ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายสุรศักดิ์ เฟวท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SOCIOSCIENTIFIC ISSUES-BASED INSTRUCTION ON ARGUMENTATION ABILITY AND BIOLOGY CONCEPT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Surasak Faelt

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายสุรศักดิ์ เฟวท์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. สลา สามิภักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. สลา สามิภักดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

สุรศักดิ์ เฟวท์ : ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF SOCIOSCIENTIFIC ISSUES-BASED INSTRUCTION ON ARGUMENTATION ABILITY AND BIOLOGY CONCEPT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. สลา สามิภักดิ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์, 166 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีจุดประสงค์ คือ (1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป (3) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (4) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 32 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยา สูงกว่าก่อนทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา	หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5783452727 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: SOCIOSCIENTIFIC ISSUES- BASED INSTRUCTION / ARGUMENTATION ABILITY / BIOLOGY CONCEPTS

SURASAK FAELT: EFFECTS OF SOCIOSCIENTIFIC ISSUES- BASED INSTRUCTION ON ARGUMENTATION ABILITY AND BIOLOGY CONCEPT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SARA SAMIPHAK, Ph. D. , CO- ADVISOR: SITTIPORN PATTARADILOKRAT, Ph.D., 166 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) compare upper secondary school students' argumentation ability before and after learning through socioscientific issues- based instructions (2) compare the students' argumentation ability in experimental group after learning through socioscientific issues-based instructions and those in control group after learning through traditional instructions (3) compare the students' biology concepts before and after learning through socioscientific issues-based instructions, and (4) compare the students' biology concepts in experimental group after learning through socioscientific issues- based instructions and those in control group after learning through traditional teaching. The sample was tenth-grade students from two Mathematics Science program classes in a medium-sized school under the Office of the Basic Education Commission, Thailand. The study was done during the second semester of the 2016 academic year. The research instruments were the argumentation ability test and the concept biology test. The data collected were analyzed using the arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, and t-test.

The research findings were summarized as follows: (1) There was a significant difference between mean scores of students' argumentation ability in the experimental group before and after learning through socioscientific issues-based instructions, at the 0.05 level of significance. However, there was not a significant difference between mean scores of students' argumentation ability in the experimental group and that in the control group, at the 0.05 level of significance. (2) There was a significant difference between mean scores of students' biology concept in the experimental group and that in the control group, at the 0.05 level of significance.

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature .....
Field of Study:	Science Education	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2016	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจทานความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้การอบรมสั่งสอนสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยและแนวทางในการประกอบวิชาชีพครูต่อไปในภายหน้า ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความปรารถนาดีและความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาและให้คำแนะนำในการปรับแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคุณครูผู้สอนประจำรายวิชาชีววิทยาที่คอยให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลวิจัย และให้ความห่วงใยมาโดยตลอดระยะเวลาทำการวิจัยตลอดจนนักเรียนทุกกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณมิตรสหายสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้กำลังใจและความห่วงใย และการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ แก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาและดำเนินการวิจัยจนเสร็จลุล่วงด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย 1

คำถามวิจัย 5

วัตถุประสงค์ 5

สมมติฐานการวิจัย 6

ขอบเขตการวิจัย 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

นิยามคำศัพท์ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

1. การเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 13

1.1 ความสำคัญของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 13

1.2 ปรัชญา ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 14

1.2.1 ปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม (Progressive education) 15

1.2.2 ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Social constructivism) 16

1.2.2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ (Situated learning) 16

1.3 เป้าหมายของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

1.4 ความหมายของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 18
1.5 ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 19
1.6 ขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 22
1.7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 28
2. ความสามารถในการโต้แย้ง 31
2.1 ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้ง 31
2.2 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้ง 34
3. มโนทัศน์ชีววิทยา 37
3.1 ความหมายมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 37
3.2 มโนทัศน์ทางชีววิทยา 38
3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา 42
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 44
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้ง 44
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 46
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
1. รูปแบบการวิจัย 50
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 51
2.1 การเลือกโรงเรียน 51
2.2 การเลือกห้องเรียน 51
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 55
3.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 55
3.1.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง 55

หน้า

3.1.2 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง....59
3.1.3 แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา....60
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....65
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล....69
5. การวิเคราะห์ข้อมูล....69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....71
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้ง....71
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยา....78
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....83
สรุปผลการวิจัย....83
อภิปรายผล....84
1. ความสามารถในการโต้แย้ง....84
2. มโนทัศน์ชีววิทยา....87
ข้อจำกัด....88
ข้อเสนอแนะ....89
1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้....89
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป....90
รายการอ้างอิง....91
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย....108
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล....111
1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง....111
2. แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา....111
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

1. ตัวอย่างแผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 135
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป 135
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 155
1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง 155
2. แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา 155
ภาคผนวก ฉ คำตอบจากแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล 160
ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน 164
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 166

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงความแตกต่างระหว่างประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการสอนด้วยวิธีสอนทั่วไป ของ Wilmes and Howarth (2009).....20

ตารางที่ 2 องค์ประกอบ สิ่งจำเป็นและข้อเสนอแนะของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler (2011).....21

ตารางที่ 3 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler et al. (2011).....28

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ที่ใช้วัดความสามารถในการโต้แย้ง ของ Lin and Mintzes (2010).....35

ตารางที่ 5 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012).....38

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ($\bar{x}$) วิชาวิทยาศาสตร์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทั้ง 3 ห้อง.....52

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน วิชา วิทยาศาสตร์รายคู่ ทั้งหมด 3 คู่.....53

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (2) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (3) ข้อสนับสนุน และ (4) หลักฐาน.....54

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n=22) และ กลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน มโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ (4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน 54

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ของ Lin and Mintzes (2010).....56

ตารางที่ 11 สัดส่วนน้ำหนักจำนวนข้อของแต่ละมโนทัศน์ในแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์.....61

ตารางที่ 12 เกณฑ์การพิจารณาคะแนนเป็นรายข้อตามการจัดลำดับมโนทัศน์ ปรับปรุงมาจาก Çalık et al. (2009).....65

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและวิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป 67

ตารางที่ 14 แผนระยะยาวสำหรับการสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม.....68

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละก่อนและหลังเรียน (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 22).....72

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n= 22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ขององค์ประกอบความสามารถใน การโต้แย้ง ได้แก่ ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (1) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (2) ข้อสนับสนุน (3) และหลักฐาน (4) 74

ตารางที่ 17 แสดงแสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละก่อนและหลังเรียน (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ(4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 22).....79

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ(4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) 80

