณุโลก กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สาขาชีววิทยา)

3. หนังสือเรียน วิชาชีววิทยา เล่ม 3 โดยโครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มูลนิธิ สอวน. ปีที่พิมพ์ 2556

4. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ โรงพิมพ์ สกสค. กรุงเทพฯ

5. หนังสือชีววิทยา 2 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่พิมพ์ 2551

6. อินเทอร์เน็ต

7. บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้

7.1 ผลที่เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน

.....

.....

7.2 ปัญหาที่พบจากการสอน

.....

.....

.....

7.3 แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

(นางสาววิภา อาสิงสมานันท์)

ตำแหน่ง นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

บันทึกการเรียนรู้

วิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261

จำนวน 1.5 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

หน่วยที่ 1 เรื่อง พันธุศาสตร์

เวลารวม 42 ชั่วโมง

ชื่อเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

เวลา 4 ชั่วโมง

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

คำสั่งให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

หากต้องการจะสร้างมะละกอที่ต้านทานโรคไวรัสใบด่างวงแหวน จะสร้างอย่างไร โดยใช้หลักการพันธุวิศวกรรม (สามารถวาดภาพประกอบได้) และนักเรียนคิดว่ามะละกอจีเอ็มโอที่ต้านทานโรคไวรัสใบด่างวงแหวน จะเกิดผลอย่างไรต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

ใบงานที่ 1
สรุปความรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม
ในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

วิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261

จำนวน 1.5 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง / สัปดาห์

หน่วยที่ 1 เรื่อง พันธุศาสตร์

เวลารวม 42 ชั่วโมง

ชื่อเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

เวลา 4 ชั่วโมง

สมาชิก กลุ่มที่.....

1. ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....
2. ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....
3. ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....
4. ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีชีวภาพคืออะไร

.....

.....

2. GMOs คืออะไร

.....

.....

3. พันธุวิศวกรรมคืออะไร

.....

.....

4. พันธุวิศวกรรมมีขั้นตอนอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2
การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็น
ในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

วิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261

จำนวน 1.5 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง / สัปดาห์

หน่วยที่ 1 เรื่อง พันธุศาสตร์

เวลารวม 42 ชั่วโมง

ชื่อเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

เวลา 4 ชั่วโมง

สมาชิกในกลุ่ม

☐

ฝ่ายเสนอ

☐

ฝ่ายโต้แย้ง

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

2. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

3. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

4. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

คำสั่ง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเลือกหลักฐานที่น่าเชื่อถือ โดยกำหนดให้ด้านบวกเป็นของฝ่ายเสนอ และด้านลบเป็นของฝ่ายโต้แย้ง พิจารณาเลือกหัวข้อที่น่าเชื่อถือมากที่สุด หรือเสนอเพิ่มเติมอย่างน้อย 3 หลักฐาน พร้อมทั้งอธิบายที่มาและข้อมูลที่ใช้ ภายในเวลา 30 นาที

หลักฐานที่ 1

ที่มา

.....

.....

.....

.....

ข้อมูล

.....

.....

.....

.....

.....

หลักฐานที่ 2

ที่มา

ข้อมูล

หลักฐานที่ 3

ที่มา

ข้อมูล

หลักฐานที่ 4

ที่มา

ข้อมูล

ใบงานที่ 3
แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นคิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ

วิชา พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ รหัสวิชา ว30261

จำนวน 1.5 หน่วยกิต 3 ชั่วโมง / สัปดาห์

หน่วยที่ 1 เรื่อง พันธุศาสตร์

เวลารวม 42 ชั่วโมง

ชื่อเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

เวลา 4 ชั่วโมง

สมาชิกในกลุ่ม

☐ ฝ่ายเสนอ

☐ ฝ่ายโต้แย้ง

กลุ่มที่.....

1. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....หน้าที่.....
2. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....หน้าที่.....
3. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....หน้าที่.....
4. ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....หน้าที่.....

คำสั่ง ให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

1. ความคิดเห็นของกลุ่ม คือ

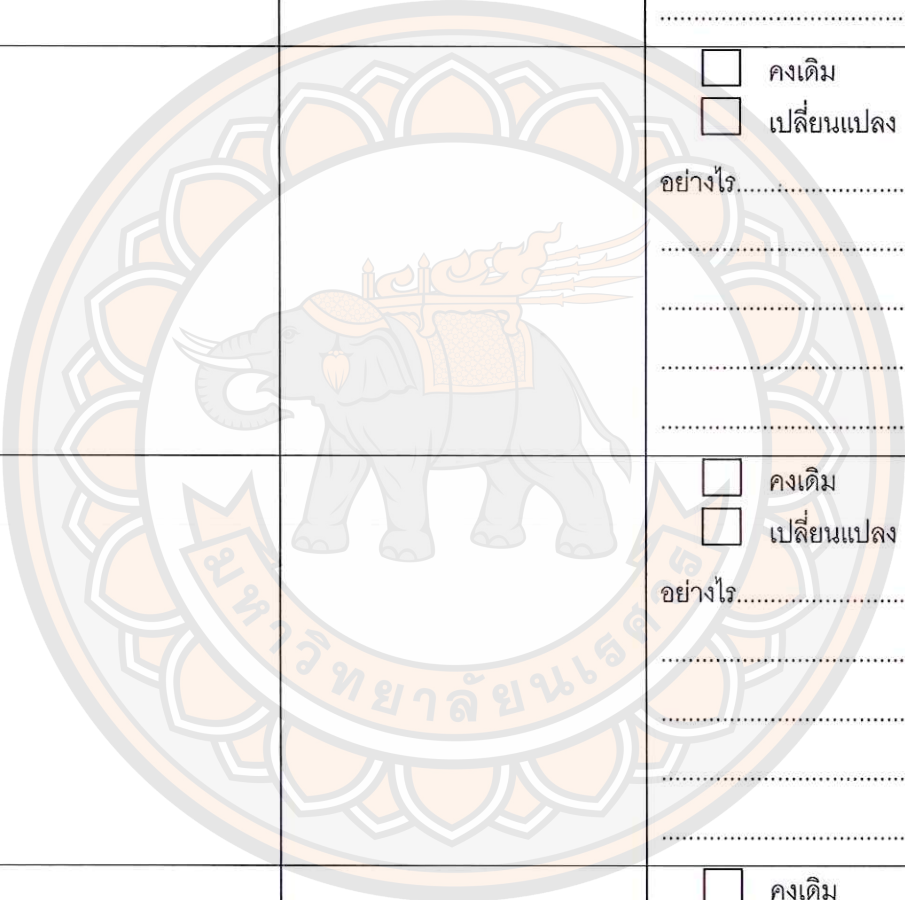
.....

.....

.....

2. ความรู้ในเรื่องใดของกลุ่มนักเรียนที่ขัดแย้งกับฝ่ายตรงข้าม

กลุ่มนักเรียน	ฝ่ายตรงข้าม	ข้อสรุป
		☐ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....

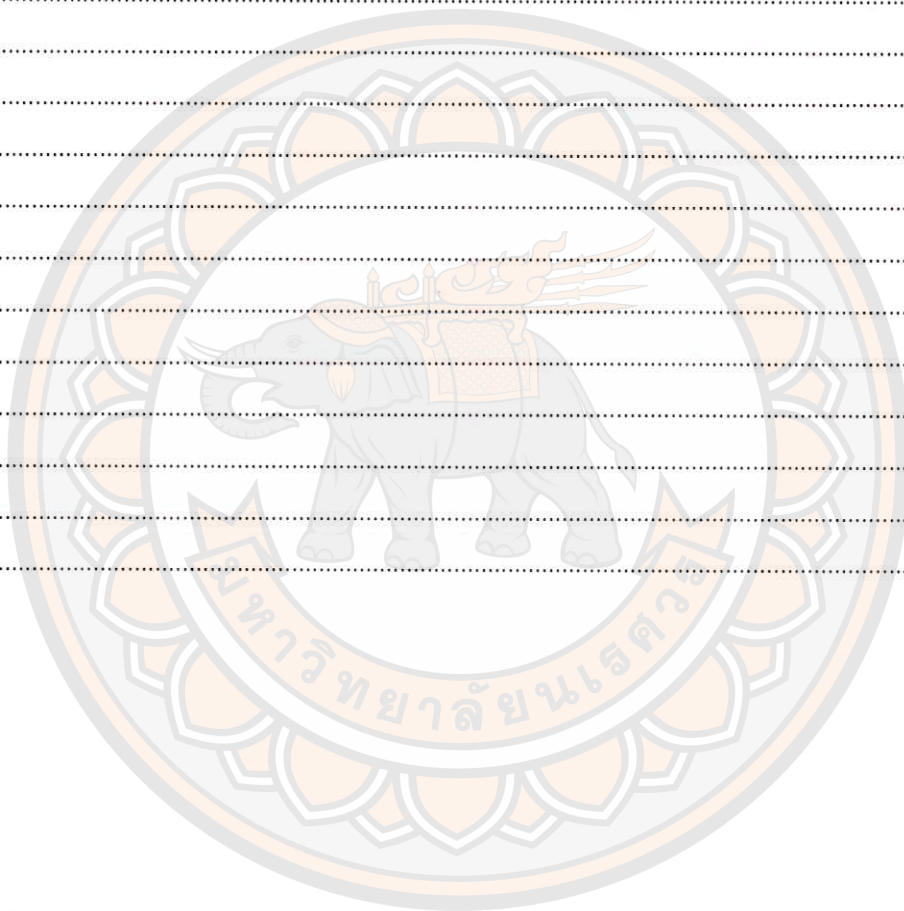
กลุ่มนักเรียน	ฝ่ายตรงข้าม	ข้อสรุป
		☐ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....
		☐ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....
		☐ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....
		☐ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....

ชั้นการโต้แย้ง	ลำดับการตอบ	คำตอบของฝ่าย.....			คะแนน	
		คำตอบ (✓)	หลักฐาน (1*)	เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (2*)	(1*)	(2*)
1. Claims และ warrants (ฝ่ายเสนอ)	ยอมรับแต่ไม่แสดงหลักฐาน					
	ยอมรับข้อขัดแย้งและแสดงหลักฐานการขัดแย้ง					
2. Counter-arguments (ฝ่ายโต้แย้ง)	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	แสดงหลักฐานตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป					
3. Supportive argument และ evidence	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					
	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					
	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					

ชั้นการโต้แย้ง	ลำดับการตอบ	คำตอบของฝ่าย.....			คะแนน	
		คำตอบ (✓)	หลักฐาน (1)	เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (2)	(1)	(2)
3. Supportive argument และ evidence (ต่อ)	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					
	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					
	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน					
	ขยายความและแสดงหลักฐาน					
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง					
รวมคะแนน						

หมายเหตุ 1* หมายถึง เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 1 และ 2* หมายถึง เกณฑ์การให้คะแนนตารางที่ 2

3. คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ในประเทศไทย



เกณฑ์การให้คะแนน

ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการโต้แย้งในลำดับขั้นตอนต่างๆ

ขั้น	ลำดับการตอบ	ตัวอย่าง	คะแนน
1. Claims และ warrants (ฝ่ายเสนอ)	ยอมรับแต่ไม่แสดงหลักฐาน	สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	0
	ยอมรับข้อขัดแย้งและแสดงหลักฐานการขัดแย้ง	สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะเป็นการเพิ่มโอกาสทาง การวิจัยให้กับประเทศ	1 คะแนน: 1 หลักฐาน
2. Counter-arguments (ฝ่ายโต้แย้ง)	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน	ไม่ตอบหรือคิดว่าฉัน ไม่สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	0
	แสดงหลักฐานตั้งแต่ 1 ข้อ ขึ้นไป	ไม่สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะพืชจีเอ็มโอเสี่ยงต่อการที่ ผู้บริโภคจะเกิดโรคมะเร็ง จากยีน แปลกปลอมที่ใส่เพิ่มเข้าไป	1 คะแนน: 1 หลักฐาน
3. Supportive argument และ evidence	ไม่ตอบหรือไม่แสดงหลักฐาน	ไม่ตอบหรือตอบว่าสนับสนุน ร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ	0
	ขยายความและแสดงหลักฐาน	สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะทำให้มีการผลิตอาหาร เพิ่มขึ้น รองรับประชากรที่เพิ่ม มากขึ้น	1 คะแนน: 1 หลักฐาน
	การพิสูจน์ข้อขัดแย้ง	สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะทำให้มีการผลิตอาหาร เพิ่มขึ้น รองรับประชากรที่เพิ่ม มากขึ้น แต่ควรมีการปรับข้อ กฎหมายให้ชัดเจนกว่านี้เสียก่อน	1 คะแนน: การพิสูจน์ข้อ ขัดแย้ง

ที่มา: ปรับปรุงจาก ของ Lin and Mintzes, 2010

ในแต่ละชั้นที่นักเรียนได้แย้ง ควรอธิบายด้วยความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ทุกครั้ง และมีการบวกคะแนนเพิ่มตามเกณฑ์ในตาราง

ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนการใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มาโต้แย้ง

คะแนน	ลักษณะ	ตัวอย่างการโต้ตอบบทสนทนา
0	ไม่แสดงเหตุผล หรือแสดงเหตุผลที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์	ไม่สนับสนุนร่างพ.ร.บ. จีเอ็มโอ
+1	แสดงเหตุผลแบบเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องอื่น	ไม่สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะ การปลูกพืชจีเอ็มโอ อาจส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมในอนาคต ทำให้เกิดวัชพืชที่ทนทานและกำจัดไม่ได้ ส่งผลให้ระบบนิเวศเสียไป
+2	แสดงเหตุผลแบบเชื่อมโยงกับความรู้เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสร้างโปรตีน	สนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ เพราะการสร้างสิ่งมีชีวิตจีเอ็มโอ ทำให้ได้สิ่งมีชีวิตตามที่ต้องการและดีกว่าเดิม ซึ่งใช้หลักการทางพันธุวิศวกรรม โดยการนำยีนจากสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เข้าสู่อีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ที่มีลักษณะตามต้องการ

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
15 ขึ้นไป	ดี
8-14	ปานกลาง
1-7	ปรับปรุง

บทความเรื่อง "ฟังเสียงฝ่ายหนุน-ต้าน หลัง "พรบ.จีเอ็มโอ" ผ่าน ครม." จาก

<http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9580000131113>

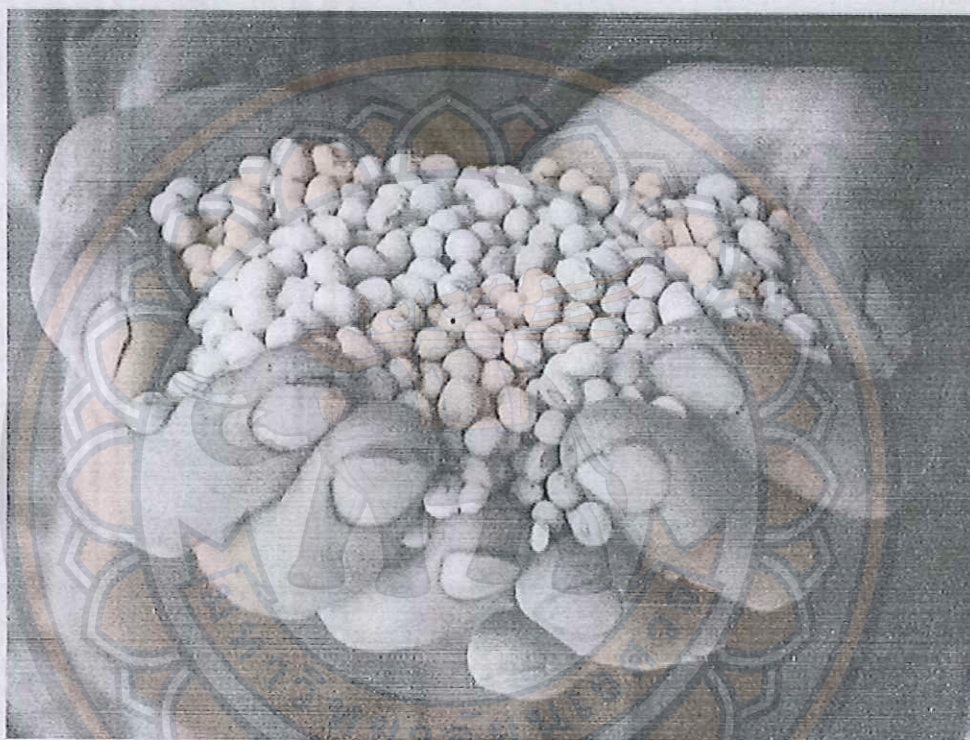
ฟังเสียงฝ่ายหนุน-ต้าน หลัง "พรบ.จีเอ็มโอ" ผ่าน ครม.

โดย MGR Online

G+1 0

0

26 พฤศจิกายน 2558 12:44 น.