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ของมโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ (4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกณฑ์ในการจัดลำดับมโนทัศน์ ได้แก่ ความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (SU) ความเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (PU) ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนแต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (PUSAC) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (SAC) และความเข้าใจผิด (NU).....81

ตารางที่ 20 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน) 120

ตารางที่ 21 เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)..... 124

ตารางที่ 22 เฉลยตัวอย่างข้อสอบแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา 132

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง..... 156

ตารางที่ 24 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง..... 157

ตารางที่ 25 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา 157
ตารางที่ 26 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน 159
ตารางที่ 27 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน 159

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย 11

ภาพที่ 2 กรอบการจัดการเรียนรู้ตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 21

ภาพที่ 3 รูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin’s Argument Pattern (TAP).....33

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design.....50

ภาพที่ 5 ผังมโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) 64

ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม . 165

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเชิงลึก มีความสนใจในการรู้วิทยาศาสตร์ มีการรวมมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และประสบการณ์การเรียนเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวข้องของวิทยาศาสตร์กับชีวิต ผ่านการสอนและการมีส่วนร่วมของนักเรียน (King & Ritchie, 2013) การศึกษาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ทำให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ มีส่วนร่วมในการเผยแพร่และอภิปรายเนื้อหาวิทยาศาสตร์ต่อสาธารณะ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ส่งผลต่อชีวิต ยิ่งในยุคสังคมปัจจุบันต้องเผชิญกับปัญหา และวิกฤติการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Dawson & Venville, 2008) นักเรียนเหล่านี้เมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่ จึงต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน การรู้วิทยาศาสตร์ยังช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การฝึกฝนทางวิทยาศาสตร์ (Roberts & Gott, 2010) และทำให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาสุขภาพและการเป็นอยู่ (Dawson & Venville, 2009)

UNESCO ได้กำหนดกรอบเป้าหมายในการจัดการศึกษา คือ เพื่อให้ประชาชนมีความรู้พื้นฐานหรือการรู้วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการดำรงชีวิตอย่างมีความสุข ทำให้เกิดโครงการประเมินผู้เรียนระดับนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) โดยการประเมิน เน้นด้านการอ่าน การเขียน และการรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่จากผลประเมิน PISA ในปี ค.ศ. 2003, 2006, 2009 2012 และ 2015 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ กล่าวคือ นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 432, 429, 425, 444 และ 421 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่กำหนดคะแนนไว้ที่ระดับ 500 แสดงให้เห็นว่า การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งมีนักวิจัยบางท่าน (Lee, 2009 อ้างถึงใน Tsai, 2015) เสนอว่า การโต้แย้งสามารถพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากการโต้แย้งอยู่ภายใต้องค์ประกอบของสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ของ PISA การมีทักษะการโต้แย้งจึงช่วยให้สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA เพิ่มขึ้น (Lee, 2009 อ้างถึงใน Tsai, 2015; OECD, 2013; Tsai, 2015) และงานวิจัยของ Driver, Newton, and Osborne (2000) สะท้อนให้เห็นว่า ชั้นเรียนปกติล้มเหลวในการพัฒนาทักษะการโต้แย้งในนักเรียน อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของวัฒนธรรมที่ถูกฝังลึกในสังคม ปรัชญา และการศึกษา ทำให้นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และนักเรียน

ส่วนใหญ่ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไปไม่ได้สร้างและใช้ข้อโต้แย้งในห้องเรียน (Lin & Mintzes, 2010) การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยก็เช่นกัน (ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง, 2559; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2554) ทำให้ยังไม่สามารถพัฒนานักเรียนไทยไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ อีกทั้งการเรียนการสอนในปัจจุบัน นักเรียนเป็นผู้รับจากครูและจากสื่อหลายรูปแบบ นักเรียนไม่เกิดการโต้แย้ง การสอนวิทยาศาสตร์จึงไม่พัฒนาตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงได้ (Driver et al., 2000)

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับทฤษฎี เพื่อสนับสนุนหรือลบล้างข้อสรุปและการคาดการณ์ (Tsai, 2015) การโต้แย้งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน มีทั้งเกิดขึ้นอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Driver et al., 2000) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ใช้เหตุผลและกระบวนการโต้แย้งในหลายกรณี (National Research Council, 2011) ตัวอย่างเช่น ใช้สืบสอบข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (Kind, Kind, Hofstein, & Wilson, 2011) ตรวจสอบหรือหักล้างข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการใช้เหตุผล (Norris, Philips, & Osborne, 2007) วิพากษ์วิจารณ์คุณภาพงานวิทยาศาสตร์โดยการโต้แย้งในที่สาธารณะผ่านทางวารสาร การนำเสนอผลงาน และสื่อต่าง ๆ ในลักษณะที่สะท้อนให้เห็นคุณค่าของชุมชนวิทยาศาสตร์ (Driver et al., 2000; Sampson & Schleigh, 2016) ดังนั้น ถ้านักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้ง นักเรียนจะมีคุณลักษณะคือ (1) มีความมั่นใจในการตัดสินใจต่าง ๆ ในชีวิต และมีความรับผิดชอบในฐานะพลเมืองภายใต้ระบอบประชาธิปไตย (Driver et al., 2000) (2) มีความเข้าใจมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากมีโอกาสในการโต้แย้งตามสภาพจริงภายในห้องเรียน (Sampson & Blanchard, 2012) (3) สามารถถ่ายโอนความรู้ สามารถใช้เหตุผลในบริบทขัดแย้งอื่นในชีวิตประจำวันได้ (4) มีการรู้คิด (metacognition) และคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการคิด ซึ่งเป็นสิ่งที่มีคุณค่ายิ่งในห้องเรียน (Zohar & Nemet, 2002)

การเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ ทำให้นักเรียนสามารถขยายความรู้ในห้องเรียนไปสู่สถานการณ์ชีวิตจริง และรู้ถึงคุณค่าของความรู้นั้นในสังคม (UNESO, 2008) และจากการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์ พบว่าการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ตามโครงการ CATSI ของ Sadler et al. (2011) ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้น มีขั้นการสอนที่น่าจะส่งเสริมการโต้แย้งให้กับนักเรียน ได้แก่ ขั้นที่ 3 การเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ ขั้นที่ 4 ขั้นกิจกรรมกลุ่ม และขั้นที่ 6 การอภิปรายในชั้นเรียน และจากการศึกษาของ Venville and Dawson (2010) พบว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมทำให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งเพิ่มขึ้น และแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และยังพบว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมยัง

ส่งเสริมมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ลึกซึ้งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์อย่างถ่องแท้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