(REUTERS PHOTO/ BOGDAN CRISTEL)

ฟังความเห็นนักวิชาการฝ่ายหนุน-ต้านจีเอ็มโอ หลังคณะรัฐมนตรีชุดรัฐบาล คสช.พิจารณาเห็นชอบพระราชบัญญัติจีเอ็มโอฉบับตัดต่อพันธุกรรม ฝ่ายหนุนมองเป็นโอกาสดีได้เริ่มทดสอบข้อดี-ข้อเสียแม่ไก่ภูเก็จมาก ด้านฝ่ายค้านชี้ขาดเป็นความล้มเหลวของระบบเกษตรชาติที่รัฐบาลต้องเตรียมตัวรับมือ

หลังตกเตียงกับอยู่บน ในที่สุด “ร่าง พรหม.ความปลอดภัยทางชีวภาพ พ.ศ....” หรือที่เข้าใจกันทั่วไปว่า “ร่าง พรหม.จีเอ็มโอ” ก็ผ่านความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีแล้วเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อวันที่ 24 พ.ย. ที่ผ่านมานี้ ท่ามกลางทั้งเสียงคัดค้านและเสียงยินดี

โอกาสนี้ทีมข่าวผู้จัดการวิทยาศาสตร์จึงติดต่อไปยังนักวิจัยผู้ที่เกี่ยวข้องและเห็นต่างเกี่ยวกับการทำจีเอ็มโอ เพื่อสอบถามถึงความคิดเห็นต่อร่างกฎหมายที่ผ่านความเห็นชอบ

ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาปรับปรุงพันธุ์พืช ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผู้สนับสนุนเทคโนโลยีจีเอ็มโอ กล่าวว่า หลังจากทราบข่าวร่างพระราชบัญญัติผ่านการพิจารณาจากคณะรัฐมนตรีรู้สึกดีใจและดีใจ หลังรอนานกว่า 10 ปี แต่ทว่ายังมีผู้คัดค้านและให้ข้อคิดเห็นโต้แย้งเป็นจำนวนมากซึ่งเขาก็ไม่ได้ปฏิเสธ และกลับเห็นเป็นโอกาสดีที่จะได้เริ่มทดสอบเพื่อทำการพิสูจน์ว่าจีเอ็มโอในธรรมชาติมันดีหรือไม่จริง ๆ

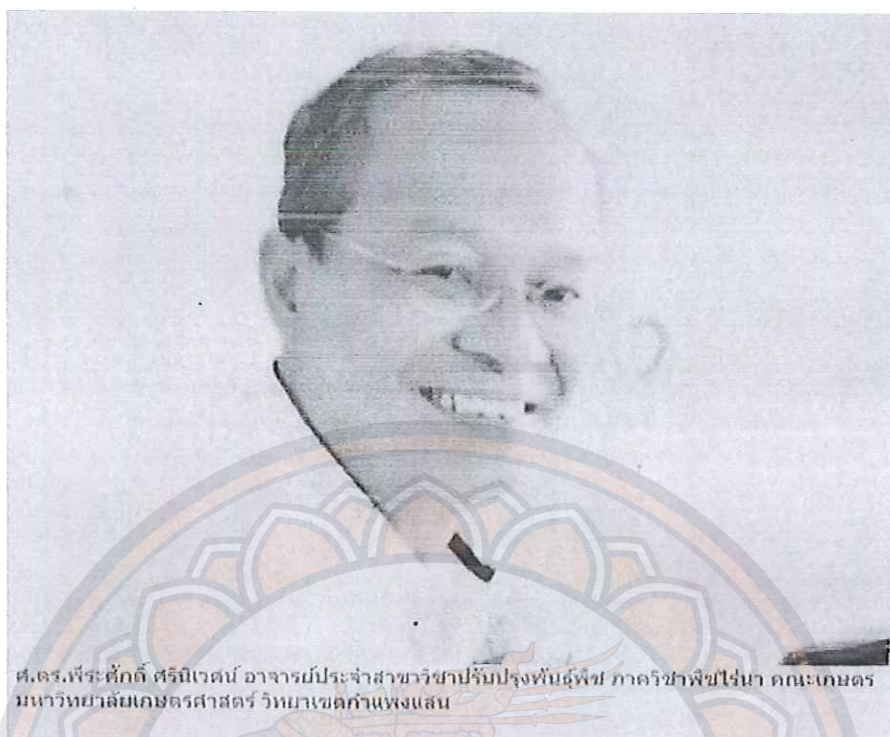
อย่างไรก็ดี ศ.ดร.พีระศักดิ์ ยังเผยแก่ทีมข่าวผู้จัดการวิทยาศาสตร์ว่า ถึงแม้จะมีพระราชบัญญัติออกมาแล้วก็ตาม หมายความว่าเราจะทำจีเอ็มโอได้โดยเสรี เพราะถ้าจะทำการทดสอบก็ต้องไปขอลงทะเบียน และขออนุญาตทดสอบกับศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ก่อน ซึ่งเขาในฐานะนักวิจัยที่คัดค้านเพื่อทำการศึกษาย่างถูกกฎหมายก็ยินดีที่จะปฏิบัติตามเพื่อเป็นต้นแบบในการทำจีเอ็มโอเกิดระบบระเบียบ

“เหมือนสิ้นสุดการรอคอยสำหรับผมเลย แล้วก็เป็นนิมิตหมายใหม่ให้คนที่ทำจีเอ็มโอแบบหลายๆชิ้นๆ ได้เปิดใจเผยใจกับออกมาเสียที ซึ่งผมว่าเป็นเรื่องดีเพราะเราจะรู้ไปเลย ว่าขณะนี้ใครมีอะไรอยู่ในมือบ้าง ซึ่งมันจะง่ายต่อการควบคุม และมันจะไม่เหมือนที่ผ่านมาด้วย ถ้ามีการจัดระบบระเบียบเสียที แล้วผมก็เชื่อว่ารัฐบาลและคนทั่วไปยังไม่

มั่นใจ ซึ่งผมเชื่อว่าคนที่ต้องการทำจีเอ็มโออย่างปลอดภัยจะลงทะเบียน หรือปฏิบัติตามกฎเกณฑ์แน่นอน แล้วผมก็จะทำจีเอ็มโอไบโอเทคไปใช้พืชอาหารด้วย เลยไม่ยากในด้านการ “ศาสตราจารย์นักวิจัยฝ่ายสนับสนุนจีเอ็มโอ กล่าวแก่ทีมข่าวผู้จัดการวิทยาศาสตร์

ด้าน ผศ.ดร.ปิยะศักดิ์ ขอนนฤณ อาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นักพฤกษศาสตร์ฝ่ายค้าน กล่าวว่า เป็นความน่าเสียดายที่ประเทศไทยจะถูกผลักดันให้เป็นประเทศที่ต้องตั้งรับมากขึ้นกับระบบอุตสาหกรรมเกษตร เพราะการมีกฎหมายอนุญาตก็หมายถึงการยอมรับให้จีเอ็มโอเข้ามาในระบบเกษตรของประเทศ ซึ่งขัดแย้งกับความพยายามอย่างยาวนานเพื่อให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก เป็นการทำลายสถานะความเป็นประเทศเกษตรอินทรีย์ที่เคยเป็นภาพลักษณ์ของไทยในสายตาชาวโลกโดยตรง และยังจะทำให้ไทยตกอันดับการเป็นผลิตผลส่งออกผลผลิตทางการเกษตรไปโดยปริยาย เพราะเกือบทุกประเทศทั่วโลกไม่มีใครยอมรับผลผลิตจากการเกษตรจากประเทศที่มีการอนุญาตให้มีการทำจีเอ็มโอ

“ผมพูดเรื่องข้อเสียของของจีเอ็มโอไปบ่อยแล้ว พูดในหลากหลายมิติด้วยแต่ในเมื่อพวกคุณไม่ฟัง ผมก็ทำอะไรไม่ได้ นอกจากจะอดใจบ่น และอยากให้อาสาช่วยกันจดจำด้วยว่า พวกรัฐบาลและคณะรัฐมนตรีที่ตัดสินใจให้จีเอ็มโอผ่านมีใครบ้าง เพราะเขาจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบ โทษที่เราจะเป็นครัวของโลกไม่ใช่หรือ ? แต่ทำไมวันนี้เราสะดวกตัวเอง ? ผมไม่เข้าใจว่าทำไมเราจะต้องยอมเอาเสียผลประโยชน์ทางการเกษตรซึ่งเป็นเบ็ดเงินหลักของเราไปกับการเปิดช่องทางเล็กๆ ที่แล้วมันจะมีใครได้ประโยชน์ ? ผศ.ดร.ปิยะศักดิ์ กล่าวถึงพยานที่ทีมข่าวผู้จัดการวิทยาศาสตร์



ศ.ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาปรับปรุงพันธุ์พืช ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน



ด้าน ผศ.ดร.ปิยะศักดิ์ ชลุ่มพุกย์ อาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

คาบที่.....เวลา.....น. วันที่.....เดือน.....พ.ศ.รหัสวิชา ว30261

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก

ผู้สอน นางสาววิภา อาสิงสมานันท์

คำชี้แจง ให้ครูชีววิทยาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของครูตามความเป็นจริงลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

1.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

2. ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

2.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

2.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

3. ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

3.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

3.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

3.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

4. ขั้นตอนการได้แจ้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

4.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

4.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

5. ความสำเร็จในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การได้แจ้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

5.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

5.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

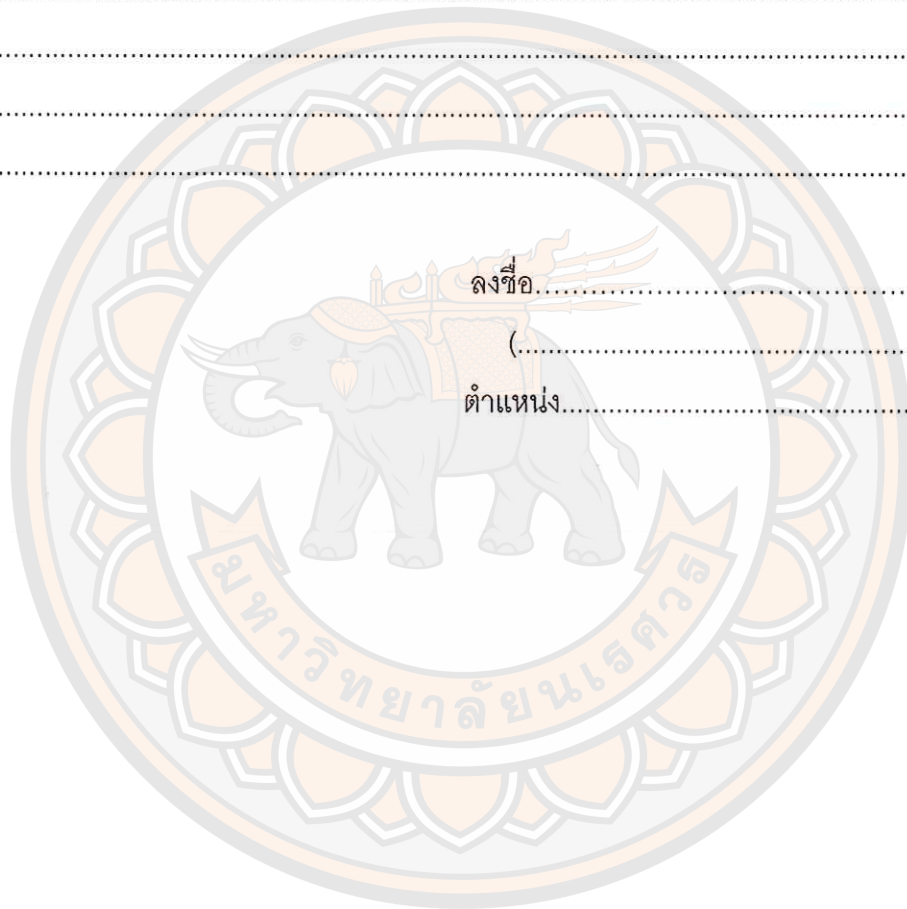
5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....



ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบสะท้อนคิดการจัดการเรียนรู้

ชื่อ..... เลขที่..... ชั้น.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนสะท้อนความคิดภายหลังจากได้รับประสบการณ์ตามความเป็นจริงลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นนิวทรีไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่

1.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

1.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน ได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นการใช้ยีนบำบัดโรคนี้เหมาะสมแล้วหรือยัง

2.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

2.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

2.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ในประเทศไทย

3.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

3.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

3.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

4. ภาพรวมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การได้แข่งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4.1 จุดเด่น

.....

.....

.....

.....

4.2 จุดที่ควรปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

4.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง แบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ (DNA Replication)

1. จากสายพอลิโนคลีไธด์ 2 สาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

5'AGTAGCCGAGCATTGCACTG3'

3'TCATCGGCTCGTAACGTGAC5'

จงอธิบายขั้นตอนการจำลองดีเอ็นเอจากสายพอลินิวคลีโอไทด์ที่กำหนดให้ โดยกำหนดให้
ต้องเขียนลำดับเบสของดีเอ็นเอใหม่ที่เกิดขึ้นและระบุว่าสายใดเป็นสายแม่แบบ สายใดเป็นสายที่
สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่

2. ยากลุ่ม Antimetabolites เป็นยาต้านมะเร็งที่ออกฤทธิ์โดยยับยั้ง S phase ของการแบ่งเซลล์ จงอธิบายว่ายากลุ่มนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการจำลองดีเอ็นเออย่างไร และสามารถต้านมะเร็งได้อย่างไร

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง การถอดรหัส (Transcription)

1. ยีนคืออะไร และมีโครงสร้างอย่างไร (วาดภาพประกอบได้)

.....

.....

.....

2. จากลำดับนิวคลีโอไทด์ในสายดีเอ็นเอต้นแบบที่กำหนดให้ จงอธิบายขั้นตอนการถอดรหัส (transcription) พร้อมทั้งระบุลำดับนิวคลีโอไทด์ของ mRNA หลังจากผ่านกระบวนการถอดรหัส

3' ATAGGCCAAGTCGTG 5'

5' TATCCGGTTCAGCAC 3'

.....

.....

.....

3. จากเส้น RNA ที่กำหนดให้ จงเขียน mRNA ที่ผ่านกระบวนการ RNA Processing แล้ว

5' exon intron exon intron exon 3'

.....

.....

.....

4. หากลำดับเบสในสายดีเอ็นเอผิดไป จะส่งผลอย่างไรต่อการถอดรหัสจากดีเอ็นเอไปเป็น อาร์เอ็นเอ เพราะอะไร

.....

.....

.....

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง รหัสพันธุกรรม (Genetic code)

จงใช้ตารางแสดงโคดอนของกรดอะมิโน ในการตอบคำถามข้อ 7-9

		Second letter				
		U	C	A	G	
First letter	U	UUU Phenyl-alanine UUC UUA Leucine UUG	UCU UCC Serine UCA UCG	UAU Tyrosine UAC UAA Stop codon UAG Stop codon	UGU Cysteine UGC UGA Stop codon UGG Tryptophan	U C A G
	C	CUU Leucine CUC CUA CUG	CCU CCC Proline CCA CCG	CAU Histidine CAC CAA Glutamine CAG	CGU Arginine CGC CGA CGG	U C A G
	A	AUU Isoleucine AUC AUA AUG Methionine; start codon	ACU ACC Threonine ACA ACG	AAU Asparagine AAC AAA Lysine AAG	AGU Serine AGC AGA Arginine AGG	U C A G
	G	GUU Valine GUC GUA GUG	GCU Alanine GCC GCA GCG	GAU Aspartic acid GAC GAA Glutamic acid GAG	GGU Glycine GGC GGA GGG	U C A G

กำหนดให้เอ็มอาร์เอ็นเอ ที่ใช้เป็นแม่แบบในการสังเคราะห์โปรตีน มีลำดับเบส ดังนี้

5'GUAAUGUGCAUUAUAUGAGGGGCU3' ใช้ตอบคำถามข้อ 7-8

1. จงบอก โคดอนที่เป็นรหัสเริ่มต้นและรหัสหยุดในการแปลรหัสของสาย mRNA ที่ใช้เป็นแม่แบบที่กำหนด

.....

.....

2. จงบอกลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์ ที่เกิดจากการแปลรหัสจากเอ็มอาร์เอ็นเอ ที่ใช้เป็นแม่แบบ

.....

.....

3. จงบอกลำดับเบสของ mRNA แม่แบบที่เป็นไปได้มากที่สุด ในการแปลรหัสโปรตีนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยกรดอะมิโน คือ Methionine-Serine-Histidine

.....

.....