จากผลการทดสอบ PISA ปี 2013 นักเรียนในประเทศฟินแลนด์ มีคะแนนสูงสุดและนักเรียนไทยมีคะแนนอยู่ในกลุ่มต่ำสุด จึงมีงานวิจัยเปรียบเทียบหลักสูตรวิทยาศาสตร์ไทยและประเทศฟินแลนด์ พบว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของไทยเน้นการเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศฟินแลนด์เน้นที่มโนทัศน์วิทยาศาสตร์และบริบท มากกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sothayapetch, Jari, & Juuti, 2013) และสาเหตุที่นักเรียนไทยได้คะแนนน้อยอีกประการหนึ่ง คือ นักเรียนไทยไม่คุ้นชินกับข้อสอบ 2 แบบ คือ (1) การเขียนตอบหรือให้คำอธิบาย (2) การตีความการคิดวิเคราะห์ และสะท้อนความคิดของตน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน คะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 33.55 คะแนน ขณะที่คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 32 มีค่าเท่ากับ 32.73 คะแนน ซึ่งคะแนนโดยภาพรวมยังคงต่ำกว่ามาตรฐาน คือ 50 คะแนน และเมื่อพิจารณากลุ่มโรงเรียนขนาดกลาง และโรงเรียนผู้วิจัยเก็บข้อมูลในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 32 คะแนนเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน เท่ากับ 32.11 และ 31.88 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เนื่องจากข้อสอบ O-NET รายวิชาวิทยาศาสตร์ มีการวัดระดับพฤติกรรม ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559) ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าว โดยเฉพาะพฤติกรรมการนำไปใช้ มีความเกี่ยวข้องกับการใช้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (Hess, 2013) นอกจากนี้ผลการสอบ 9 วิชาสามัญ ประจำปีการศึกษา 2559 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาชีววิทยา เท่ากับ 27.32 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน

งานวิจัยนี้ สนใจที่จะแก้ปัญหามโนทัศน์ชีววิทยา เพราะมโนทัศน์ชีววิทยาช่วยให้นักเรียนเกิดกรอบแนวคิดในการทำความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชิงลึก ช่วยให้นักเรียนเข้าใจและเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้ด้วย (Pugh, Koskey, & Linnenbrink-Garcia, 2014; Zieglercorresponding, Montplaisir, & Batzli, 2014) และเนื่องจากมโนทัศน์ชีววิทยาเป็นส่วนหนึ่งของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความเป็นสากล (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537) เป็นพื้นฐานของมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ ช่วยสร้างเสริมทักษะพื้นฐานและทัศนคติในการเรียนรู้ (Klausmeier, 1985; Kongpa, Jantaburom, Byne, Obmasuy, & Yuenyong, 2014) มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ทำให้เรา

เข้าใจในหลักการ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (Marshall, 1990 อ้างถึงใน Nitko and Brookhart, 2007) การมีมโนทัศน์จึงทำให้เข้าใจสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้เร็วขึ้น ลดความซับซ้อนของข้อมูลแวดล้อม โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวกับหลักฐานต่าง ๆ ทำให้มนุษย์สามารถประดิษฐ์หรือสร้างสิ่งเดิมได้อีก มโนทัศน์หลากหลายเหล่านี้ มีการเชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่น ๆ อยู่ตลอดเวลา มีส่วนช่วยในกระบวนการจำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้เราสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยในกระบวนการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ และการคิดสังเคราะห์ อีกด้วย (J. Bruner, 1957; J. Bruner, Goodnow, & Austin, 1967; Crowl, Kaminsky, & Podell, 1997; Klausmeier, 1985; Romey, 1968; Santrock, 2006)

การสอนโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีลักษณะคือ (1) เกี่ยวข้องกับประเด็นขัดแย้งในสังคม (2) ในแต่ละประเด็นของความขัดแย้ง จะสนับสนุนนักเรียนให้ได้เผชิญกับคำถามหลักสองอย่าง คือ คำถามทางจริยธรรมส่วนบุคคล ที่ต้องคิดว่าจะปฏิบัติอย่างไร และคำถามที่ต้องตัดสินใจ (Kolsto, 2001) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมโนทัศน์และการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม พบว่า ขั้นที่น่าจะส่งเสริมมโนทัศน์ให้กับนักเรียน ได้แก่ ขั้นที่ 3 การเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ และขั้นที่ 4 ขั้นกิจกรรมกลุ่ม ขั้นที่ 5 ขั้นการพัฒนาคำถามตามบริบท ขั้นที่ 6 การอภิปรายในชั้นเรียน และขั้นที่ 8 การวัดความรู้และการให้เหตุผล ซึ่งมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ช่วยพัฒนามโนทัศน์วิทยาศาสตร์ได้ (Christenson & Chang Rundgren, 2015; Dawson & Venville, 2009; Dawson & Venville, 2008; Driver et al., 2000; Foong & Daniel, 2013; Sadler & Zeidler, 2005; Venville & Dawson, 2010; Zeidler et al., 2011) เนื่องจากการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนต้องบูรณาการมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการปฏิบัติในมิติของสังคม เพื่อใช้เจรจาต่อรอง ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้เชิงเนื้อหาได้เรื่อย ๆ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Sadler et al., 2007) นอกจากนี้ การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองและใช้เหตุผล จึงช่วยส่งเสริมการใช้มโนทัศน์และทักษะการโต้แย้งหรือความสามารถในการโต้แย้งมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับมโนทัศน์ (Venville & Dawson, 2010; von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2008; Zohar & Nemet, 2002)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับวิชาชีววิทยา งานวิจัยส่วนใหญ่ศึกษาเรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ และพันธุศาสตร์ (Foong & Daniel, 2013; Venville & Dawson, 2010) ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษา เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีงานวิจัยของ Lin & Mintzes, (2010) เป็นแนวทางในการพัฒนาการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

คำถามวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจะมีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจะมีความสามารถในการโต้แย้งสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจะมีมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

4. นักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจะมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ช่วยส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยา ดังผลวิจัยของ Pinzino (2012) ที่ศึกษาการเพิ่มขึ้นของการรู้วิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ โดยใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม พบว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ลึกซึ้งขึ้น แต่ต้องใช้การโต้แย้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการอยู่ในบริบทการสอนด้วย งานวิจัยของ Venville and Dawson (2010) ศึกษาผลของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมต่อทักษะการโต้แย้ง การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนเกรด 10 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมกับกลุ่มเปรียบเทียบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในด้านของความซับซ้อนและคุณภาพของการโต้แย้ง และการอธิบายเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการมีหลักการมากกว่า ในนักเรียนกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์พันธุศาสตร์เพิ่มขึ้น แต่กลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีมโนทัศน์พันธุศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 Venville and Dawson (2010) เสนอว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม โดยใช้บทเรียนสั้น ๆ 3 บทเรียนสามารถปรับปรุงโครงสร้างและความซับซ้อนของการโต้แย้ง ระดับการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ Lin and Mintzes (2010) พบว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งสูง สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้สมบูรณ์กว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นักเรียนส่วนใหญ่มีข้อโต้แย้งที่ซับซ้อน ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งสูงจะนำเสนอข้อคัดค้านหลังจัดการเรียนการสอนได้ แต่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูง ไม่มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ในความหมายของหลักฐาน และมักไม่ใช้เหตุผลเป็นหลักฐาน กฤษฎา ทองประไพ และคณะ (2559) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม พบว่า นักเรียนจำนวน 26 คน (ร้อยละ 68.40) มีทักษะการโต้แย้งเพิ่มขึ้น และนักเรียนทั้ง 38 คน มีทักษะการโต้แย้งอยู่ในระดับดีขึ้นไป หลังการสอนโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และองค์ประกอบของการโต้แย้งที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือ การระบุข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลสนับสนุน และพัฒนาได้น้อยที่สุดคือ การใช้หลักฐาน

จากงานวิจัยและเกณฑ์การประเมินดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม จะมีคะแนนเฉลี่ยความความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม จะมีคะแนนเฉลี่ยความความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม จะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 32 สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการโต้แย้ง

2.2.2 มโนทัศน์ชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ ระยะเวลา 15 ชั่วโมง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้เวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง ยกเว้นสัปดาห์สุดท้ายของการสอน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง รวมเป็น 15 ชั่วโมง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางให้ครูวิทยาศาสตร์นำการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของ Sadler et al. (2011) ไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมนักเรียนให้มีความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยา

2. เป็นแนวทางให้ผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้อง นำการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไปเป็นตัวอย่างในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เพื่อเตรียมความพร้อมนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ให้เป็นเป็นพลเมืองที่มีส่วนร่วมในประชาธิปไตยสมัยใหม่ รู้เท่าทันข้อมูลที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการใช้ชีวิต และมีกระบวนการประเมินค่าในการตัดสินใจอย่างมีจริยธรรม

นิยามคำศัพท์

1. การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม หมายถึง การที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏตามสื่อต่าง ๆ ที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ เนื่องจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังไม่สมบูรณ์ และประเด็นเป็นกระแสสังคม ที่สังคมกำลังให้ความสนใจ ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะต้องใช้พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาความเสี่ยง ผลกระทบ และคุณค่าต่อสังคม ต้องใช้กระบวนการตัดสินใจหาแนวทางแก้ปัญหา และเหตุผลเชิงจริยธรรม การสอนประกอบด้วย 8 ขั้นการสอน ตามแนวของ Sadler et al. (2011) ดังนี้

1.1 ขั้นการแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (Topic/Subject Matter Introduction) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความ และโฆษณา หรือการนำเสนอวีดิทัศน์แสดงความขัดแย้ง หรืออาจใช้ภาพถ่าย แบบจำลอง สื่ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวนั้น ๆ ร่วมด้วย

1.2 ขั้นท้าทายความเชื่อหลัก (Challenging Core Beliefs) เป็นขั้นสร้างคำถามเพื่อเร้าให้ถกเถียงและอธิบายความเชื่อทั่วไป ความรู้ทั่วไป หรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน

1.3 ขั้นการเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (Formal instruction) เป็นขั้นให้ความรู้และให้ข้อมูลเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการโต้แย้งและการเจรจา

1.4 ขั้นกิจกรรมกลุ่ม (Group Activity) เป็นขั้นของการพัฒนาคำถามในเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้อง มีการตรวจสอบความรู้และหลักฐานของแต่ละบุคคล มีการเจรจาต่อรองเป็นกลุ่มย่อยโดยใช้หลักฐาน และการนำเสนอความเข้าใจร่วมของกลุ่ม

1.5 ขั้นการพัฒนาคำถามตามบริบท (Develop Contextual Questions) เป็นขั้นที่ใช้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์พื้นฐานในเนื้อหาวิชานั้น ๆ เพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1.6 ขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion) เป็นการสนทนาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และการให้ความสำคัญกับความรู้เฉพาะสำหรับการตัดสินใจอย่างไม่เป็นทางการ

1.7 ขั้นครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ (Teacher Reiteration of Content/Subject Matter) เป็นขั้นทบทวนเนื้อหาสำคัญ วัตถุประสงค์ และความเกี่ยวข้องของความรู้เฉพาะ การประยุกต์เนื้อหาความรู้ การเจรจาในประเด็นร่วมสมัย

1.8 ขั้นการวัดความรู้และการให้เหตุผล (Knowledge and Reasoning Assessments) เป็นการนำเสนอกลุ่ม การสร้างโปสเตอร์ การโต้แย้งหรือกิจกรรมการโต้วาที อาจเป็นการเลือกเรื่องเพื่อทำรายงาน หรือทำแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความรู้ในเนื้อหา

2. ความสามารถในการโต้แย้ง หมายถึง การแสดงออกที่มีกระบวนการใช้ข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผลของบุคคลสองคนหรือมากกว่าสองคน เพื่อใช้โน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามพิจารณาตัดสินยอมรับหรือปฏิเสธจุดยืนฝ่ายคัดค้าน ในกรอบที่มีหลักฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 พฤติกรรมบ่งชี้

2.1 สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้

2.2 สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้

2.3 สามารถสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งได้

2.4 สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้

พฤติกรรมบ่งชี้ดังกล่าว สามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ปรับจากรูปแบบการวัดของ Lin and Mintzes (2010)

3 มโนทัศน์ชีววิทยา หมายถึง ความคิดหลักที่มีทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรมเกี่ยวกับชีววิทยา เป็นผลมาจากการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ หรือสถานการณ์ทางธรรมชาติ เกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลาย ๆ อัน มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม วัดโดยแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามแนวคิดในการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ของ Treagust and Chandrasegaran (2007)

4. การสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ตามหนังสือคู่มือครู ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ที่เน้นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ เพื่อให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยอาศัยกระบวนการคิด และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