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง การแปลรหัส (Translation)

1. จากองค์ประกอบที่กำหนดต่อไปนี้

Ribosome tRNA	Promoter
Nucleus Primer	mRNA
Stop codon Helicase	AUG

จงระบุองค์ประกอบที่ใช้ในการแปลรหัส (translation) ในแต่ละขั้นตอนให้ครบถ้วน พร้อมอธิบายแต่ละขั้นตอนให้ได้ใจความ

ขั้นที่ 1 กระบวนการเริ่มต้น

องค์ประกอบที่ใช้ คือ

คำอธิบาย

ขั้นที่ 2 กระบวนการต่อสาย

องค์ประกอบที่ใช้ คือ

คำอธิบาย

ขั้นที่ 3 กระบวนการสิ้นสุด

องค์ประกอบที่ใช้ คือ

คำอธิบาย

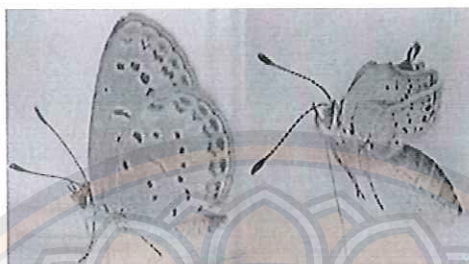
2. จงแสดงว่าสาย mRNA แม่แบบที่กำหนดให้ มีรหัส anticodon อย่างไร และแปลรหัสได้ลำดับกรดอะมิโนใดบ้างในสายพอลิเปปไทด์

mRNA	5' UAGCAUAUGGGGUCGUAG 3'
anticodon	
ลำดับกรดอะมิโนในสายพอลิเปปไทด์	

3. หากยื่น A สร้าง mRNA ที่ผิดปกติ จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการแปลรหัส (translation) อย่างไร

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง มิวเทชัน (Mutation)

1. จงระบุภาพที่กำหนดให้เป็นมิวเทชันหรือไม่ โดยเขียน ✓ ลงใน ☐ หน้าข้อความที่ถูกต้องและเขียนอธิบายว่าเกิดในเซลล์ชนิดใด และสาเหตุของการเกิดมิวเทชันคืออะไร หรือไม่ใช่มิวเทชันเพราะอะไร



ผีเสื้อรุ่นที่ 1

ผีเสื้อรุ่นที่ 3

ก่อนสารกัมตรังสีรั่วไหล หลังสารกัมตรังสีรั่วไหล

☐ ไม่เป็นมิวเทชัน เพราะ

☐ เป็นมิวเทชัน เพราะ

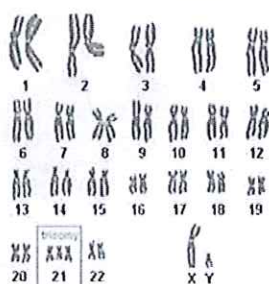
2. จงเลือกว่าภาพใดเป็นมิวเทชันระดับยีนและภาพใดเป็นมิวเทชันระดับโครโมโซม

ภาพ ก

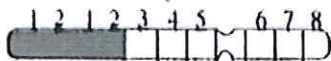
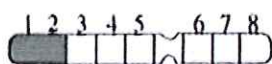
Normal Cells
 CAA GTA AAC ATA GGA CTT CTT DNA
 GUU CAU UUG UAU CCU GAA GAA mRNA
 val his leu thr pro glu glu Protein

Sickle Cells
 CAA GTA AAC ATA GGA CAT CTT DNA
 GUU CAU UUG UAU CCU GUA GAA mRNA
 val his leu thr pro val glu Protein

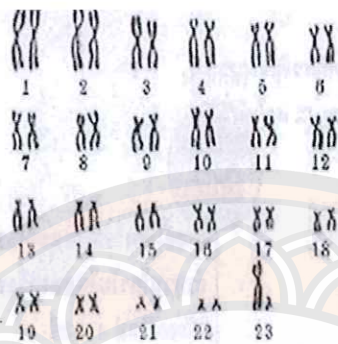
ภาพ ข



ภาพ ค



ภาพ ง



มิวเทชันระดับยีน คือ

มิวเทชันระดับโครโมโซม คือ

3. กำหนดให้สาย mRNA ปกติ คือ AUGCCUUGGACUUGA

สาย mRNA ที่เกิดมิวเทชัน คือ AUGCCUUAGACUUGA

จงบอกความแตกต่างของกรดอะมิโนของสายโปรตีนที่เกิดจากการแปลรหัสจากสาย mRNA ปกติและผลของการเกิดมิวเทชัน

4. นักวิทยาศาสตร์ได้ฉายรังสีแกมมาที่ต้นข้าว พบว่าต้นข้าวนั้นเกิดมิวเทชันและเกิดความผิดปกติของสารพันธุกรรมขึ้น จงอธิบายผลของความผิดปกติของสารพันธุกรรมที่เกิดขึ้นในต้นข้าวทั้งด้านดีและด้านลบ

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

1. จงอธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology)

.....

.....

.....

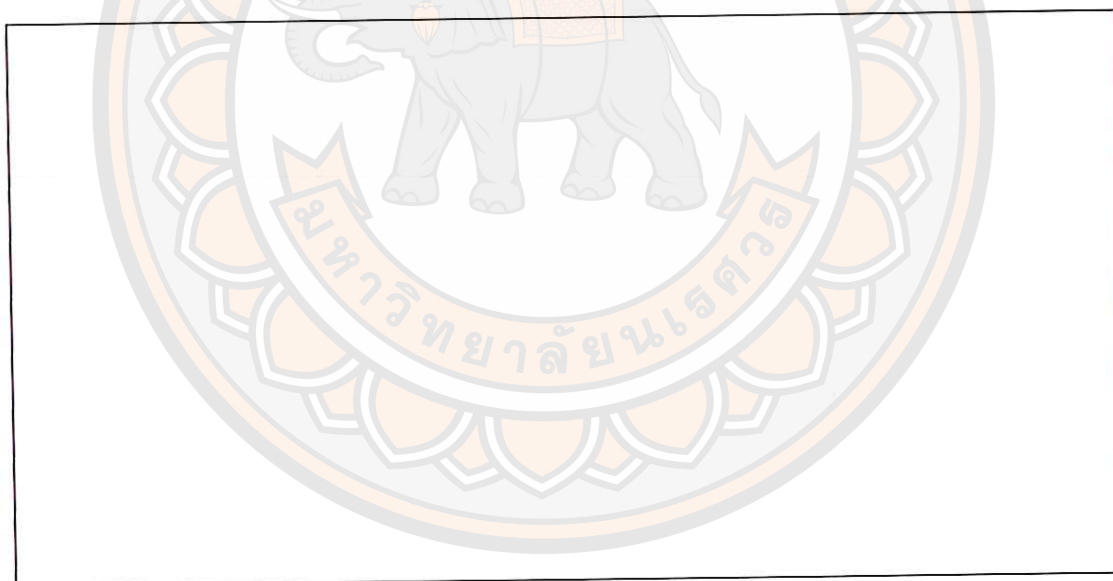
2. นักวิทยาศาสตร์ไทยมีการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชีวภาพมากยิ่งขึ้น จงบอกผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทั้งผลด้านดีและผลด้านลบมาอย่างน้อยด้านละ 1 ข้อ

.....

.....

.....

3. หากต้องการจะเพิ่มจำนวนยีนด้านทานโรคในมะเขือเทศ ท่านจะใช้หลักการทางพันธุวิศวกรรมมาใช้ในการเพิ่มจำนวนยีนนั้นอย่างไร อธิบายพร้อมวาดภาพประกอบ



.....

.....

.....

.....

.....

.....

ด้านสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก จ สรุปการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงรอบที่ 1-3

ผลการดำเนินการวงรอบที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ

ขั้นที่ 1 วางแผน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยแห่งหนึ่ง และพบว่า นักเรียนระดับชั้นปีที่ 4 มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์ คลาดเคลื่อน ซึ่งดูจากผล การสอบกลางภาคย้อนหลัง 2 ปี ประกอบกับผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้สอนรายวิชา ว30261 พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้และการกำหนดเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นั้น อิงตามผลการเรียนรู้และหน่วยการเรียนรู้ในแผนการเรียนรู้ย่อยของกลุ่ม โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค โดยผู้วิจัยปรับให้การจำลองดีเอ็นเอใช้เวลา 3 ชั่วโมง และได้มีการปรึกษากับครูที่สอนชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อีก 2 ท่าน ถึงขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการสอนเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ เมื่อทราบขอบเขตของเนื้อหาที่ชัดเจนแล้ว ผู้วิจัยต้องคิดคำถามที่ใช้ในใบงานที่ 1 สรุปความรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ ในประเด็นบุหรี่ปั๊พไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ โดยคำถามนั้นต้องครอบคลุมเนื้อหาที่นักเรียนควรจะได้รับก่อนเริ่มกิจกรรมการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นต้องหาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเด็นที่อยู่ในตัวเลือก ได้แก่ แร่ใยหินก่อให้เกิดมะเร็งหรือไม่ ทูเรียนเตศรัทษามะเร็งได้จริงหรือไม่ และบุหรี่ปั๊พไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งได้หรือไม่ และนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทั้งหมดไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาคณะศึกษาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และได้คำแนะนำว่าประเด็นนั้นควรเชื่อมโยงกับเรื่องการจำลองดีเอ็นเอมากที่สุด ไม่ควรมีความซับซ้อนเกินไป และเหมาะสมกับวัยของนักเรียน สรุปคือ ใช้ประเด็น บุหรี่ปั๊พไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งได้หรือไม่

เมื่อได้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้จัดเตรียมสื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้เพื่อให้นักเรียนนำมาเป็นหลักฐานในการโต้แย้ง ได้แก่ คลิปเสียงสัมภาษณ์และคลิปวิดีโอสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ บทความจากวารสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข่าวจากสื่อต่างๆ ข้อมูลสารเคมีในบุหรี่ปั๊พไฟฟ้า และบทสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้เลือกแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและมีทั้งที่น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ เพื่อต้องการให้นักเรียนได้รู้ว่าแหล่งข้อมูลหรือแหล่งเรียนรู้ไม่ได้มีแค่จากหนังสือ หรืออินเทอร์เน็ตเท่านั้น แต่ยังมียานวิจัยที่ได้รับการยอมรับและตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการอีกด้วย ส่วนแหล่งเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสืบค้นความรู้พื้นฐานเรื่อง

การจำลองดีเอ็นเอนั้น ผู้วิจัยกำหนดแหล่งสืบค้นข้อมูลให้ ได้แก่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หนังสือชีววิทยา และ textbook เป็นต้น

ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยวางแผนเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกการโต้แย้ง และบันทึกการเรียนรู้ ที่ให้นักเรียนทำ รวมถึงการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียน 2 ท่าน และ มีการบันทึกวิดีโอขณะจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่ เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ด้วย

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ

เริ่มใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้อง กับการวิทยาศาสตร์และขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในวันที่ 1 ธันวาคม 2558 คาบที่ 1-2 เวลา 8.30-10.10 น. มีการตั้งกลองเพื่อบันทึกวิดีโอไว้หลังห้อง และเริ่ม บันทึกตั้งแต่ต้นคาบ มีครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียนซึ่งเป็นครูที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เข้าร่วมนิเทศและสะท้อนผล 2 ท่าน ห้องที่ใช้ในการจัดกิจกรรม คือ 125 มีนักเรียนเข้าเรียน 24 คน ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คลิปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องบูห์ไฟฟ้าในด้านบวกและคลิปเสียง สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องบูห์ไฟฟ้าในด้านบวก หลังจากดูเสร็จให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพูดคุยกัน และช่วยกันเล่าสรุปใจความสำคัญของทั้งสองคลิป โดยในขั้นตอนนี้ใช้เวลามากกว่าที่วางแผนไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้กำหนดไว้ 30 นาที แต่ใช้จริงประมาณ 50 นาที หลังจากนั้นให้แต่ละกลุ่ม ระดมความคิดเห็นว่าบูห์ไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็งหรือไม่ พบว่า นักเรียน 5 กลุ่ม เห็นว่าบูห์ไฟฟ้า ก่อให้เกิดมะเร็ง ส่วนนักเรียนอีก 1 กลุ่ม เห็นว่าบูห์ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง จึงได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ส่งตัวแทนมาจับฉลากเพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายเสนอกับฝ่ายโต้แย้ง หลังจากนั้น จึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับใบงานที่ 1 เพื่อนำไปช่วยกันสืบค้นข้อมูลเรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ จากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดไว้ให้ ก่อนที่จะให้นักเรียนได้ระดมความคิดเลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ที่ครูกำหนดให้ ได้แจกใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นบูห์ ไฟฟ้าอันตรายหรือไม่ รวมถึงได้อธิบายข้อมูลหลักฐานที่กำหนดให้ว่ามีอะไรบ้าง หลักการเลือก หลักฐานที่เชื่อถือควรเป็นอย่างไร รวมถึงอธิบายขั้นตอนของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์คร่าวๆ เนื่องจากก่อนเริ่มแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้อธิบายหลักการและวิธีการจัดกิจกรรมโต้แย้งเชิง วิทยาศาสตร์ให้นักเรียนฟังไปแล้วหนึ่งรอบ ในขั้นการเลือกหลักฐานนี้ใช้เวลาในคาบเพียง 15 นาที เพราะจะหมดเวลาแล้ว นักเรียนใช้ใบงานที่ 1 ค่อนข้างนาน จึงให้นักเรียนใช้เวลาว่างหลังเลิกเรียน ระดมความคิดเลือกหลักฐานและสืบค้นข้อมูล หลักฐานต่างๆ มาสนับสนุนเพิ่มเติมได้

คาบ 5 วันที่ 3 ธันวาคม 2558 มีการตั้งกล้องเพื่อบันทึกวีดีโอไว้หลังห้องเช่นเดิม และมีครูที่สอนชีววิทยาเข้าร่วมสะท้อนผล 2 ท่าน ตามแผนการจัดการเรียนรู้จะต้องสอนขั้นได้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากขั้นได้แย้งใช้เวลาเกินที่วางแผนไว้ จึงทำให้ไม่ทันภายใน 1 คาบ จึงต้องขอเรียนนัดเรียนเพิ่มเติมอีก 1 คาบ ของวันพฤหัสบดีที่ 10 ธันวาคม ที่หายไปเนื่องจากเป็นวันหยุด ในวันศุกร์ที่ 11 ธันวาคม 2558 คาบที่ 8 เวลา 15.40-16.30 น. มีการตั้งกล้องเพื่อบันทึกวีดีโอไว้หลังห้องเช่นเดิม และมีครูที่สอนชีววิทยาเข้าร่วมสะท้อนผล 2 ท่าน ในส่วนของกิจกรรมนี้นักเรียนจะแบ่งงานกันในกลุ่มโดยมีหน้าที่ผู้เข้าร่วมโต้แย้ง 2 คน บันทึกคะแนน 1 คน และบันทึกรายละเอียดการโต้แย้ง 1 คน ในขณะที่โต้แย้งผู้วิจัยได้บันทึกสาระสำคัญของการโต้แย้งไว้ในกระดาษ และทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการโต้แย้ง และในวันที่ 11 ธันวาคม 2558 ผู้วิจัยได้ทำการสรุปสาระสำคัญของการโต้แย้ง และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้พูดคุยกันและเขียนเพิ่มเติมในงานต่างๆ ให้สมบูรณ์ หลังจากนั้นได้ให้นักเรียนทุกคนทำบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ และมิวเทชัน เนื่องจากนักเรียนเกิดมโนทัศน์ เรื่อง มิวเทชันขึ้นด้วย และส่งหลังจบคาบเรียน

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียน 2 ท่าน และผู้วิจัย เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ โดยแยกเป็นขั้นการจัดการเรียนรู้ พบว่า

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

สื่อการเรียนรู้ พบว่า การใช้คลิปวีดีโอสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ใช้คลิปวีดีโอกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

การสอนของครูนั้นผู้วิจัยพบว่าการนำคำตอบของนักเรียนมาเชื่อมโยงกันทำให้การสอนสั้นไหลดี

พฤติกรรมที่มีส่วนร่วมของนักเรียน พบว่านักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมในห้องทั้งการแสดงความคิดเห็นและสรุปใจความสำคัญของข่าว โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และ

ผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและการสรุปประเด็นต่างๆ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

จุดปรับปรุง

เวลา โดยทั้งครูที่สอนชีววิทยา 2 ท่านและผู้วิจัยสะท้อนไปในทิศทางเดียวกัน คือ ใช้เวลานาน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ใช้เวลามากกว่าที่กำหนด

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

...ใช้เวลาค่อนข้างนาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

สื่อการเรียนรู้ จากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่า ในช่วงหลังจาก 5 นาทีของคลิปวิดีโอ เป็นต้นไป นักเรียนแสดงอาการง่วงและเบื่อ ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า ควรมีการตัดต่อคลิปวิดีโอให้กระชับมากขึ้นไม่ควรเกิน 5 นาที ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรใช้คลิปที่มีความยาวไม่มากนัก หรือถ้าจำเป็นต้องใช้คลิปก็ควรตัดต่อคลิปก่อน เพื่อจะได้ควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมได้เหมาะสมและนักเรียนก็จะมีสมาธิมากขึ้น ความยาวของคลิปวิดีโอไม่ควรเกิน 5 นาที

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ว่าครูควรจะบันทึกคำตอบบนกระดานจะได้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มอื่นตอบอะไรไปแล้วบ้าง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูควรบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุป และ
ทำให้นักเรียนทบทวนคำตอบของกลุ่มตนเองและกลุ่มของเพื่อนๆ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

...ควรบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดาน เป็นการช่วยเตือนความจำของผู้สอน
และนักเรียนจะได้ทบทวนสิ่งที่เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ได้ตอบมาแล้ว

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

การกำหนดแหล่งเรียนรู้ ผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่านมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันคือ แหล่ง
เรียนรู้นั้นมีความหลากหลายและเหมาะสมส่งผลให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่ตรงประเด็น ดังข้อความ
ในบันทึกการสะท้อนผล

...กำหนดแหล่งข้อมูลในการค้นคว้า ทำให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้จากข้อมูลที่นักเรียนบันทึกในใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุน
ความคิดเห็นในประเด็นบุนทรีย์ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ บ่งบอกได้ว่านักเรียนสามารถสืบค้น
ข้อมูลได้ตรงประเด็น ซึ่งจากตัวอย่างในกรอบภาพ 3 มีข้อความระบุว่าไอของบุนทรีย์ไฟฟ้าเป็นสารพิษ
ต่อหน่วยพันธุกรรมและเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งข้อมูลนี้เป็นข้อมูลที่ตรงกับประเด็นบุนทรีย์ไฟฟ้าก่อให้เกิด
โรคมะเร็งหรือไม่เพื่อที่จะเชื่อมโยงเข้ากับเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ และเป็นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่
กำหนดให้

หลักฐานที่ 3

ที่มา...ข่าว นวนานา คอลัมน์: วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี : ข่าวไฟฟ้าไม่ปลงดับ
นขบช.กอน

ข้อมูล

งานวิจัยในเบื้องต้นพบว่า เซลล์ของเนื้องอกสามารถผลิตและปล่อยโปรตีนที่เรียกว่า p53 และ KRAS ซึ่งพบในเซลล์มะเร็ง
ที่เรียกว่า เซลล์มะเร็ง ซึ่งเซลล์มะเร็งจะผลิตโปรตีน p53 และ KRAS ซึ่งพบในเซลล์มะเร็ง
โปรตีน p53 จะควบคุมการทำงานของเซลล์มะเร็งไม่ให้ผลิตโปรตีน p53 และ KRAS มากเกินไป
และจะกระตุ้นให้เซลล์มะเร็งตายในที่สุด

ภาพ 80 แสดงข้อมูลการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้บางส่วนจากใบงานที่ 2
การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิด
โรคมะเร็งหรือไม่

แต่นักเรียนบางกลุ่มที่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเองนอกเหนือจากแหล่งเรียนรู้ที่ครูกำหนดให้
ดังตัวอย่างในใบงานที่ 2

หลักฐานที่ 2

ที่มา International Programme on Chemical Safety, International Chemical
Safety Cards (ICSCs), Geneva : International Labour office (ILO) นร.