4.1 ขั้นนำ เป็นการกระตุ้นความสนใจ หรือทบทวนและตรวจสอบความรู้ที่เดิมของนักเรียน โดยการนำสนทนา หรือใช้คำถาม เป็นต้น เพื่อเตรียมนักเรียนเข้าสู่บทเรียน

4.2 ขั้นกิจกรรม เป็นการให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาข้อมูลจากครู เอกสาร หรือทำกิจกรรมการทดลอง

4.3 ขั้นสรุป เป็นการให้นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า มาอภิปรายร่วมกันกับครู เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป เป็นความสำคัญของบทเรียน และนำความคิดสำคัญดังกล่าวไปประยุกต์ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1 *กรอบแนวคิดงานวิจัย*

ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (social constructivism) ของ Vygotsky (1978 อ้างถึงใน Vygotsky, 2012) เป็นทฤษฎีที่เน้นความสำคัญของการพัฒนาพุทธิปัญญาในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม โดยอาศัยเครื่องมือทางวัฒนธรรม นักเรียนจะเรียนรู้ทักษะและกลยุทธ์ในช่วงระหว่างการพัฒนา การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้ จะเน้นให้นักเรียนแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และเข้าใจบริบทสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) ของตนเอง	**ปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม (progressive education)** คือ แนวคิดที่มีมุมมองทางการศึกษาแบบเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นกระบวนการทางสังคม ความหมายทางญาณวิทยา ให้ผู้เรียนรวบรวม และแบ่งปันประสบการณ์ที่ได้รับจากสังคม และจากการกระทำของตนเอง (Zeidler, Applebaum, & Sadler, 2011)	**แนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ (situated learning)** คือ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนในสถานการณ์ให้มากที่สุด ให้ผู้เรียนอยู่ในสภาพแวดล้อมหรือบริบทที่เฉพาะสำหรับการเรียนรู้ (Cobb, 1999; Greeno, 1998; Lave & Wenger, 1991)

1. การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม หมายถึง การที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏตามสื่อต่าง ๆ ที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ เนื่องจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังไม่สมบูรณ์ และประเด็นเป็นกระแสสังคม ที่สังคมกำลังให้ความสนใจ ซึ่งประเด็นเหล่านี้จะต้องใช้พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาความเสี่ยง ผลกระทบ และคุณค่าต่อสังคม ต้องใช้กระบวนการตัดสินใจหาแนวทางแก้ปัญหา และเหตุผลเชิงจริยธรรม ประกอบด้วย 8 ขั้น ตามแนวของ Sadler, Klosterman, and Topcu (2011) ดังนี้

1.1 ขั้นการแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (Topic/Subject Matter Introduction) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความ และโฆษณา การนำเสนอวิดีทัศน์แสดงความขัดแย้ง หรืออาจใช้ภาพถ่าย แบบจำลอง สื่ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวนั้น ๆ ร่วมด้วย

1.2 ขั้นท้าทายความเชื่อหลัก (Challenging Core Beliefs) เป็นขั้นสร้างคำถามเพื่อเร้าให้ถกเถียงและอธิบายความเชื่อทั่วไป ความรู้ทั่วไป หรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน

1.3 ขั้นการเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (Formal instruction) เป็นขั้นให้ความรู้และให้ข้อมูลเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการโต้แย้งและการเจรจา

1.4 ขั้นกิจกรรมกลุ่ม (Group Activity) เป็นขั้นของการพัฒนาคำถามในเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้อง มีการตรวจสอบความรู้และหลักฐานของแต่ละบุคคล มีการเจรจาต่อรองเป็นกลุ่มย่อยโดยใช้หลักฐาน และการนำเสนอความเข้าใจร่วมของกลุ่ม

1.5 ขั้นการพัฒนาคำถามตามบริบท (Develop Contextual Questions) เป็นขั้นที่ใช้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์พื้นฐานในเนื้อหาวิชานั้น ๆ เพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1.6 ขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion) เป็นการสนทนาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และการให้ความสำคัญกับความรู้เฉพาะสำหรับการตัดสินใจอย่างไม่เป็นทางการ

1.7 ขั้นครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ (Teacher Reiteration of Content/Subject Matter) เป็นขั้นทบทวนเนื้อหาสำคัญ วัตถุประสงค์ และความเกี่ยวข้องของความรู้เฉพาะ การประยุกต์เนื้อหาความรู้ การเจรจาในประเด็นร่วมสมัย

1.8 ขั้นการวัดความรู้และการให้เหตุผล (Knowledge and Reasoning Assessments) เป็นการนำเสนอกลุ่ม การสร้างโปสเตอร์ การโต้แย้งหรือกิจกรรมการโต้วาที อาจเป็นการเลือกเรื่องเพื่อทำรายงาน หรือทำแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความรู้ในเนื้อหา

ความสามารถในการโต้แย้ง หมายถึง การแสดงออกที่มีกระบวนการใช้ข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผลของบุคคลสองคนหรือมากกว่าสองคน เพื่อใช้โน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามพิจารณาตัดสินยอมรับหรือปฏิเสธจุดยืนฝ่ายคัดค้าน ในกรอบที่มีหลักฐานซึ่งประกอบด้วย 4 พฤติกรรมย่อย ดังนี้พฤติกรรมที่ประกอบด้วย 4 พฤติกรรม ของ Lin and Mintzes (2010) ดังนี้ (1) สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้ (2) สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้ (3) สามารถสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งได้ และ (4) สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้

มโนทัศน์ชีววิทยา หมายถึง ความคิดหลักที่มีทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรมเกี่ยวกับชีววิทยา เป็นผลมาจากการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์ เกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลายๆ มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษา ผลการสอนโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียดการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในแต่ละหัวข้อตามลำดับดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.1 ความสำคัญของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.2 ปรัชญา ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.3 เป้าหมายของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.4 ความหมายของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.5 ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.6 ขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
   1.7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
2. ความสามารถในการโต้แย้ง
   2.1 ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้ง
   2.2 ระดับความสามารถในการโต้แย้ง
   2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้ง
   2.4 ข้อจำกัดในการสอนความสามารถในการโต้แย้ง
3. มโนทัศน์ชีววิทยา
   3.1 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
   3.2 มโนทัศน์ชีววิทยา
   3.3 แนวทางในการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
   4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้ง
   4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
   4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

1.1 ความสำคัญของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

นับตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ.1970 นักวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจในการพัฒนาแนวการสอนที่สะท้อนถึงอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จึงออกแบบหลักสูตรสำหรับครูวิทยาศาสตร์เพื่อกระตุ้นความสนใจในมิติสังคมแก่นักเรียน และทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ ในผลกระทบของเทคโนโลยีต่อสังคม และสังคมต่อเทคโนโลยี ในปี ค.ศ. 1982 เมื่อสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Teachers Association : NSTA) เผยแพร่เอกสาร ลักษณะบุคคลที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ว่า ต้องมีความเข้าใจและความรู้ในการเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจึงเริ่มตระหนักถึงการเตรียมความพร้อมประชาชน ต่อมาในปี ค.ศ.1985 สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกาเผยแพร่รายงานประจำปี และยกให้เป็นปีของการสอนตามแนววิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Science, Technology, and Society: STS) ทำให้ปี ค.ศ.1985 เป็นปีของการเปลี่ยนกระบวนทัศน์ทางการศึกษา มีการนำแนวการสอนนี้ไปใช้ในวิชาเรียนและในหลักสูตร ประเด็นที่นำไปสอนส่วนใหญ่เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ ภาวะโลกร้อน ซึ่งไม่เป็นที่สนใจของนักเรียนและเป็นเรื่องไกลตัว เพราะแยกออกจากเรื่องในชีวิตประจำวันของนักเรียน และนักเรียนเกิดความเครียดในขณะอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ต่อมานักการศึกษาบางกลุ่มได้เพิ่มประเด็นขับเคลื่อนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม จากเดิมเป็นแนวการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม จึงกลายเป็นแนวการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม (Science-Technology-Society-Environment approach: STSE) นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างแนวการสอนทั้งสอง เพราะทั้งสองแนว ก็เกี่ยวข้องกับประเด็นขัดแย้งและจริยธรรม และเมื่อนำไปใช้พบว่า ยังขาดกลยุทธ์ในการสอน ขาดการบูรณาการเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และบริบททางสังคมให้มีความหมายต่อนักเรียน ขาดการแสดงให้เห็นการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล ขาดการคิดพิจารณาอย่างชัดแจ้งของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ขาดมิติเกี่ยวกับอารมณ์ วัฒนธรรม การพัฒนา และการเชื่อมโยงทางปัญญากับประเด็น (Zeidler et al., 2005) จึงมีการพัฒนาการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิยาศาสตร์ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน และเพื่อให้บรรลุเป้าหมายทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Sadler et al., 2011)

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (Socio-Scientific Issues : SSI) มีการพัฒนากลยุทธ์การสอนอย่างชัดเจน ซึ่งตรงกันข้ามกับแนวการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม แนวการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มุ่งเน้นให้นักเรียนเสริมสร้างศักยภาพในการพิจารณา

ปัญหาบนพื้นฐานวิทยาศาสตร์ และสะท้อนให้เห็นการตัดสินใจที่ใช้หลักการของศีลธรรมและคุณธรรมที่เกี่ยวกับสังคมรอบตัวเขา (Driver et al., 2000; Kolsto, 2001; Zeidler et al., 2005)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมนั้น ได้นำวิทยาศาสตร์ในบริบทของสังคมมาใช้ในการสอน ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสนทนา อภิปราย และโต้แย้งประเด็นที่ขัดแย้งในหัวข้อวิทยาศาสตร์กับธรรมชาติ และเพิ่มการให้เหตุผลอย่างมีศีลธรรม หรือประเมินค่าอย่างมีจริยธรรมในกระบวนการตัดสินใจ เพื่อให้นักเรียนร่วมหาหนทางการแก้ไขประเด็นปัญหาเหล่านั้น การใช้บริบทประเด็นที่ขัดแย้ง ทำให้นักเรียนรู้ความหมายของการเรียน มีส่วนร่วมในการให้เหตุผลจากหลักฐาน และเข้าใจข้อมูลวิทยาศาสตร์ สนับสนุนให้นักเรียนมีความเป็นพลเมือง และประเมินปัจจัยต่าง ๆ จากการพิจารณาบริบท โดยใช้ข้อกล่าวอ้างของความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ได้รับปลูกฝังลักษณะดังกล่าว (Ratcliffe & Grace, 2003; Sadler, 2004; Zeidler, 2003; Zeidler & Nichols, 2009) การสอนต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้ง และความสามารถในการแยกแยะระหว่างประเด็นที่เป็นวิทยาศาสตร์และไม่เป็นวิทยาศาสตร์ โดยใช้ปัญญาประกอบกับข้อมูลและหลักฐานที่เชื่อถือได้ (Zeidler & Nichols, 2009)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ (Bingle & Gaskell, 1994; Colucci-Gray, 2013; Dawson & Venville, 2009) ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (Sadler et al., 2011; Sadler & Zeidler, 2005) ทักษะการโต้แย้ง (Dawson & Venville, 2009) การให้เหตุผลเชิงจริยธรรม (Berne, 2014; Ratcliffe & Grace, 2003) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ(Zeidler, Sadler, Applebaum, & Callahan, 2009) สมรรถนะในการตัดสินใจ (Ekborg, 2008; Gresch, Hasselhorn, & Bögeholz, 2013; Y. C. Lee, 2007) ความเข้าใจความซับซ้อนของวิทยาศาสตร์และประเด็นทางจริยธรรม (Zeidler et al., 2005) และการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Ratcliffe, 2003) เป็นต้น

1.2 ปรัชญา ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีพื้นฐานมาจากปรัชญาแบบพิพัฒนาการนิยม ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม และแนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 ปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม (Progressive education)