ข้อมูล

1) โพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol)

ลักษณะทางกายภาพ : ของเหลว ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน

แหล่งที่มา : ผลิตจากปิโตรเลียมหรือจากธรรมชาติ โดยกระบวนการไฮโดรไลซิสของโพรพิลีน

สารเคมีที่เกี่ยวข้อง : โพรพิลีนไกลคอล, โพรพิลีน, โพรพิลีนไดออกไซด์, โพรพิลีนไตรออกไซด์

แหล่งข้อมูล : กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง : กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง : กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

ภาพ 81 แสดงข้อมูลการสืบค้นข้อมูลนอกเหนือจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้บางส่วนจาก
ใบงานที่ 2 การสืบค้นหลักฐานเพื่อใช้สนับสนุนความคิดเห็นในประเด็นบุหรี่
ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่

จุดปรับปรุง

เวลา ซึ่งผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่านมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างนาน ดังข้อความในการสะท้อนผล

...ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมในชั้นตอนนี้ค่อนข้างมาก

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 1 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าก่อนเริ่มปฏิบัติกิจกรรมครูควรแจ้งขอบเขตเวลาในปฏิบัติกิจกรรมให้นักเรียนทราบก่อน

ขั้นได้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

บรรยากาศของห้องเรียนขณะจัดกิจกรรม ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนให้ความร่วมมือและกระตือรือร้นในการปฏิบัติกิจกรรมดี อีกทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยยังเห็นตรงกันว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างทั่วถึง ส่งผลให้บรรยากาศในห้องเรียนไม่น่าเบื่อ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมทำให้ห้องเรียนไม่น่าเบื่อ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

สอดคล้องกับการสะท้อนคิดของนักเรียนหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตัวอย่างข้อความในแบบสะท้อนคิด

...เป็นกิจกรรมที่มีความน่าสนใจ เพราะไม่ค่อยได้ทำกิจกรรมแบบนี้ ผมคิดว่าเป็นเรื่องที่ดีที่จะให้นักเรียนไปค้นคว้าหาข้อมูล และทำความเข้าใจ แล้วนำมานำเสนอจนในที่สุดที่ได้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ และยังไม่น่าเบื่ออีกด้วย สนุก

(นักเรียน S3, ผู้สะท้อนคิด, 11 ธันวาคม 2558)

...เป็นกิจกรรมที่เสริมสร้างความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากไม่ค่อยได้ทำกิจกรรมอะไรแบบนี้ ซึ่งกิจกรรมนี้ทำให้เราต้องกลับไปหาข้อมูล ซึ่งผมคิดว่าดีกว่าการเรียนธรรมดา เนื่องจากเวลาเรียนนั้น เมื่อเรียนเยอะๆ ทำให้ง่วงนอน เปื่อกับการเรียนในห้องมาก ดังนั้นกิจกรรมที่จัดขึ้นทำให้น่าสนใจมากขึ้น

(นักเรียน S4, ผู้สะท้อนคิด, 11 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมนทัศน์ โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกันว่านักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ได้สืบค้นมา ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลที่ค้นคว้ามาทั้งเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ และมิวเทชัน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

และจากข้อมูลในใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ปะไฟฟาก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะทำการบันทึกขณะที่เพื่อนโต้แย้งนั้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความรู้เกี่ยวกับเรื่องที่ได้สืบค้นมาจริง ดังตัวอย่างข้อมูลในใบงานที่ 3

กลุ่มนักเรียน	ฝ่ายตรงข้าม	ข้อสรุป
- จีไม่มีการขึ้นชั้นที่แท้จริงว่าสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและสารก่อมะเร็งอยู่ในเครื่องใช้ประจำวัน - บุหรี่ไฟฟ้าก็ก่อให้เกิดมะเร็งได้เหมือนกัน เพราะไม่มีควัน ก๊าซพิษอะไรที่เมื่อสูดสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระ	- ม.เร่งรัดพัฒนาเซลล์เกิดมะเร็งปกติ (ใช้ตัวบ่งชี้ไม่ได้) - ใช้เนื้อเยื่อชั้นแรก แล้วใส่ทำงาน กับเซลล์รอบข้าง - การก่อมะเร็งได้รับสารเคมี	☒ คงเดิม ☐ เปลี่ยนแปลง อย่างไร.....
"สารโคโรนาก่อให้เกิดมะเร็ง" - บุหรี่ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง มีเพียงแต่ นิโคตินและเมื่อสูดไฟก็มีไอที่ ไม่มีควัน และเมื่อเปรียบเทียบกับบุหรี่ปกติ ซึ่งมีสารก่อมะเร็งมากกว่า บุหรี่ไฟฟ้า	- นิโคติน เกิดพิษความไวของเนื้อเยื่อและในบางรายอาจก่อให้เกิดมะเร็ง - สารพิษในควันบุหรี่ ทำให้เกิดมะเร็ง เกิดการจับตัวของหลอดเลือด DNA	☐ คงเดิม ☒ เปลี่ยนแปลง อย่างไร... บุหรี่ไฟฟ้ามีสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

ภาพ 82 แสดงข้อมูลการบันทึกการโต้แย้งจากใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่

โดยข้อความในกรอบจะแสดงให้เห็นการแสดงมโนทัศน์เรื่องการจำลองดีเอ็นเอ และมิวเทชัน ซึ่งเกิดจากการรับฟังการโต้แย้งของเพื่อนและบันทึกลงในใบงาน

พฤติกรรมนักเรียนด้านการโต้แย้ง ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันและสังเกตพบว่านักเรียนได้โต้แย้งกันด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักฐานที่สืบค้นมา ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้โต้แย้งกันด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนได้โต้แย้งกันด้วยข้อมูลที่สืบค้นมา

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการณ์มีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้น โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ว่านักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดและได้แสดงความคิดเห็นของตนเองในขณะโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้ใช้และฝึกทักษะการคิด

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเป็นอย่างดี

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

จุดปรับปรุง

เวลา โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกันว่าการจัดกิจกรรมใช้เวลานานเกินกำหนด ดังนั้นผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่านจึงเสนอว่า ควรมีการจับเวลาขณะโต้แย้งของนักเรียนแต่ละคน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรมีการควบคุมเวลาขณะโต้แย้ง โดยให้สมาชิกแต่ละฝ่ายจับเวลาของฝ่ายตรงข้าม

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...ใช้เวลาทำกิจกรรมมาก ควรมีนักเรียนทำหน้าที่จับเวลาขณะโต้แย้ง

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

สื่อการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่า ตารางการให้คะแนนมีความซับซ้อน จึงควรปรับตารางการให้คะแนนให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ตารางการให้คะแนนซับซ้อน ยากต่อการเข้าใจ

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

และจากการบันทึกคะแนนลงตารางในใบงานที่ 3 พบว่า นักเรียนบันทึกมาไม่ครบถ้วน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจรูปแบบของตารางการบันทึกคะแนน ดังตัวอย่าง

ชั้นการโต้แย้ง	ลำดับการตอบ	คำตอบของฝ่าย โต้แย้ง			คะแนน	
		คำตอบ (✓)	หลักฐาน (1')	เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (2')	(1')	(2')
1. Claims life warrants (ฝ่ายเสนอ)	ยอมรับและไม่แสดงหลักฐาน					
	ยอมรับหรือโต้แย้งและแสดงหลักฐานการโต้แย้ง					
2. Counter-arguments (ฝ่ายโต้แย้ง)	ไม่ยอมรับและไม่แสดงหลักฐาน		การระบุถึงคุณค่าชีวิต	- ศักยภาพของมนุษย์ ไม่ได้แน่นอน - ปัจจัยต่างๆ ไม่สามารถระบุได้		3
	แสดงหลักฐานโต้แย้ง หรือรับไป	/				
3. Supportive argument and evidence	ไม่ยอมรับและไม่แสดงหลักฐาน		กล่าวไป	- ไซเบอร์เนติกส์ ใช้ CO ₂ ในการสร้าง - ใช้คอมพิวเตอร์ในการคิด		3
	ยอมรับความและแสดงหลักฐาน	✓		- ชีวิตในคอมพิวเตอร์ - ชีวิตในคอมพิวเตอร์ ไม่ใช่ชีวิตจริง		
	การพิสูจน์ข้อโต้แย้ง					
	ไม่ยอมรับและไม่แสดงหลักฐาน					
	ยอมรับความและแสดงหลักฐาน	✓	- FDA อนุมัติให้ทดลอง	- ใช้คอมพิวเตอร์ในการคิด - ใช้คอมพิวเตอร์ในการคิด		
	การพิสูจน์ข้อโต้แย้ง					
	ไม่ยอมรับและไม่แสดงหลักฐาน		- ใช้ชีวิตจริง			
	ยอมรับความและแสดงหลักฐาน		- ใช้ชีวิตจริง			

หมายเหตุ 1' หมายถึง การโต้แย้งแบบตารางที่ 1 และ 2' หมายถึง การโต้แย้งแบบตารางที่ 2

ภาพ 83 แสดงใบงานที่ 3 แบบบันทึกการโต้แย้งในประเด็นบุหรี่ยาไฟฟ้าก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือไม่ ของกลุ่มที่ 3

สอดคล้องกับข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียนสะท้อนให้เห็นว่าตารางการบันทึกคะแนนนั้นซับซ้อน และยากแก่การทำความเข้าใจ ข้อความระบุว่า

...ใบตารางการให้คะแนนอ่านยากไป

(นักเรียน S1, ผู้สะท้อนคิด, 11 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู โดยครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน บันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ในประเด็นที่ว่าครูยังอธิบายขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการอธิบายขั้นตอนการโต้แย้งและการบันทึกคะแนนก่อนเริ่มปฏิบัติกิจกรรม ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูอธิบายวิธีการโต้แย้งยังไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจวิธีการโต้แย้ง ครูควรอธิบายวิธีการโต้แย้งให้นักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มทำกิจกรรม หรืออาจสาธิตก่อน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...ครูอธิบายวิธีการโต้แย้งไม่ชัดเจน ซึ่งควรอธิบายขั้นตอนของกิจกรรมให้ชัดเจน ก่อนเริ่มกิจกรรม อาจใช้การสาธิตก่อนเริ่มปฏิบัติจริง

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ ตามการสะท้อนผลของครูครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย พบว่า ควรมีการบันทึกประเด็นสำคัญจากการโต้แย้งของนักเรียนบนกระดานเพื่อใช้ในการสรุป ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรมีการเขียนประเด็นแต่ละประเด็นที่สรุปจากการโต้แย้งไว้บนกระดาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนจำไม่ได้ว่าโต้แย้งอะไรไปกันบ้าง ควรบันทึกประเด็นสำคัญที่ได้จากการโต้แย้งบนกระดาน"

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ที่เลือกใช้นั้นยังไม่นำไปสู่มนทัศน์ เรื่องการจำลองดีเอ็นเอ เท่าที่ควร มโนทัศน์จะค่อนข้างไปทาง เรื่อง มิวเทชัน ซึ่งผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ยังไม่ค่อยนำไปสู่มนทัศน์ เรื่อง
การจำลองดีเอ็นเอ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ค่อนข้างไปทาง เรื่อง มิวเทชัน
มากกว่า

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

...ควรเลือกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับเรื่อง
ที่สอน"

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 3 ธันวาคม 2558)

**ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
จุดเด่น**

การสอนของครู ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 มีความเห็นว่า เป็นขั้นตอนที่ครูได้สรุปความรู้
ของนักเรียนอีกครั้งจากการโต้แย้ง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูนำประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้งมาสรุปเป็นความรู้ ทำให้ทราบมนทัศน์ของ
นักเรียนจากการอธิบายออก

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมนทัศน์ ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักเรียนได้ทบทวนมนทัศน์ที่เกิดขึ้น
ขณะปฏิบัติกิจกรรมโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่งผลมาจากการสอนของครู และข้อความที่ผู้วิจัย
บันทึกไว้ในบันทึกการสะท้อนผล คือ

...นักเรียนได้ทบทวนความรู้หรือมนทัศน์ที่เกิดขึ้น

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

จุดปรับปรุง

เวลา ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนการสอนนี้ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ต้องยืดแผนการจัดการเรียนรู้ในขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ออกไปอีก 1 ชั่วโมง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมไม่ทันตามแผนที่กำหนด

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...เวลาเกินที่วางแผนไว้ ทำให้ต้องวางแผนในการจัดการเรียนรู้ใหม่

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย สังเกตการณ์ขณะจัดการเรียนรู้และบันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปในทิศทางเดียวกัน ว่าหากมีการบันทึกประเด็นสำคัญจากการโต้แย้งของนักเรียนบนกระดาน นักเรียนและครูจะได้เห็นประเด็นสำคัญนั้นไปพร้อมกันขณะสรุปการโต้แย้ง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรมีการสรุปประเด็นแต่ละประเด็นที่เกิดจากการโต้แย้งที่บันทึกไว้บนกระดาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...หากบันทึกประเด็นสำคัญที่ได้จากการโต้แย้งบนกระดาน จะสามารถใช้ในการสรุปการโต้แย้ง นักเรียนจะได้เห็นประเด็นนั้น และมีส่วนร่วมมากขึ้น

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 สังเกตพบว่า นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรมขั้นนี้เท่าที่ควร ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการสรุปประเด็น

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

ความสำเร็จในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ คือ

สื่อการเรียนรู้ ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย เห็นว่า คลิปวิดีโอสามารถดึงดูดความสนใจนักเรียนให้อยากที่จะสืบค้นข้อมูลต่อในเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...การใช้คลิปข่าวจากสื่อโทรทัศน์ หรือวิทยุ สามารถกระตุ้นความสนใจนักเรียนได้เป็นอย่างดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...คลิปวิดีโอดึงดูดความสนใจต่อประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ดีมาก และทำให้นักเรียนอยากศึกษาเรื่องนี้ต่อ

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

แหล่งเรียนรู้ ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย เห็นว่า แหล่งเรียนรู้นั้นเหมาะสมทำให้นักเรียนสืบค้นได้ตรงประเด็น

...แหล่งเรียนรู้ที่จัดให้นักเรียนค้นคว้าเหมาะสมทำให้นักเรียนสืบค้นได้ตรงประเด็น

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนสืบค้นและโต้แย้งได้ค่อนข้างตรงประเด็น เนื่องจากแหล่งเรียนรู้นั้นเหมาะสม ตรงเนื้อหา

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

บรรยากาศในชั้นเรียน ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย เห็นว่า บรรยากาศในชั้นเรียนนั้นมีการโต้แย้งกันด้วยความรู้ที่สืบค้นในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเป็นบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ส่งผลให้บรรยากาศในห้องเหมาะสมแก่การเรียนรู้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมด้านมนโทัศน์ ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 พบว่า นักเรียนได้ค้นคว้าเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ และผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่านยังมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่านักเรียนเกิดความรู้เกินจุดประสงค์ ซึ่งเกิดความรู้ เรื่อง มิวเทชั่นด้วย ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...กระตุ้นให้นักเรียนเกิดมนโทัศน์และความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง มิวเทชั่นด้วย

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

...มนโทัศน์ที่นักเรียนได้รับจากการโต้แย้งไม่ค่อยตรงกับเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ แต่ค่อนข้างไปในประเด็นมิวเทชั่นด้วย

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมด้านการโต้แย้ง ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 เห็นว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้นี้ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด และครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 เห็นว่านักเรียนได้อธิบายความคิดเห็นต่างๆ ด้วยเหตุผล รวมถึงครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยเห็นว่า นักเรียนได้แสดงออกและพัฒนาการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ด้วย ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดจากการโต้แย้ง และนักเรียนแสดงพฤติกรรม การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 11 ธันวาคม 2558)

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ

จากข้อสรุปในแบบสะท้อนผล และภายหลังการพูดคุยกับครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียนและอาจารย์ที่ปรึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ นั้นมีสิ่งที่จะต้องนำไปปรับในวงรอบที่ 2 ดังต่อไปนี้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะต้องนำไปปรับในวงรอบที่ 2 คือ

1. เวลา เนื่องจากในขั้นนี้ใช้เวลามากเกินไป จึงส่งผลกระทบต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นอื่น จึงควรมีการเพิ่มเวลาในขั้นนี้สำหรับในวงรอบต่อไป เนื่องจากเป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. สื่อการเรียนรู้ จากการสะท้อนผลพบว่านักเรียนชอบและคลิปปวีดีโอสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ แต่ควรตัดต่อคลิปปวีดีโอให้กระชับและมีเวลาไม่เกิน 5 นาที ก่อนนำมาใช้จริงในชั้นเรียน

3. การสอนของครู การที่ครูนำคำตอบของนักเรียนมาเชื่อมโยงกันนั้นดีแล้ว ส่งผลให้การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนลื่นไหล แต่ในระหว่างที่นักเรียนสรุปประเด็นสำคัญของคลิปปวีดีโอ ครูควรบันทึกประเด็นสำคัญจากการสรุปสาระสำคัญจากคลิปปวีดีโอบนกระดานด้วย และควรใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้คิดและมองในมุมต่างๆ ของประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สิ่งควรนำไปปรับในวงรอบที่ 2 คือ

1. เวลา ใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรมมากเกินไป ซึ่งครูควรที่จะแจ้งขอบเขตเวลาของการทำกิจกรรมให้นักเรียนทราบก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติ จะเป็นการควบคุมเวลาได้อีกวิธีหนึ่ง

2. การกำหนดแหล่งเรียนรู้ ชวนำทางและทำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากการปฏิบัติกิจกรรมพบว่านักเรียนบางกลุ่มหาข้อมูลเพิ่มเติมที่นอกเหนือจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้ จึงเป็นแนวคิดที่จะปรับวงรอบที่ 2 ให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างอิสระจากแหล่งเรียนรู้อื่นได้มากยิ่งขึ้น โดยจะกำหนดเป็นลิงค์ให้นักเรียน นอกจากนี้จะมีการการพูดถึงการเข้าถึงข้อมูล และหลักในการเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้อีกด้วย

ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สิ่งควรนำไปปรับในวงรอบที่ 2 คือ

1. เวลา ซึ่งใช้เวลามากเกินกว่าที่กำหนด ทำให้ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมขั้นต่อไป จึงจะให้นักเรียนจับเวลาขณะที่พูดโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และใช้สัญญาณกริ่งเป็นตัวบอกเวลา ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปในตัว และในวงรอบต่อไปจะขยายเวลาในขั้นการโต้แย้งออกเป็น 50 นาที

2. การสอนของครู ครูต้องบันทึกสิ่งที่นักเรียนพูดโต้แย้งบนกระดาน เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และนักเรียนจะได้ทบทวนความรู้หรือความคิดเห็นหลังจากกิจกรรมโต้แย้งเสร็จสิ้น นอกจากนี้ ครูต้องทบทวนขั้นตอนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และการบันทึกคะแนนลงในตาราง จนกระทั่งนักเรียนทุกคนเข้าใจก่อนเริ่มปฏิบัติกิจกรรม ส่วนการสอนของครูในเรื่องการจัดการห้องเรียนนั้นดีแล้ว ส่งผลให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและบรรยากาศของห้องเรียนไม่น่าเบื่อ

3. สื่อการเรียนรู้ ต้องมีการปรับรูปแบบของตารางการให้คะแนนการโต้แย้งให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น ส่วนสื่อการเรียนรู้อื่นๆ นั้นช่วยส่งเสริมทำให้การจัดการโต้แย้งดำเนินไปอย่างราบรื่นดีแล้ว

4. ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรเลือกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์นั้นๆ โดยตรง หากประเด็นไม่เหมาะสมหรือเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นมากกว่า จะทำให้นักเรียนแสดงมโนทัศน์ออกมาไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ อย่างในวงรอบที่ 1 นั้นนักเรียนแสดงมโนทัศน์ทั้งเรื่องการจำลองดีเอ็นเอและมิวเทชัน ซึ่งหลังจากพูดคุยกับครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียนแล้ว พบว่าเห็นควรให้ตัดแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มิวเทชัน ออก เนื่องจากนักเรียนได้สร้างมโนทัศน์เรื่องมิวเทชันแล้ว นอกจากนี้ประเด็นควรเป็นที่ถกเถียงในสังคมจะทำให้สามารถแบ่งความคิดเห็นของนักเรียนได้เป็น 2 ฝ่าย แต่ในวงรอบที่ 1 นั้น ต้องใช้วิธีการจับฉลาก เนื่องจากนักเรียนทุกคนมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า บุหรี่ไฟฟ้าก่อให้เกิดมะเร็ง สำหรับในวงรอบที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน นั้นจึงต้องเลือกประเด็นที่มีความเชื่อมโยงกับความรู้ในเรื่องนี้โดยตรง และเป็นประเด็นที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันในสังคมอย่างแท้จริง

ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่ควรนำไปปรับในวงรอบที่ 2 คือ

1. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมในขั้นนี้เกินจากที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้ไป 1 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนเรื่องเวลาในวงรอบต่อไปใหม่ และต้องเพิ่มเวลาในขั้นนี้เป็น 50 นาที เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมได้ตามที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้

2. การสอนของครู ควรมีการนำประเด็นสำคัญจากการโต้แย้งมาสรุปอีกครั้งหนึ่ง โดยเขียนประเด็นสำคัญบนกระดานให้นักเรียนได้เห็น และควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสรุปประเด็น แต่การที่ครูสรุปความรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการโต้แย้งหลังจบกิจกรรมนั้นเป็นสิ่งที่ดี ทำให้นักเรียนได้ทบทวนสิ่งที่นำเสนอออกมาร่วมกัน

ผลการดำเนินการวงรอบที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน

ขั้นที่ 1 วางแผน

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตามการสะท้อนผลการปฏิบัติของวงรอบที่ 1 โดยทำการปรับเวลาในแต่ละขั้น โดยขยายเวลาในการจัดกิจกรรมออกเป็น 4 ชั่วโมง และนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้ไปคุยกับครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียน ได้ข้อสรุปว่าจะใช้ประเด็น การใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง ในการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

ด้านสื่อการเรียนรู้ยังใช้คลิปวิดีโอการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ แต่มีการตัดต่อคลิปให้กระชับมากขึ้น โดยตัดมาเฉพาะสาระสำคัญไม่เกิน 5 นาที นอกจากนี้ ยังมีการปรับตารางการให้คะแนนให้เข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น และยังได้ทำการยืมอุปกรณ์ในการจับเวลาและกริ่งจากห้องปฏิบัติการชีววิทยาเพื่อใช้ในชั้นได้แย่งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ส่วนแหล่งเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้เตรียมลิงค์ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ให้นักเรียนได้เข้าไปสืบค้นข้อมูลเอง และเพิ่มขั้นตอนการเข้าถึงข้อมูล และหลักในการเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ลงในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วย

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ

เริ่มใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และชั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในวันที่ 12 ธันวาคม 2558 (ซดเชยวันที่ 8 ธันวาคม 2558 ที่โรงเรียนหยุด) คาบที่ 1-2 เวลา 8.30-10.10 น. มีการตั้งกลองเพื่อบันทึกวิธีโอไว้หลังห้องเช่นเดิม และเริ่มบันทึกตั้งแต่ต้นคาบ มีครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียนซึ่งเป็นครูที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เข้าร่วมนิเทศและสะท้อนผล 2 ท่าน ห้องที่ใช้ในการจัดกิจกรรมคือ 125 มีนักเรียนเข้าเรียน 24 คนเช่นเดิม ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่บอกว่ายีนบำบัดนั้นเป็นเทคโนโลยีที่น่าจับตามอง และตามด้วยคลิปวิดีโอการสัมภาษณ์นักวิจัยที่กำลังทำงานวิจัยด้านยีนบำบัด โดยเนื้อหาของทั้งสองคลิปวิดีโอนั้นค่อนข้างแตกต่างกัน ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงทั้งด้านบวกและด้านลบของการใช้ยีนบำบัด หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มจะได้ปรึกษากัน โดยใช้คำถามนำเข้าสู่ประเด็นว่า การใช้ยีนบำบัดโรคนั้นเหมาะสมแล้วหรือยัง พบว่ามีนักเรียนเห็นด้วยว่าเหมาะสม 3 กลุ่ม ส่วนอีก 3 กลุ่มนั้นเห็นว่ายังไม่เหมาะสม แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับใบงานที่ 1 เพื่อนำไปช่วยกันสืบค้นเรื่องการจำลองดีเอ็นเอ โดยผู้วิจัยใช้คำถามนำการสืบค้นว่า การนำยีนใหม่เข้าไปทดแทนยีนเดิม ให้มีการสังเคราะห์โปรตีนแทนยีนเดิม แล้วกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนนั้นมีกระบวนการอย่างไร พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการได้แย่งเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงกฎ กติกาต่างๆ ด้วย ก่อนที่นักเรียนจะทำการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ ได้แจกใบงานที่ 2 ให้นักเรียนได้บันทึกหลักฐานที่จะใช้สนับสนุนความคิดเห็น รวมถึงได้อธิบายหลักการการสืบค้นข้อมูลและการเลือกข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ โดยอนุญาตให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้อย่างอิสระมากขึ้น และบางข้อมูลมีลิงค์ให้นักเรียนได้เข้าถึงข้อมูลด้วยตนเอง และทำการแจ้งระยะเวลาการทำกิจกรรมให้นักเรียนทราบก่อน โดยนักเรียนมีเวลาสืบค้นข้อมูลในห้องประมาณ 35 นาที ซึ่งถือว่าควบคุมเวลาไว้ได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้เวลาว่างหลังเลิกเรียนสืบค้นข้อมูลและหลักฐานเพิ่มเติม เนื่องจากเวลาในห้องเรียนมีค่อนข้างจำกัด

คาบ 1-2 วันที่ 15 ธันวาคม 2558 มีการตั้งกล้องเพื่อบันทึกวิดีโอไว้หลังห้องเช่นเดิม และมีครูที่สอนชีววิทยาเข้าร่วมการสะท้อนผล 1 ท่าน ส่วนอีก 1 ท่านต้องสะท้อนผลผ่านทางคลิป์วิดีโอ โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนแต่ละฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายเสนอ และฝ่ายโต้แย้ง ปรีกษากันก่อนเริ่มการโต้แย้งเป็นเวลาประมาณ 5 นาที กิจกรรมในครั้งนี้จะจับเวลาการพูดของแต่ละฝ่ายด้วยผู้ที่ทำหน้าที่บันทึกคะแนนฝ่ายตรงข้าม โดยให้เวลาพูดฝ่ายละ 1 นาที ใช้สัญญาณกริ่งเป็นตัวบอกว่าหมดเวลาแล้ว ส่วนผู้วิจัยนั้น จะทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการและบันทึกสาระสำคัญบนกระดานขณะนักเรียนโต้แย้ง ซึ่งข้อมูลนี้จะสัมพันธ์กับข้อมูลที่กรรมการของแต่ละกลุ่มบันทึกข้อมูลลงในใบงานที่ 3 การโต้แย้งใช้เวลาประมาณ 55 นาที จึงเข้าสู่ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยจะให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสรุปประเด็นสำคัญของการโต้แย้งมากยิ่งขึ้น รวมถึงกล่าวถึงความรู้ที่นักเรียนได้อธิบายออกมาให้ชนะโต้แย้ง หลังจากนั้นให้เวลานักเรียนประมาณ 15 นาที แต่ละกลุ่มปรึกษากันและเขียนเติมเต็มใบงานต่างๆ ให้สมบูรณ์ ส่วนเวลาที่เหลือประมาณ 20 นาที ได้ให้นักเรียนทำบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน และส่งหลังจบคาบเรียน

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียน 2 ท่าน และผู้วิจัย เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน โดยแยกเป็นขั้นการจัดการเรียนรู้ พบว่า

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสังเกตพบว่านักเรียนให้ความสนใจ และสามารถแบ่งแยกความคิดเห็นของนักเรียนเป็นสองฝ่ายได้อย่างชัดเจน อีกทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยยังมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า เป็นประเด็นที่ง่ายต่อการเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่อง การถอดรหัสและการแปลรหัส ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูเลือกใช้ประเด็นทางสังคมที่น่าสนใจ สามารถใช้นำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาได้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สามารถแยกความคิดเห็นของนักเรียนได้ชัด มีทั้งฝ่ายเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

จากหลักฐานในแบบสะท้อนความคิดของนักเรียน พบว่านักเรียนมีความสนใจในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ค่อนข้างมาก ตัวอย่างข้อความในแบบสะท้อนคิด เช่น

...ประเด็นที่ใช้ได้แย่งเข้ากับปัจจุบันมาก มีการออกข่าวโทรทัศน์ทำให้สนใจและต้องการสืบค้นหาความจริงมากยิ่งขึ้น ว่าวิธีนี้ใช้ได้จริงแล้วเกิดผลดีหรือไม่ ทำให้รู้จักวิธีการทางการแพทย์ในหลากหลายวิธีการรักษา และรู้สาเหตุการเกิดมะเร็งเปลี่ยนแปลงความคิดเก่าๆ ที่ผิดๆ

(นักเรียน S9, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

เวลา ผู้วิจัยได้สังเกตขณะจัดการเรียนรู้พบว่า เวลาเหมาะสมในการจัดกิจกรรมเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน คือ 45 นาที

สื่อการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่า คลิปวิดีโอที่ใช้นั้นมีความยาวที่เหมาะสมประมาณ 5 นาที และนักเรียนไม่แสดงอาการง่วงหรือเบื่อ อีกทั้งนักเรียนยังสามารถสรุปสาระสำคัญของข่าวได้ดีขึ้น

การสอนของครู ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 บันทึกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ว่า ครูมีการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจนักเรียนได้ดี และครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า การบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดาน ทำให้นักเรียนได้ทบทวนคำตอบ และใช้เป็นข้อมูลสรุปสิ่งที่ได้จากคลิปวิดีโอต่อไป ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...มีการตั้งประเด็นคำถามเพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และครูยังมีการบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสรุปในขั้นต่อไปได้อีกด้วย

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมมีส่วนร่วมในกิจกรรม ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 สังเกตพบว่า นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อสรุปสาระสำคัญของคลิปวิดีโอ

จุดปรับปรุง

สื่อการเรียนรู้ ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า อาจมีการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อื่นนำเข้าสู่บทเรียนที่นอกเหนือจาก คลิปวิดีโอ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...อาจมีการเปลี่ยนแปลงสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ นำเข้าสู่ประเด็นด้วยวิธีอื่น นอกเหนือจากการดูคลิปวิดีโอ เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

...อาจเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อื่น เช่น ข่าวจากหนังสือพิมพ์ บทความจากนิตยสาร เป็นต้น จะได้มีการใช้สื่อที่หลากหลาย

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 เสนอว่า อาจเพิ่มการสร้างความสนใจนักเรียนที่นอกเหนือจากการใช้คำถาม และควรให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมออกไปเขียนสรุปสาระสำคัญของคลิปวิดีโอบนกระดาน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรเพิ่มกลวิธีในการสร้างความสนใจของนักเรียน เพื่อนำนักเรียนไปสู่ประเด็นทางสังคม และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปเขียนสรุปประเด็นจากการดูคลิปบนกระดาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
จุดเด่น

เวลา ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมสำรวจความรู้ นั้นเหมาะสม โดยใช้เวลาประมาณ 50 นาที ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมได้ดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

...ควบคุมเวลาได้ดีภายใน 50 นาที

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

หลักฐานที่ 4

ที่มา: www.moderncancerthai.com วิจารณ์จากบทสัมภาษณ์
 การวิจัย (ศึกษาขอบข่ายงานการดำเนินงานและแนวโน้มของวิสัยทัศน์สากล UICC)

ข้อมูล	จุดเด่น
1. คำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อสังคม	1. มีการตั้งคำถามถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในแง่ทั่วไป
2. ให้ความสำคัญกับผู้ป่วย	2. มีการตั้งคำถามถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในแง่เฉพาะ
3. การเข้าถึงข้อมูล และการเข้าถึงบริการสุขภาพ	3. ออกแบบโปรแกรม
4. ให้ความสำคัญกับผู้ป่วย	4. มีการตั้งคำถามถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในแง่เฉพาะ
5. การเข้าถึงข้อมูล และการเข้าถึงบริการสุขภาพ	5. ไม่มีการตั้งคำถามถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในแง่เฉพาะ
6. การเข้าถึงข้อมูล และการเข้าถึงบริการสุขภาพ	6. ไม่มีการตั้งคำถามถึงบทบาทของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในแง่เฉพาะ

ภาพ 84 แสดงหลักฐานการสืบค้นข้อมูลจากใบงานที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูล
ที่มีการกำหนดลิงค์ให้เพื่อเข้าถึงข้อมูล

[illegible]

ภาพ 85 แสดงหลักการการสืบค้นข้อมูลจากใบงานที่ 2 ซึ่งเป็นข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นเอง