Zeidler et al. (2011) กล่าวว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีแนวคิดตามปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม (progressive education) แนวคิดนี้มีรากฐานดั้งเดิมจากลัทธิประสบการณ์นิยม (experientialists) (เช่น Jean Rousseau (1712–1778); Friedrich Froebel (1782–1852); John Dewey (1859–1952)) ที่มีมุมมองทางการศึกษาแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง กระบวนการทางสังคม ความหมายทางญาณวิทยา จากการรวบรวมและแบ่งปันประสบการณ์ที่ได้จากสังคม และการกระทำ ทำให้เกิดการคิดอย่างอิสระตามธรรมชาติ ซึ่งตรงกันข้ามกับแนวการสอนแบบเดิม ที่มีอิทธิพลของการคิดเกิดจากพฤติกรรมทางสังคม (เช่น Johann Herbart (1776–1841); Wilhelm Wundt (1832–1920); Edward Thorndike (1874–1949)) โดยการสอนแบบครูเป็นศูนย์กลาง ครูเป็นผู้กำหนดการเรียนรู้ นักเรียนจึงรู้ความหมายของความรู้ว่าเป็นความเชื่อ ดังนั้น แนวการสอนแบบเดิมจึงมีลักษณะที่ครูมีบทบาทมากกว่านักเรียน ที่สะท้อนการผลิตนักเรียนที่ไม่มีความยืดหยุ่นในความรู้ เพราะนักเรียนเข้าใจว่าความรู้คงที่และไม่สามารถเปลี่ยนแปลง ในขณะที่แนวการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเริ่มต้นด้วยการใช้เหตุผลเชิงประจักษ์เป็นฐาน และท้าทายสมมติฐานเชิงบรรทัดฐานของข้อกล่าวอ้างทางความรู้ของนักเรียน เน้นกิจกรรมวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเชื่อมโยงการสืบสอบกับการอรรถาธิบาย และประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ผลการเรียนรู้ที่ได้จากปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม จึงมีลักษณะเป็นการจัดระดับความสำคัญส่วนบุคคล และความรับผิดชอบ การสร้างและปลูกฝังลักษณะจิตสำนึกให้นักเรียน โดยการร่วมกันแสดงวาทกรรม และตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทางศีลธรรมที่หลากหลาย (Zeidler & Sadler, 2008) การสอนที่เน้นข้อกล่าวอ้างทางญาณวิทยา เป็นสิ่งที่มีความสำคัญน้อยกว่าการที่นักเรียนได้พัฒนาการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ การให้เหตุผล และการเปิดกว้างการสะท้อนคิด โดยระบุตำแหน่งของตนเองจากหลักฐานใหม่

Zeidler et al. (2011) กล่าวว่า จากข้อปรัชญาการศึกษาข้างต้น การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมในห้องเรียน จึงมีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ วาทกรรมจริยธรรมทางสังคม การโต้แย้ง และวิธีการสอนแบบอภิปราย ปัจจัยพื้นฐานในการสร้างหลักสูตรการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ได้แก่ ความมุ่งมั่นในการสืบสอบ โอกาสในการปลูกฝังลักษะที่พึงประสงค์ และอรรถาธิบาย บทบาทของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ และการรู้วิทยาศาสตร์ตามปรัชญาการศึกษาแบบพิพัฒนาการนิยม

1.2.2 ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Social constructivism)

ทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม ของ Vygotsky (2012) เป็นทฤษฎีที่เน้นความสำคัญของความเข้าใจความหมายในการพัฒนาพุทธิปัญญาในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม โดยอาศัยเครื่องมือทางวัฒนธรรมและเครื่องมือเทคนิค นักเรียนจะเรียนรู้ทักษะและกลยุทธ์ในช่วงระหว่างการพัฒนา (Zone of Proximal Development)

Vygotsky (1978 อ้างถึงใน Vygotsky, 2012) กล่าวว่า “Zone of Proximal Development” คือ ความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้โดยปราศจากความช่วยเหลือ (ระดับพัฒนาการปัจจุบัน) และสิ่งที่ผู้เรียนสามารถทำได้เมื่อได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ

ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีทฤษฎีรากฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Klosterman & Sadler, 2010) เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้ในสังคมวิทยา และทฤษฎีการสื่อสารมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนตรวจสอบความรู้ และความเข้าใจโลกที่กำลังพัฒนาไปพร้อมกับมนุษย์ได้ ทฤษฎีนี้อนุมานว่า มนุษย์มีการพัฒนาความเข้าใจ ความสำคัญ และความหมาย โดยการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น (Amineh & Asl, 2015) ดังนั้น ครูควรสอนหรือเปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (collaborative problem solving) และจัดห้องเรียนให้สอดคล้องกับบริบทสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) (Fetsco & McClure, 2005)

1.2.2 แนวคิดการจัดการเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ (Situated learning)

การเรียนรู้ด้วยสถานการณ์เป็นแนวคิดที่พัฒนาโดย Lave & Wenger (1991 อ้างถึงใน Hall, 2017) ซึ่งพัฒนาตามงานของ Dewy และ Vygotsky ที่กล่าวว่า นักเรียนมีแนวโน้มที่จะเรียนรู้มากขึ้นเมื่อมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมที่ เช่น การทัศนศึกษา ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในสิ่งแวดล้อมที่ไม่คุ้นชิน การเรียนสหกิจศึกษาหรือการฝึกงาน ทำให้นักเรียนได้เข้าไปอยู่และทำกิจกรรมในสภาพแวดล้อมที่ต้องทำงานจริง เป็นต้น การเรียนรู้ด้วยสถานการณ์ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านความสัมพันธ์ระหว่างคน และเกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ในสภาพจริงตามบริบทที่เผชิญ การเลือกสถานการณ์ที่นำมาใช้ จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ความซับซ้อน ความสมจริง และได้ใช้กิจกรรมปัญหาเป็นศูนย์กลาง (problem-centered activities) ที่จะส่งเสริมให้เกิดความรู้ที่ต้องการประสบการณ์ที่ได้รับจะกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความรู้เดิมอย่างท้าทายในสังคมที่เผชิญ

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เกี่ยวข้องกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน โครงสร้างของการสอนลักษณะนี้ เป็นไปตามเป้าหมายการศึกษา ที่ถูกปรับเปลี่ยนตามทฤษฎีการสอนและทฤษฎีการเรียนรู้ มีการเน้นมุมมองของนักเรียนให้อยู่ในสถานการณ์ให้มากที่สุด ใน

สภาพแวดล้อมหรือบริบทที่จำเพาะสำหรับการเรียนรู้ ซึ่งรวมไปถึงมโนทัศน์และทรัพยากรทางกายภาพของผู้เรียน มีการใช้บรรทัดฐานในการเข้าร่วมและเสนอวาทกรรมในบริบทดังกล่าว ทำให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรม รู้และสามารถทำได้ จากข้อได้เปรียบเชิงทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น การเรียนรู้จึงเข้าถึงจิตใจของผู้เรียน นั่นคือ บริบทเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดการเรียนรู้ ไม่เพียงแต่เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเรียนรู้เท่านั้น (Cobb, 1999; Greeno, 1998; Lave & Wenger, 1991)

การส่งเสริมความเป็นพลเมืองผ่านวิทยาศาสตร์ ต้องพิจารณาการสร้างบริบท เพื่อให้นักเรียนได้ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ หากเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือต้องการให้นักเรียนเป็นผู้มีความสามารถในการอภิปรายและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นสำคัญทางสังคมที่เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครูควรสร้างบริบทการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เผชิญประเด็นต่าง ๆ เหล่านั้นและมีประสบการณ์ในการเจรจาต่อรองอย่างซับซ้อน ด้วยธรรมชาติของนักเรียนเอง ซึ่งแนวการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม อยู่ในบริบทการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้น (Zeidler et al., 2011)