และจากข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ฝึกรวบรวมข้อมูล และเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ตัวอย่างข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน เช่น

...ได้รู้แนวทางการรักษาแบบใหม่ เป็นอีกหนึ่งทางเลือก ได้รู้ข้อดีและข้อเสีย ได้ตัดสินใจ ได้เรียบเรียงข้อมูล ค้นหาข้อมูลและวางแผนเพื่อช่วยชนะของกลุ่ม
(นักเรียน S13, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ว่าการกำหนดขอบเขตของการสืบค้น ทำให้นักเรียนได้ความรู้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูกำหนดกรอบความรู้ที่นักเรียนต้องสืบค้นข้อมูลในใบงานอย่างชัดเจน ทำให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

...การกำหนดหัวข้อหรือขอบเขตให้นักเรียนสืบค้น ทำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้ตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น
(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

จุดปรับปรุง

แหล่งเรียนรู้ ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 มีความเห็นว่า ควรแนบเอกสารรายละเอียดลิงค์หรือแหล่งเรียนรู้ไว้ด้านหลังของใบงานที่ 2 ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรมีการแนบเอกสารแหล่งเรียนรู้ไว้ที่ด้านหลังของใบงานที่ 2 ด้วย เมื่อนักเรียนกลับไปค้นคว้าจะได้มีแนวทางการค้นคว้า
(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 12 ธันวาคม 2558)

ชั้นได้แย่งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

เวลา ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า การควบคุมเวลาการขณะได้แย่งด้วยสัญญาณกริ่ง ทำให้กิจกรรมไม่ยืดเยื้อ และช่วยควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมได้ดียิ่งขึ้น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...มีการควบคุมเวลาโดยใช้การจับเวลาของฝ่ายตรงข้าม ซึ่งถือว่ากิจกรรมอยู่ในเวลาที่กำหนด

(ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...การกำหนดเวลาในการพูด ทำให้สามารถควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมได้ดี

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

บรรยากาศของห้องเรียนผ่อนคลายและสนุกสนานกว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 1

...นักเรียนได้แย่งกันอย่างสนุกสนาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

และจากข้อความการสะท้อนคิดของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงบรรยากาศในขณะปฏิบัติกิจกรรมได้แย่ง ดังตัวอย่างข้อความ

...สนุกสนาน มีการโต้แย่งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนๆ กลุ่มอื่น

(นักเรียน S24, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

...เป็นการเรียนที่สนุกสนาน และได้ความรู้ในเรื่องการสังเคราะห์โปรตีนด้วย

(นักเรียน S22, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

...ได้แย่งกับเพื่อนในห้องสนุกมากๆ และได้ความรู้เพิ่มมากขึ้นด้วย

(นักเรียน S15, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ครูมีการอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมรวมถึงบทบาทของนักเรียนได้ชัดเจน ทำให้กิจกรรมได้เี่ยงดำเนินไปอย่างราบรื่น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูอธิบายบทบาทและวิธีการได้เี่ยงได้ดี ทำให้นักเรียนเข้าใจบทบาทและวิธีการได้เี่ยง นักเรียนทุกคนจึงสามารถได้เี่ยงในประเด็นทางสังคมที่กำหนดให้ได้อย่างคล่องแคล่ว

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...ครูอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติได้ชัดเจน ทำให้กิจกรรมดำเนินไปด้วยความราบรื่น

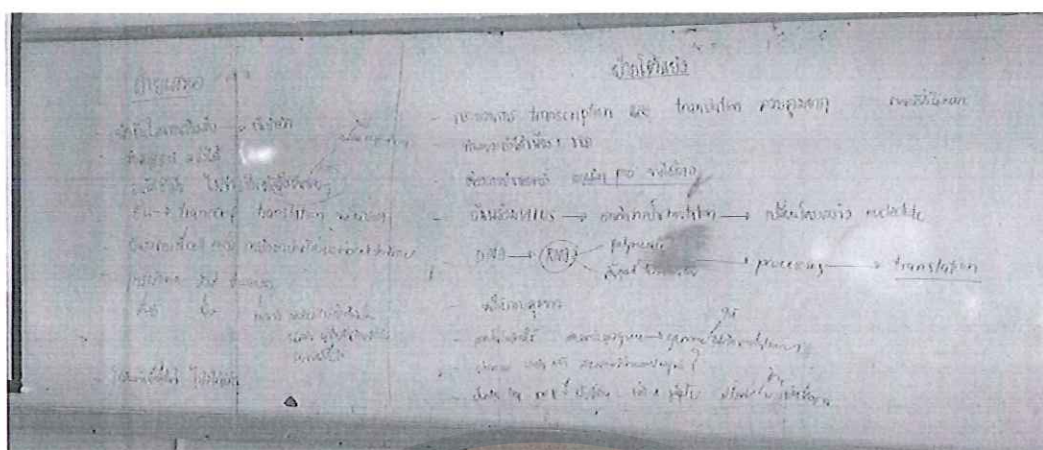
(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

และยังมีการกระตุ้นและเน้นย้ำในบางประเด็นที่ผู้ได้เี่ยงพูดแล้วนักเรียนบางคนอาจจะตามไม่ทัน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูมีการกระตุ้นและเน้นย้ำในเรื่องที่ฝ่ายเสนอหรือฝ่ายได้เี่ยงอาจจะจับประเด็นไม่ทัน การแสดงบทบาทของครูตรงนี้จะช่วยให้การดำเนินการได้เี่ยงของนักเรียนไม่ติดขัด นักเรียนสามารถระลึกถึงประเด็นที่จะได้เี่ยงได้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังสังเกตเห็นว่า การบันทึกสาระสำคัญของการได้เี่ยงบนกระดานทำให้นักเรียนได้ทบทวนสิ่งที่ได้พูดไปแล้ว และใช้เป็นข้อมูลในการสรุปร่วมกัน จากภาพที่แสดง จะเห็นว่าผู้วิจัยบันทึกข้อมูลบนกระดานทั้งหมด ทำให้นักเรียนได้ทบทวนในประเด็นที่พูดผ่านไปแล้ว



ภาพ 86 แสดงสาระสำคัญจากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยบันทึกบนกระดาน

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ครูที่สอนวิทยาศาสตร์คนที่ 1 และผู้วิจัย เห็นว่าที่เลือกใช้น่าสนใจและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมโนทัศน์ ทั้งครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านและผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันคือ นักเรียนสามารถอธิบาย เรื่อง การสังเคราะห์โปรตีนเชื่อมโยงกับมิวเทชัน ได้ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนอธิบายเรื่อง มิวเทชัน เชื่อมโยงกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนได้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงระหว่าง concept ที่เกิดขึ้นแล้วในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มิวเทชัน และเรื่องใหม่ได้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนสามารถเชื่อมโยง concept เรื่อง การจำลองดีเอ็นเอ มิวเทชัน ดีเอ็นเอ และการสังเคราะห์โปรตีน และอธิบายออกมาในขณะโต้แย้งได้

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

ตัวอย่างการโต้แย้งของนักเรียนที่แสดงออกถึงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

นักเรียนฝ่ายเสนอ "ฝ่ายของเราเห็นด้วยกับการรักษาด้วยยีนบำบัดครับ ข้อมูลจากโรงพยาบาลมะเร็งสมัยใหม่กว่างโจว สมาชิกของหน่วยงานด้านมะเร็งแห่งจีนและสากล UICC ได้กล่าวถึงวิธีว่า คือ ขั้นแรกนะครับต้องค้นหาสาเหตุของมะเร็งก่อน หลังจากนั้นกำหนดเป้าหมายของเซลล์ และถ่ายยีนใหม่เข้าไปทดแทนยีนเดิมที่ผิดปกติครับ ยีนใหม่จะไปทำถอดรหัสและแปลรหัส โดยถอดรหัสจากยีนออกมาเป็น mRNA และ mRNA นั้นะครับจะแปลรหัสออกมาเป็นโปรตีนที่ถูกต้อง แม่แบบโรคการแปลใช้แค่สายเดี่ยวนะครับ สร้างจากด้าน 5 ไป 3 (นักเรียนชีวภาพ การถอดรหัสและแปลรหัสบนโปรเจคเตอร์) ซึ่งการรักษาด้วยยีนบำบัดนี้ไม่มีผลต่อเซลล์ปกติได้ผลดี แล้วก็พิษต่อเซลล์น้อยกว่าการทำเคมีบำบัดครับ"

และจากข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน จะเห็นว่านักเรียนเกิดการสร้างความรู้ในเนื้อหา เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีนและมิวเทชันมากขึ้น ตัวอย่างข้อความในแบบสะท้อนคิด เช่น

...ได้ความรู้ในเรื่องที่ตนเองไม่เคยรู้ เมื่อเพื่อนมาพูดเสนอและโต้แย้ง ทำให้เราเข้าใจในเนื้อหาของเรื่องที่เรายังไม่เคยรู้ได้ง่ายขึ้น ทั้งการสร้างโปรตีนและมิวเทชัน จากคำพูดของเพื่อนๆ เพราะว่าคำพูดของเพื่อนจะฟังง่ายกว่าคำพูดของอาจารย์หรืออ่านด้วยตนเอง

(นักเรียน S8, ผู้สะท้อนคิด, 12 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านการโต้แย้ง ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและโต้แย้งกันด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและโต้แย้งกันด้วยหลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนสามารถเลือกประเด็นมาได้แย้งได้ตรงกับหัวข้อประเด็นทางสังคมที่
เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์โดยใช้หลักการและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

จากการโต้แย้งของนักเรียน จะเห็นว่านักเรียนมีการเสนอข้อกล่าวอ้าง แสดงเหตุผล และ
หลักฐานเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น ดังตัวอย่างบทสนทนา

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง "ฝ่ายพวกเราเห็นว่าการบำบัดด้วยยีนยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้
(ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป) เพราะข้อมูลในการยืนยันความปลอดภัยยังมีน้อยมาก (เหตุผล)
จากการรายงานผลการรักษา (นักเรียนโชว์ข้อมูลบนโปรเจคเตอร์) (แหล่งข้อมูล) ในปี 1999 ชายวัย
18 ปี ได้เสียชีวิตลงขณะได้รับการรักษาด้วยยีนบำบัด เพื่อรักษาโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องจากพันธุกรรม
หลังจากนั้นอีก 2 ปี เด็กทารก 2 ราย จาก 5 ราย ที่ประเทศฝรั่งเศส เข้าทดลองเพื่อรักษาอาการ
ภูมิบกพร่องจากโครโมโซม X แต่เกิดเป็นโรคลูคีเมีย ซึ่งการตัดเดมียีนให้กับมนุษย์เป็นเรื่องที่ยุ้งยาก
ซับซ้อน ทำให้นักวิจัยยังไม่สามารถที่จะตัดเดมียีนให้เข้าไปในเซลล์มนุษย์ได้มากพอที่ตั้งเป้าหมายไว้
(หลักฐาน)"

พฤติกรรมการณ์มีส่วนร่วมในกิจกรรม ผู้วิจัยสังเกตการณ์และพบว่า นักเรียนมีส่วนร่วม
ในการปฏิบัติกิจกรรมทุกคน ตามหน้าที่ที่ระบุในใบงานที่ 3 ซึ่ง 1 กลุ่มจะประกอบไปด้วย ผู้เข้าร่วม
โต้แย้ง 2 คน ส่วนกลางบันทึกคะแนนและจับเวลา 1 คน และกรรมการบันทึกข้อมูล 1 คน

จุดปรับปรุง

เวลา ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยเห็นว่า การที่กำหนดให้นักเรียนแต่ละคนพูด
ภายในเวลา 1 นาที นั้น นักเรียนพูดไม่ทันทำให้น่าเสนอข้อกล่าวอ้างได้ไม่ครบถ้วน ดังข้อความในบันทึก
การสะท้อนผล

...นักเรียนพูดไม่ทันภายในเวลา 1 นาที

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...กำหนดเวลาไว้พูดคนละ 1 นาที น้อยเกินไป นักเรียนพูดไม่ทัน

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

จากการบันทึกภาพขณะจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนแสดงอาการเร่งรีบในการพูด ขณะอธิบายข้อมูล ตัวอย่างบทสนทนาของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนพูดไม่ทันภายในเวลา 1 นาที ทำให้พูดรายละเอียดได้ไม่ชัดเจนมากนัก

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง "หลังจากจบกระบวนการ transcription จะเข้าสู่การ translation ในมนุษย์จะเกิดที่ cytoplasm โดย (สัญญาณกริ่งดังขึ้น) และสร้างเป็นสาย polypeptide ขึ้น"

บรรยากาศ ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 มีความเห็นว่า ครูอาจจะมีการสร้างบรรยากาศ การโต้แย้งเชิงให้สนุก ตื่นเต้น เข้าใจมากยิ่งขึ้น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควรสร้างบรรยากาศการโต้แย้งให้สนุก ตื่นเต้น เข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยการเสริมแรงทางบวกให้นักเรียนที่ทำหน้าที่โต้แย้ง เพื่อให้บรรยากาศสนุกสนานมากยิ่งขึ้น เช่น ครูมีรางวัลสำหรับผู้โต้แย้งที่ออกผลการพูดที่ดูแปลกใหม่ น่าสนใจ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ผู้วิจัยเห็นว่าครูอาจมีการใช้คำถามสอดแทรกขณะการจัดกิจกรรม เพื่อกระตุ้นนักเรียนเพิ่มมากขึ้น ให้นักเรียนได้ถูกคิดในบางแง่มุมที่ขาดหายไป ตัวอย่างเหตุการณ์ในคลิปวิดีโอที่เห็นได้ชัด คือ

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง "หากจะรักษามะเร็งด้วยยีนบำบัด ต้องถ่ายยีนบ่อยครั้ง ทำให้ควบคุมการผลิตโปรตีนได้ยาก"

จากบทสนทนาข้างต้นจะเห็นว่านักเรียนยังอธิบายไม่ถึงขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีน ครูสามารถถามนักเรียนเพิ่มเติมได้ว่า "ควบคุมการผลิตโปรตีนยากอย่างไร" เพื่อให้นักเรียนได้แสดงมุมมองต่อการเปลี่ยนแปลง

ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

การสอนของครู ซึ่งทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า การสรุปจากสาระสำคัญที่บันทึกบนกระดานทำให้สรุปนักเรียนเห็นภาพรวมของการโต้แย้ง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูอำนวยความสะดวกให้แก่ นักเรียน โดยช่วยบันทึกประเด็นสำคัญที่ได้จากการโต้แย้งบนกระดาน ทำให้นักเรียนเห็นภาพรวม

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...การที่เขียนสรุปบนกระดาน ทำให้สรุปตรงกับสิ่งที่นักเรียนพูดมากยิ่งขึ้น

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมนทัศน์ ผู้วิจัยเห็นว่า นักเรียนได้ทบทวนมนทัศน์ที่เกิดขึ้นระหว่างการโต้แย้ง ซึ่งได้จากการฟังและพูด ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้ทบทวน concept ของนักเรียนที่เกิดขึ้นตอนกิจกรรมโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 มีความเห็นว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมและช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนได้มีโอกาสนในการสรุปการโต้แย้ง ช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

นอกจากนี้ หากดูจากใบงานที่ 3 ในคำถามข้อ 3 ถามว่า การใช้ยีนบำบัดโรคนี้เหมาะสมแล้วหรือยัง พร้อมแสดงเหตุผลประกอบ ซึ่งจากคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนมีการวิเคราะห์ข้อมูลจากการโต้แย้ง เพื่อนำมาใช้ตอบคำถาม ดังตัวอย่าง

3. การใช้ยีนบำบัดโรคนี้เหมาะสมแล้วหรือยัง พร้อมแสดงเหตุผลประกอบ

ยังไม่เหมาะสม เพราะการใช้ยีนบำบัด จัดทำโดยใช้ไวรัสใส่เข้าไปในจีโนม ซึ่งในกระบวนการที่ได้อธิบาย ยีนใส่ไปแค่ชั่วคราว ไม่ได้ใส่ไปถาวรเหมือนยีนปกติ และเมื่อใส่ยีนเข้าไปในยีน จะทำให้การผลิต RNA หรือ Protein ตามปกติได้ แต่หลังจากใส่ยีนเข้าไป กระบวนการ transcription และ translation ยังปกติเหมือนเดิมอยู่แล้ว เนื่องจากมีกลไกที่คอยตรวจสอบ และถ้าไม่มีผลทางลบของยีนที่ใส่ไปตลอดทั้ง 100% ทางผลการศึกษาจึงถือว่า ใช้ยีนบำบัดได้ผลดีหากยีนที่ใส่ไปนั้นไม่ก่อผลลบ แต่กลายเป็นยีนที่ช่วยชีวิตแทน

ภาพ 87 แสดงตัวอย่างคำตอบในใบงานที่ 3 ที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการโต้แย้ง

จุดปรับปรุง

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1 มีความคิดเห็นว่า อาจมีการปรับรูปแบบการสรุป เพื่อให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...อาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสรุปการโต้แย้งแบบอื่นๆ เช่น การทำ concept map เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง

(ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

ความสำเร็จในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน คือ

เวลา 4 ชั่วโมงนั้นผู้วิจัยเห็นว่าเพียงพอกับการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ 1 เรื่อง ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...กิจกรรมทันตามที่วางแผนไว้โดยใช้เวลา 4 ชั่วโมง

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1 และ 2 มีความเห็นว่า ครูมีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายถึงมโนทัศน์ได้มากขึ้นในขณะโต้แย้ง รวมถึงตัวผู้วิจัยยังรู้สึกผ่อนคลายมากขึ้น ส่งผลให้การจัดกิจกรรมยืดหยุ่นและเป็นธรรมชาติมากขึ้น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูผ่อนคลายและสอนได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น

(ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

...ในขณะสอนรู้สึกผ่อนคลายมากขึ้น การจัดกิจกรรมยืดหยุ่นมากขึ้น ไม่ตึงตังเท่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

และนอกจากนี้ผู้วิจัยเห็นว่า ควรมีการใช้คำถามสอดแทรกในชั้นการโต้แย้งเพิ่มมากขึ้น อีกด้วย

พฤติกรรมนักเรียนด้านมโนทัศน์ ซึ่งทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัยมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้ในขณะโต้แย้งตั้งข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนมีการใช้การโต้แย้งในกระเด็นทางวิทยาศาสตร์ "ยีนบำบัด" ไปสู่การสร้างมโนทัศน์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีนได้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการใช้เหตุผลและผล ตั้งข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ฝึกให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และฝึกการใช้เหตุผลและผลเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 15 ธันวาคม 2558)

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นั้นผู้วิจัยเห็นว่าเหมาะสมกับเรื่องที่เรียนซึ่งเห็นได้จากพฤติกรรมของนักเรียนด้านมโนทัศน์และด้านการโต้แย้งที่นักเรียนได้แสดงออกมา

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ

จากข้อสรุปในแบบสะท้อนผล และภายหลังการพูดคุยกับครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียนและอาจารย์ที่ปรึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง ดีเอ็นเอกับการสังเคราะห์โปรตีน นั้นมีสิ่งที่จะต้องนำไปปรับในวงรอบที่ 3 ดังต่อไปนี้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะต้องนำไปปรับในวงรอบที่ 3 คือ

สื่อการเรียนรู้ ซึ่งทั้งวงรอบที่ 1 และวงรอบ 2 นั้นใช้คลิปวิดีโอเป็นสื่อในการนำเข้าสู่ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนและทำให้นักเรียนเข้าใจประเด็นได้เป็นอย่างดี แต่ในวงรอบที่ 3 ควรมีการใช้สื่อการเรียนรู้ชนิดอื่นในการนำเข้าสู่บทเรียน และสื่อเหล่านั้นต้องเหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ ได้แก่ บทความจากอินเทอร์เน็ต

การสอนของครู นั้นมีการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดียิ่งแล้ว รวมถึงการบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดาน แต่อาจให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น โดยออกไปเขียนสรุปสาระสำคัญบนกระดานแทนที่ให้นักเรียนนั่งตอบคำตอบอยู่กับที่ จะสามารถกระตุ้นนักเรียนให้ตื่นตัวได้มากกว่า

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่น่าไปปรับในวงรอบที่ 3 คือ

แหล่งเรียนรู้ การจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสืบค้น รวมถึงนักเรียนได้สืบค้นข้อมูลได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้และประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการเตรียมลิงค์และอนุญาตนักเรียนสืบค้นข้อมูลได้ด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่หลากหลาย แต่ควรที่จะแนบรายละเอียดของลิงค์นั้นไว้หลังใบงานที่ 2 เพื่อความสะดวกในการค้นคว้า ส่วนในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3 นั้นถือว่าการสืบค้นข้อมูล สามารถปล่อยให้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลอย่างอิสระได้ แต่ควรเน้นย้ำถึงหลักในการสืบค้นและเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้

ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่น่าไปปรับในวงรอบที่ 3 คือ

1. เวลา การควบคุมเวลาในการพูดโต้แย้งของฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้งด้วยสัญญาณกริ่งทำได้ดี แต่ระยะเวลาที่กำหนดให้นักเรียนพูดคนละ 1 นาที นั้นไม่เพียงพอ จึงควรเพิ่มระยะเวลาการพูดของแต่ละคนเป็น 3 นาที อาจจะทำให้นักเรียนแสดงถึงมโนทัศน์ได้ตามต้องการ

2. การสอนของครู มีการใช้คำถามและเน้นย้ำในบางประเด็นที่นักเรียนละเลย รวมถึงการบันทึกสาระสำคัญของการโต้แย้งบนกระดานทำให้นักเรียนเห็นภาพรวมของการโต้แย้งทั้งหมด แต่ควรมีการใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนมองเห็นในบางส่วนของเนื้อหาที่ขาดหายไป

3. ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นั้นส่งผลต่อบรรยากาศในชั้นเรียนและการสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นควรที่จะเลือกประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับเรื่องที่เรียน และวัยของนักเรียน

ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่น่าไปปรับในวงรอบที่ 3 คือ

การสอนของครู การสรุปสาระสำคัญจากข้อมูลที่บันทึกบนกระดานนอกจากนักเรียนจะได้เห็นภาพรวมของการโต้แย้งแล้ว ทำให้สามารถสรุปได้ตรงจุดประสงค์การเรียนรู้ แต่อาจมีการปรับรูปแบบการสรุป เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการดำเนินการวงรอบที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 วางแผน

ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ตามการสะท้อนผลการปฏิบัติของวงรอบที่ 2 โดยภาพรวมของเรื่องเวลาในการจัดกิจกรรมนั้นเหมาะสมแล้ว คือ 4 ชั่วโมง และนำประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้ไปคุยกับครูที่สอนชีววิทยาที่โรงเรียน เพื่อหาประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่ตรงกับเรื่องที่สอนและวัยของนักเรียน ได้ข้อสรุปว่าจะใช้ประเด็น คิดอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ หลังจากนั้น จึงจัดเตรียมบทความจากอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในการนำเข้าสู่บทเรียน โดยบทความนั้นจะต้องแสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและด้านลบ และยังได้ทำการยืมอุปกรณ์ในการจับเวลาและกริ่งจากห้องปฏิบัติการชีววิทยาเพื่อใช้ในชั้นได้แย่งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ส่วนแหล่งเรียนรู้นั้นผู้วิจัยอนุญาตให้นักเรียนได้เข้าไปสืบค้นข้อมูลเองได้อย่างอิสระ และได้้นำคำถามในใบงานที่ 1 มาเป็นแนวในการสรุปเพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ

จัดการเรียนรู้ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ในวันที่ 17 ธันวาคม 2558 คาบที่ 6 เวลา 13.50-14.40 น. โดยคาบนี้ตั้งกล้องไว้หลังห้องเพื่อบันทึกวีดิโอการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน มีครูที่สอนวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่โรงเรียนจำนวน 2 ท่าน เข้าร่วมสะท้อนผล ห้องที่ใช้จัดกิจกรรมคือ 125 มีนักเรียนทั้งหมด 24 คน ผู้วิจัยได้ใช้บทความจากอินเทอร์เน็ตมาเป็นสื่อการเรียนรู้แทนคลิปวีดิโอ โดยบทความนี้จะมีทั้งด้านบวกและด้านลบซึ่งเห็นความเห็นของนักวิจัยไทย โดยให้นักเรียนจับคู่กันอ่านบทความ แล้วร่วมกันสรุปสาระสำคัญของบทความ หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็น และปรึกษากันว่าแต่ละคนคิดเห็นอย่างไรกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ โดยใช้ความรู้ที่นักเรียนมีมาก่อน เพื่อตัดสินใจและสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม พบว่ามีนักเรียนจำนวน 3 กลุ่ม มีความคิดเห็นสนับสนุนร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ส่วนอีก 3 กลุ่มนั้น มีความคิดเห็นต่อต้านร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นฝ่ายเสนอและฝ่ายได้แย้งได้เลยโดยไม่ต้องจับฉลาก ได้แจกใบงานที่ 1 ให้นักเรียนไปช่วยกันสืบค้นข้อมูล เรื่องเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม จากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้ และก่อนที่จะหมดคาบเรียนครูได้เก็บใบงานที่ 1 คืน และให้นักเรียนมาทำต่อในคาบต่อไป นอกจากนี้ยังได้มอบหมายให้แต่ละกลุ่มไปสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับร่าง พ.ร.บ. จีเอ็มโอ มาก่อนนอกเวลาเรียน โดยนำข้อมูลนั้นพร้อมแหล่งอ้างอิงมาด้วย

ในวันที่ 22 ธันวาคม 2558 คาบที่ 1-2 เวลา 8.30-10.10 น. มีการตั้งกล้องเพื่อบันทึกวีดีโอไว้หลังห้องเซนต์เดิม ซึ่งมีครูที่สอนชีววิทยาเข้าร่วมการสะท้อนผล 2 ท่าน ผู้วิจัยเริ่มกิจกรรมด้วยการแจกใบงานที่ 1 ให้นักเรียนทำต่อ พร้อมทั้งแจกใบงานที่ 2 ให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนขณะโต้แย้ง โดยแผนการจัดการเรียนรู้นี้ได้ปล่อยให้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้อย่างอิสระ เนื่องจากเรื่องพ.ร.บ. จีเอ็มโอ มีข้อมูลค่อนข้างเยอะ และสามารถใช้อ้างอิงข้อมูลที่สืบค้นมาก่อนนอกเวลาเรียนได้ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรมผู้วิจัยได้ย้าถึงวิธีการสืบค้นข้อมูลและลักษณะของข้อมูลที่นำเชื่อถือได้ หลังจากนั้นนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้สัญญาณกริ่งเป็นตัวกำหนดเวลาในการพูด คนละ 3 นาที และผู้วิจัยได้ทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินรายการ รวมถึงสรุปสาระสำคัญของการโต้แย้งแต่ละรอบบนกระดาน โดยการโต้แย้งมีทั้งหมด 6 รอบ ใช้เวลาประมาณ 40 นาที โดยนักเรียนสามารถนำหลักฐานหรือข้อมูลมาแสดงให้เพื่อนเห็นผ่านโปรเจคเตอร์ได้ และนักเรียนแต่ละกลุ่มยังต้องบันทึกสาระสำคัญของโต้แย้งลงในใบงานที่ 3 ด้วย หลังจากนั้นใช้เวลาประมาณ 10 นาที ในการสรุปประเด็นจากการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ และเก็บใบงานคืน โดยกิจกรรมทั้งหมดนั้นมีความยืดหยุ่น แต่โดยรวมสามารถควบคุมให้อยู่ภายในเวลาที่กำหนดได้ ในวันที่ 24 ธันวาคม 2558 คาบที่ 7 เวลา 14.50-15.40 น. มีการตั้งกล้องเพื่อบันทึกวีดีโอไว้หลังห้องเซนต์เดิม และมีครูที่สอนชีววิทยาเข้าร่วมการสะท้อนผล 1 ท่าน ส่วนอีก 1 ท่านต้องสะท้อนผลผ่านทางคลิปวีดีโอ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากการทบทวนการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงความรู้ที่นักเรียนได้อธิบายในขณะโต้แย้ง ซึ่งนักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้องในการสรุปประเด็นสำคัญนี้ด้วย หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีเวลาปรึกษากันเพื่อเพิ่มเติมใบงานที่ 3 ให้สมบูรณ์ โดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที ส่วนเวลาอีกประมาณ 20 นาที ได้ให้นักเรียนแต่ละคนทำบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม และส่งคืนเมื่อหมดคาบเรียน

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียน 2 ท่าน และผู้วิจัย เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม โดยแยกเป็นขั้นการจัดการเรียนรู้ พบว่า

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านและผู้วิจัยมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า ประเด็นที่เลือกใช้สอดคล้องกับเรื่องที่เรียน และน่าสนใจ รวมถึงยังสามารถแบ่งความคิดเห็นของนักเรียนได้เป็น 2 ฝ่ายชัดเจน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ประเด็นที่เลือกใช้สอดคล้องกับเนื้อหา และน่าสนใจซึ่งกำลังเป็นข่าวดัง
ในปัจจุบัน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์น่าสนใจมาก อีกทั้งยังสามารถ
แบ่งความคิดเห็นของนักเรียนได้ชัดเจน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

...ประเด็นทางสังคมที่เลือกใช้ สามารถดึงดูดความสนใจนักเรียนได้มากกว่า
แผน 1 และ 2

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

สื่อการเรียนรู้ โดยครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านและผู้วิจัย มีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน
ว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้บทความจากอินเทอร์เน็ตมาเป็นสื่อการเรียนรู้ ซึ่งต่างจาก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 และยังแสดงให้เห็นทั้งด้านบวกและด้านลบ ซึ่งสามารถดึงดูด
ความสนใจของนักเรียนได้ดี และทำให้เห็นถึงความขัดแย้งทางความคิดในสังคมของประเด็นได้
อย่างชัดเจน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...มีการใช้สื่อการเรียนรู้นำเข้าสู่บทเรียนแตกต่างจากแผนการจัดการเรียนรู้ก่อน
ทำให้เกิดความหลากหลายในการจัดการเรียนรู้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

...มีการใช้ข่าวจากอินเทอร์เน็ตแทนคลิปวิดีโอ ซึ่งทำให้เกิดความหลากหลาย และ
ดึงดูดความสนใจของนักเรียนได้ดี และข่าวที่เลือกใช้ได้ เพราะแสดงทั้งด้านบวกและด้านลบ
และทำให้นักเรียนเข้าใจประเด็น GMO มากขึ้น"

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 นั้นให้ความคิดเห็นว่าสอนได้ลึกซึ้งไหล่มากขึ้น
กว่า 2 แผนที่ผ่านมา

บรรยากาศของห้องเรียน โดยครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2 และผู้วิจัยเห็นว่า บรรยากาศของห้องเรียนสนุกสนาน และเป็นธรรมชาติกว่าการจัดกิจกรรมในครั้งที่ผ่านมา ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...บรรยากาศห้องเรียนสนุกสนาน เนื่องจากเป็นประเด็นที่นักเรียนให้ความสนใจ
(ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

...บรรยากาศของห้องเรียนสนุก เพราะข่าว พ.ร.บ. จีเอ็มโอ กำลังเป็นที่สนใจ และมีข้อมูลให้ศึกษามาก
(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 17 ธันวาคม 2558)

ชั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
จุดเด่น

เวลา ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2 มีความคิดเห็นว่า ครูสามารถควบคุมเวลาในการทำกิจกรรม
ได้ดี

แหล่งเรียนรู้ เนื่องจากในแผนนี้ผู้วิจัยไม่ได้กำหนดแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียน นักเรียนจึงสามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างอิสระ ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2 มีความคิดเห็นว่า ทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และที่สำคัญประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้อ้างอิงต่อการสืบค้นข้อมูล ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้อิสระมากขึ้น ทำให้ได้ข้อมูลหลากหลายมากขึ้น
(ครูที่สอนชีววิทยาคคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...การให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเองอย่างอิสระ ทำให้นักเรียนมีโอกาสเลือกและตัดสินใจมากขึ้น ได้ค้นพบข้อมูลที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งประเด็น GMOs ยังเกี่ยวข้องกับการสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพราะมีข้อมูลค่อนข้างมากและกว้างขวาง
(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

และจากข้อมูลที่นักเรียนบันทึกในใบงานที่ 2 ทำให้เห็นว่าข้อมูลของนักเรียนนั้นมีความหลากหลาย ตัวอย่างข้อความการสืบค้นข้อมูลทั้งของฝ่ายเสนอและฝ่ายโต้แย้ง เช่น

หลักฐานที่ 2

ที่มา.....ศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีสารสนเทศ และ คณะเภสัชศาสตร์ทางสัตวแพทย์

ข้อมูล: ลำดับเบส DNA ภายใน CAPN 35 S promoter. เป็นลำดับและยาวพอที่จะ
อาศัยลำดับเบส 35 S promoter และ Nas terminator ทำให้อาาอยู่/ในเซลล์

100 GMs មានកម្រិតបំបែកពី 100 ក្រាមដល់ 1000 ក្រាម ហើយនៅក្នុង Cell មានប្រភេទ
កម្រិតបំបែកពី 100 GMs ត្រូវបានបំបែកជា 2 ប្រភេទ 1. ប្រភេទដែលមានកម្រិតបំបែក
ពី 100 ក្រាមដល់ 1000 ក្រាម ហើយនៅក្នុង Cell មានប្រភេទ

ร่างกายที่ต่ำลงหลังคลอดและอีกครึ่งรวมของ isoflavone สามารถที่จะลดความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนได้ โดยที่ระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น phytoestrogen (ไอโซฟลาโวนอยด์) ที่ทำให้ระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น 400 ไอโซฟลาโวนอยด์ ลดความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนได้ โดยที่ระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น 400 ไอโซฟลาโวนอยด์ ลดความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนได้ โดยที่ระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น 400 ไอโซฟลาโวนอยด์ ลดความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนได้

ภาพ 88 แสดงข้อมูลจากฝ่ายใต้แย่งที่บันทึกในใบงานที่ 2 ซึ่งได้จากการสืบค้นข้อมูล
อย่างอิสระ

หลักฐานที่ 4

ที่มา: นิตยสารฉลาดซื้อ ปีที่ 26 ฉบับที่ 11 มกราคม 2545

ดร. ปุรณดา ณ ป้อมเพชร์ สามีชีวิตและครอบครัวแห่งแผ่นดินธรรม

ข้อมูล

อาหารที่ได้จากพืช GMOs ปลอดภัยผ่านกระบวนการประเมินความปลอดภัยโดยใช้หลัก
เทียบเท่า หรือ Substantial equivalence ตามมาตรฐานสากล Codex และได้ขออนุมัติ
จากหน่วยงานภาครัฐกำกับดูแลเกษตร จนได้รับอนุญาตให้ไปจำหน่าย เกือบกว่า ๑๐๐ ชนิด
ของพืชไร่ ไร่สวน ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก ผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์
จากพืชไร่ ไร่สวน ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก ผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์
จากพืชไร่ ไร่สวน ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก ผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์
จากพืชไร่ ไร่สวน ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์สัตว์ปีก ผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ ผลิตภัณฑ์

ภาพ 89 แสดงข้อมูลจากฝ่ายเสนอที่บันทึกในใบงานที่ 2 ซึ่งได้จากการสืบค้นข้อมูล
อย่างอิสระ

การสอนของครู ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่าน มีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ครูมี
การใช้คำถามสอดแทรกระหว่างกิจกรรมการสืบค้นข้อมูลเป็นระยะอย่างเหมาะสม ส่งผลให้การจัด
กิจกรรมการเรียนรู้มีขึ้นได้ดี และนักเรียนตื่นตัวในการทำกิจกรรมมากขึ้น ดังข้อความในบันทึก
การสะท้อนผล

...การใช้คำถามมีความเหมาะสม ส่งผลให้การจัดกิจกรรมมีขึ้นได้ดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...มีการใช้คำถามถามนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมเป็นระยะ ทำให้นักเรียนตื่นตัว
มากขึ้น

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

บรรยากาศในห้องเรียน ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย เห็นว่า ในห้องเรียนสนุก
และเหมาะแก่การเรียนรู้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...บรรยากาศในห้องเรียนเหมาะแก่การเรียนรู้

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย มีความเห็น
ไปในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมดี มีการปรึกษา และแบ่งงานกัน
ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนมีการปรึกษากันระหว่างทำงาน และแบ่งงานกันทำ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนให้ความร่วมมือในการสรุปสาระสำคัญของข่าวดีมาก

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

ชั้นได้แย่งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

เวลา ทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัย ความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า สามารถควบคุมเวลาการโต้แย้งได้ทันตามแผนที่กำหนด และเวลาที่ให้นักเรียนแต่ละคนพูด 3 นาทีนั้นเหมาะสม ไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป สามารถยืดหยุ่นได้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ควบคุมเวลาการโต้แย้งได้ดี แต่ละคนพูดไม่มากหรือน้อยเกินไป

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

บรรยากาศ ในการโต้แย้งสนุกสนาน ผ่อนคลาย และกิจกรรมดำเนินไปด้วยความราบรื่น ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของผู้สะท้อนผลทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

...บรรยากาศการโต้แย้งสนุกสนาน นักเรียนดูผ่อนคลาย ไม่เครียด

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...บรรยากาศสนุกสนาน นักเรียนรู้บทบาทของตัวเองทำให้กิจกรรมออกมาลื่นไหล

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...บรรยากาศการโต้แย้งสนุกสนาน นักเรียนตื่นตัว

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

และจากการสะท้อนคิดของนักเรียน ทำให้เห็นว่านักเรียนสนุกกับกิจกรรมโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ พ.ร.บ.จีเอ็มโอ ตัวอย่างข้อความการสะท้อนคิดของนักเรียน เช่น

...การจัดกิจกรรมการโต้แย้ง ทำให้เกิดความน่าสนใจและสนุกมากกว่าการเรียนแบบปกติ นั่งฟังก็ได้ความรู้ ไม่ต้องนั่งพยายามเคร่งเครียดอ่านหนังสือ

(นักเรียน S4, ผู้สะท้อนคิด, 17 ธันวาคม 2558)

...เป็นการโต้แย้งที่สนุกมากกว่าเรื่องการจำลองดีเอ็นเอและการสังเคราะห์โปรตีน เนื่องจากเป็นประเด็นที่กำลังเป็นข่าว และเพื่อนๆ รู้กติกาการโต้แย้งกันหมดแล้ว ทำให้เพิ่มระดับความสนุกสนานในการโต้แย้งที่มากขึ้นกว่าเดิม

(นักเรียน S18, ผู้สะท้อนคิด, 17 ธันวาคม 2558)

การสอนของครู ซึ่งครูที่สอนชีววิทยาทั้ง 2 ท่านและผู้วิจัย มีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันถึงการใช้คำถามสอดแทรกในกิจกรรมโต้แย้งของครูนั้นมีความเหมาะสม ส่งผลให้กิจกรรมดำเนินไปอย่างลื่นไหล นอกจากเป็นการกระตุ้นนักเรียนแล้ว ยังทำให้นักเรียนได้คิดในบางส่วนของเนื้อหาที่ขาดหายไป ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ครูมีการใช้คำถามสอดแทรกเพื่อให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของเนื้อหาที่นำมาโต้แย้ง เพื่อให้เข้าใจความหมายของคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์บางคำได้ชัดเจนขึ้น จะช่วยทำให้นักเรียนเชื่อมโยงประเด็นการโต้แย้งได้ดีขึ้น และเข้าใจเนื้อหามากขึ้น เช่น ตอนที่นักเรียนกล่าวถึงสารที่จะตรวจพบในพืช GMO แล้วครูถามเพิ่มเติมว่าสารนั้นคืออะไร ทำไมถ้าเป็น GMO ต้องเจอทุกครั้ง

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...ครูมีการใช้คำถาม เมื่อนักเรียนอธิบายไม่ชัด เป็นการกระตุ้นนักเรียนให้อธิบายรายละเอียดตามความเข้าใจ

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

จากคลิปวิดีโอ แสดงให้เห็นถึงการใช้คำถามของผู้วิจัยในระหว่างจัดกิจกรรม ตัวอย่างคำถาม

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง “พืช GMOs นั้น มีส่วนของ 35s promoter ซึ่งเป็นกังวลในการเข้าสู่ร่างกาย”

ผู้วิจัย “35s promoter คืออะไรคะ ทำไมถึงมีในพืช GMOs”

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง “เป็นส่วนของ Promoter ค่ะ (นักเรียนแสดงภาพโครงสร้างของยีนบนโปรเจคเตอร์) ซึ่งยีนจะทำงานได้ ต้องมี 3 ส่วนหลักๆ”

หรือจากบทสนทนาในระหว่างที่ฝ่ายเสนอกล่าวว่า พี่ชGM จะส่งผลต่อร่างกายได้ยาก เพราะยีนเข้าจีโนมได้ยาก ผู้วิจัยได้ถามคำถามกลับว่า ทำไมยีนจึงเข้าจีโนมจึงได้ยาก นักเรียนจึงได้อธิบายมโนทัศน์ในเรื่องยีนและจีโนมออกมาให้เพื่อนได้ฟัง และเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

จากบทสนทนาข้างต้น ถ้าผู้วิจัยไม่ถามคำถามต่อ จะทำให้ไม่ทราบมโนทัศน์ของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างของยีน ยีน และจีโนม

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้งครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยเห็นว่า ประเด็นที่เลือกใช้นั้นเหมาะสมกับเนื้อหา สร้างความสนใจแก่นักเรียนได้มาก เนื่องจากเป็นประเด็นที่กำลังถกเถียงกันจริงในสังคมไทย ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...ประเด็นที่เลือกใช้นั้นเหมาะสมกับเนื้อหา และเป็นประเด็นที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันจริงในสังคมไทย

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เหมาะสม นักเรียนสนใจมากกว่าแผนที่ผ่านมา

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

และจากข้อความในแบบสะท้อนคิดของนักเรียน ทำให้เห็นว่าประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เลือกใช้นั้นมีความเหมาะสมและสร้างความสนใจของนักเรียนได้จริง ตัวอย่างข้อความของนักเรียน เช่น

...ชอบการโต้แย้งเรื่องนี้มากที่สุด เพราะถือเป็นการหาข้อสนับสนุนเพื่อเพิ่มข้อมูลการโต้แย้ง รู้สึกเปิดกว้างทางความคิด

(นักเรียน S16, ผู้สะท้อนคิด, 22 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมโนทัศน์ นักเรียนแสดงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และสามารถปรับเปลี่ยนได้จากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของผู้เข้าร่วมสะท้อนผลทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

...นักเรียนมีการปรับมโนทัศน์ให้ถูกต้องระหว่างการโต้แย้งกันเอง

(ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...มีนักเรียนแสดง concept ผิด แล้วอีกฝ่ายอธิบายแก้ไขให้ concept นั้นถูกต้อง
ในประเด็นพันธุวิศวกรรมซึ่งถือว่าดีมาก

(ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนแสดงมโนทัศน์ได้ตรงประเด็นมากขึ้น อธิบายชัดเจน ซึ่งในขณะโต้แย้ง
กันนั้นนักเรียนแสดงมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในขณะโต้แย้ง ทำให้อีกฝ่ายแย้งขึ้นมา
พร้อมทั้งอธิบายมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านการโต้แย้ง ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1 และผู้วิจัย มีความเห็นไป
ในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และแสดงพฤติกรรมการโต้แย้งออกมาได้ดี
ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและรู้บทบาทของตนเอง อาจเป็นเพราะ
นักเรียนคุ้นเคยกับกิจกรรมโต้แย้งแล้ว นักเรียนจึงแสดงพฤติกรรมได้ดี

(ครูที่สอนชีววิทยาคณะที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนโต้แย้งกันด้วยเหตุผลและความรู้ มีการแสดงหลักฐานสนับสนุน
ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมการโต้แย้งออกมาได้อย่างดี

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 22 ธันวาคม 2558)

จากการโต้แย้งของนักเรียน จะเห็นว่านักเรียนมีการเสนอข้อกล่าวอ้าง แสดงเหตุผล และ
หลักฐานเพื่อสนับสนุนความคิดเห็น ดังตัวอย่างบทสนทนา

นักเรียนฝ่ายโต้แย้ง "ดิฉันไม่เห็นด้วยถ้าประเทศไทยจะมี พ.ร.บ.จีเอ็มโอ (ข้อกล่าวอ้าง
ที่ต่างออกไป) เพราะสิ่งแปลกปลอมจากพืชจีเอ็มโออาจเกิดอันตรายกับสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ
(เหตุผล) จากงานวิจัยของประเทศอังกฤษ (นักเรียนโซวงานวิจัยที่สรุปมาบนโปสเตอร์)

(แหล่งข้อมูล) มีการปลูกมันฝรั่งที่ตัดต่อพันธุกรรมหรือจีเอ็มโออะไรคะ แล้วทดลองกับหนู พบว่าระบบคุ้มกันของหนูถูกทำลาย และส่งผลในระยะยาว (หลักฐาน) ดังนั้นพืชจีเอ็มโอจึงไม่ควรบริโภค หากจะมีการอนุญาตให้ปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทยที่ประชากรยังขาดความรู้ในเรื่องจีเอ็มโอ

ชั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

จุดเด่น

เวลา ผู้วิจัยเห็นว่าในชั้นการจัดการเรียนรู้สามารถควบคุมเวลาได้ดี

การสอนของครูนั้นสามารถสรุปความรู้ได้ตรงตามสาระสำคัญของการโต้แย้ง รวมถึงได้ทราบมโนทัศน์ของนักเรียนจากการโต้แย้งด้วย ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย ดังนี้

...ครูสรุปการโต้แย้งได้สลับไหลจากข้อมูลที่บันทึกบนกระดาน

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

...สรุปจากที่บันทึกบนกระดานทำให้ไม่หลุดกรอบจากการโต้แย้ง และทำให้ทราบว่า concept นักเรียนถูกหรือผิด

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมนักเรียนด้านมโนทัศน์ นักเรียนได้ทบทวนความรู้ที่เกิดในขณะโต้แย้งอีกครั้งร่วมกัน ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1 และผู้วิจัย ดังนี้

...นักเรียนได้ทบทวน concept ที่เพื่อนพูดโต้แย้ง

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนมีโอกาสทบทวนความรู้ที่เพื่อนพูดมาและบันทึก หรือสร้างเป็นมโนทัศน์ในหัว ก่อนที่จะสรุปออกมาในบันทึกการเรียนรู้

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม โดยครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2 และผู้วิจัยมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในการสรุปการโต้แย้งและร่วมแสดงความคิดเห็นกันเป็นอย่างดี ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผล

...นักเรียนมีส่วนร่วมในการสรุปการโต้แย้งมากขึ้นกว่าแผนที่ 1 และ 2

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

ความสำเร็จในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม คือ

เวลา ผู้วิจัยเห็นว่าเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติตามกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยเลือกใช้สอดคล้องกับเนื้อหา และน่าสนใจ เนื่องจากเป็นประเด็นที่กำลังเป็นที่ถกเถียงกันในสังคมไทยปัจจุบัน และนักเรียนก็ให้ความสนใจ

พฤติกรรมนักเรียนด้านมโนทัศน์ นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์จากการโต้แย้งเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมได้ ดังข้อความในบันทึกการสะท้อนผลของครูที่สอนชีววิทยา 2 ท่านและผู้วิจัย ดังนี้

...การโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมได้ และนักเรียนสามารถเข้าใจขั้นตอนและรายละเอียดบางส่วน of พันธุวิศวกรรมเพิ่มมากขึ้นด้วย"

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 1, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนได้เปลี่ยนแปลง concept ระหว่างกิจกรรมการโต้แย้ง

(ครูที่สอนชีววิทยาคนที่ 2, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

...นักเรียนได้แสดงความรู้ของตนเองผ่านการพูด และพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลง
ความรู้ของตนเองผ่านการฟังเพื่อนโต้แย้ง และนักเรียนอธิบายความรู้ออกมาได้เป็น
รูปธรรมมากขึ้น ด้วยหลักฐานและข้อมูลที่สืบค้นมา

(ผู้วิจัย, ผู้สะท้อนผล, 24 ธันวาคม 2558)

จากการวิเคราะห์คลิปวิดีโอทำให้เห็นบทสนทนาระหว่างการโต้แย้งที่แสดงให้เห็นถึง
การขัดแย้งทางความคิดของนักเรียน ได้แก่

นักเรียน 1 เมื่อเชื่อมยีนที่ต้องการเข้ากับเวกเตอร์แล้วนำไปใส่ในพืชได้เลย ก็จะได้พืช
GM ตามต้องการ

นักเรียน 2 จริงๆ แล้วขั้นตอนทางพันธุวิศวกรรมไม่ใช่แบบนั้นค่ะ (โซว์ภาพวาดบน
โปรเจคเตอร์) เมื่อเชื่อมยีนเข้าเวกเตอร์แล้วจะได้ Recombinant DNA แล้วนำเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน
ซึ่งจะใช้แบคทีเรีย เพื่อเพิ่มจำนวน แล้วหลังจากนั้นจะทำการคัดเลือกหาแบคทีเรียที่มีดีเอ็นเอ
ที่ต้องการ เพื่อนำยีนนั้นมาใช้ โดยอาจใส่ในพืชด้วยแบคทีเรีย Agrobacterium หรือการยิง

พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ผู้วิจัยเห็นว่า นักเรียนทุกคนในห้องมีส่วนร่วม
ในการทำกิจกรรม ส่งผลให้บรรยากาศในห้องเรียนสนุกสนาน

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ

จากข้อสรุปในแบบสะท้อนผล และภายหลังจากพูดคุยกับครูที่สอนวิชาชีววิทยาที่โรงเรียน
และอาจารย์ที่ปรึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทาง
สังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม ได้ปรับในจุดปรับปรุง
ในวงรอบที่ 1 และ 2 มาแล้ว ส่วนในวงรอบที่ 3 มีสิ่งที่จะต้องนำไปปรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้
การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์
เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังต่อไปนี้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่ต้อง
นำไปปรับปรุง คือ

สื่อการเรียนรู้ ควรมีการเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับ
วิทยาศาสตร์ และมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายนอกเหนือจากคลิปวิดีโอการสัมภาษณ์
ผู้เชี่ยวชาญและบทความจากอินเทอร์เน็ต โดยจะต้องเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเห็น
ทั้งด้านบวกและด้านลบอย่างชัดเจน

ขั้นสำรวจความรู้ตามประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะนำไปปรับปรุง คือ

สามารถใช้วิธีการสำรวจความรู้ทางวิทยาศาสตร์วิธีอื่น ที่นอกเหนือจากการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ โดยควรเลือกให้เหมาะสมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษา

ขั้นโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะนำไปปรับปรุง คือ

1. หากนักเรียนเข้าใจขั้นตอนการโต้แย้งแล้ว สามารถจัดให้นักเรียนโต้แย้งกลุ่มย่อยได้ จะทำให้นักเรียนทุกคนจะมีโอกาสพูดได้ทั่วถึงมากกว่าการโต้แย้งกลุ่มใหญ่

2. การสอนของครู ต้องคอยถามคำถามสอดแทรกเพื่อกระตุ้นนักเรียนขณะนักเรียนทำกิจกรรมอยู่เสมอ และใช้คำถามถามเพิ่มเติมในประเด็นที่ขาดหายไป

ขั้นสรุปการโต้แย้งในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สิ่งที่จะนำไปปรับปรุง คือ

การสอนของครู ควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสรุปอย่างเต็มที่ หรือใช้รูปแบบการสรุปที่หลากหลาย เช่น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำแผนผังความคิด เพื่อสรุปประเด็นที่แต่ละกลุ่มได้รับจากการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์