1.3 เป้าหมายของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

จากการศึกษาเป้าหมายของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม Aikenhead (2006, 2010 อ้างถึงใน Sadler, 2011) กล่าวว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงความล้มเหลวของการศึกษาวิทยาศาสตร์ 5 ประการที่สำคัญ สำหรับนักเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ดังนี้

1.3.1 ลดความกลัวและความไม่สนใจในวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และเปลี่ยนให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ทั้งในและนอกห้องเรียน (Schreiner & Sjøberg, 2007 อ้างถึงใน Sadler, 2011)

1.3.2 ทำให้นักเรียนมีอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมที่แตกต่างกันไป ซึ่งสิ่งนี้ต่างจากสิ่งที่พบในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป

1.3.3 ให้นักเรียนเข้าใจความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์นอกห้องเรียนอย่างถ่องแท้ (Albright, Towndrow, Kwek, & Tan, 2007 อ้างถึงใน Sadler, 2011) และเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมายในโรงเรียน จากข้อมูลวิจัยของ Löfgren & Helldén (2009 อ้างถึงใน Sadler, 2011) มีเพียงร้อยละ 20 ของนักเรียน ที่เข้าใจการเรียนรู้มโนทัศน์โมเลกุล ว่ามีความหมายอย่างไร แม้ว่าได้เรียนเรื่องโมเลกุลมาแล้วกว่า 10 ปี

1.3.4 ให้นักเรียน เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผ่านหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirical evidence) นักเรียนจะสามารถแสดงจุดยืนทางการเมืองของตนเอง ผ่านการเล่นเกม (ใช้กฎของฟาติมา) เป็นต้น (Aikenhead, 2006)

1.3.5 ให้นักเรียนตระหนักถึงความไม่ตรงไปตรงมาของสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ตำนานวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ มีเทคนิค หลักการและเหตุผลสนับสนุน “วิธีการทางวิทยาศาสตร์”

Sadler (2011) กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมว่า การสอนลักษณะนี้ จะทำให้บรรลุเป้าหมายการศึกษาวิทยาศาสตร์ในวิสัยทัศน์ที่ 1 และ 2 เกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ได้ โดยการสนับสนุนให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในวาทกรรมวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ มีการใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ และฝึกฝนการเป็นพลเมืองที่ดี ทำให้นักเรียนสามารถเจรจา และตัดสินใจได้เมื่อเผชิญสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน หรือการเตรียมพร้อมการเป็นพลเมืองที่ดีในสังคมของการศึกษาวิทยาศาสตร์

โดยสรุปแล้ว เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม คือการมุ่งให้นักเรียนเข้าใจความหมายของวิทยาศาสตร์ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ให้นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องเจรจาและตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสื่อสิ่งพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์ และเตรียมพร้อมนักเรียนให้เป็นพลเมืองที่รู้วิทยาศาสตร์

1.4 ความหมายของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

คำว่า Socioscientific issues หรือ Socio-scientific issues นักการศึกษาในประเทศไทยใช้คำว่า ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) หรือประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ (อัศวิน ธะนะปัด ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และพัฒนี จันทรโรทัย, 2558) งานวิจัยนี้ใช้คำว่า ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไว้ดังต่อไปนี้

Ratcliffe and Grace (2003) กล่าวว่า ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นประเด็นที่ต้องใช้ความรู้พื้นฐานในขอบเขตของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การสร้างความคิดเห็น สร้างตัวเลือกระดับบุคคลและสังคม เป็นประเด็นที่มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดความสนใจในประเด็นที่นำเสนอ ประเด็นดังกล่าวเป็นประเด็นที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ เนื่องจากยังขัดแย้งกันหรือมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และไม่สามารถหลีกเลี่ยงการรายงานแบบไม่สมบูรณ์ ทำให้เห็นมิติของท้องถิ่น ชนชาติ และโลก ในกรอบของสังคมและผู้เป็นพลเมือง รวมไปถึงการวิเคราะห์ความเสี่ยงและผลประโยชน์ที่ได้รับการพัฒนาอย่างยั่งยืน คุณค่าและการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม ซึ่งต้องใช้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็น และความเสี่ยง ซึ่งเป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับเราตั้งแต่เกิดจนตาย

Sadler (2004) ให้ความหมายของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมว่า เป็นประเด็นความขัดแย้งที่มีความซับซ้อนประเภทปลายเปิด มักมีการถกเถียงกันโดยไม่มีคำตอบที่ชัดเจนในการตอบสนองต่อประเด็นของแต่ละฝ่าย อาจมีการโต้แย้งจากหลายมุมมอง

Zeidler et al. (2009) ให้ความหมายประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมว่า เกี่ยวข้องกับการใช้หัวข้อวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้สนทนา หาแนวทาง และอธิปรายร่วมกัน ประเด็นส่วนใหญ่เป็นประเด็นที่เกี่ยวกับความขัดแย้งในธรรมชาติ โดยกระบวนการอภิปรายของนักเรียนต้องมีการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม หรือประเมินค่าความกังวลเชิงจริยธรรม ในระหว่างกระบวนการหาแนวทางแก้ปัญหาเพื่อตัดสินใจ ประเด็นดังกล่าว มีเจตนาให้นักเรียนเห็นความสำคัญ และมีส่วนร่วมในการใช้เหตุผลตามหลักฐาน และต้องการให้นักเรียนเห็นบริบทของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ประสาท เนืองเฉลิม (2558) กล่าวว่า ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเป็นเรื่องที่กระแสสังคมกำลังสนใจ และคาดว่าน่าจะมีผลกระทบต่อสังคม โดยประเด็นเหล่านี้ปรากฏทั่วไปตามสื่อต่าง ๆ ข่าว สารคดี นิตยสาร หรือวารสารทางวิชาการ ซึ่งเป็นประเด็นที่ยังไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ชัดเจน

อัศวิน ธะนะปัด ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และพัฒนี จันทรโรทัย (2558) กล่าวว่า ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเป็นประเด็นที่หาข้อยุติไม่ได้ และเป็นประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

โดยสรุปแล้วประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม หมายถึง ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏตามสื่อต่าง ๆ ที่ยังหาข้อยุติไม่ได้ เนื่องจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังไม่สมบูรณ์ และเป็นกระแสสังคมที่สังคมกำลังให้ความสนใจ โดยประเด็นเหล่านี้จะต้องใช้พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการพิจารณาความเสี่ยง ผลกระทบ และคุณค่าต่อสังคม อีกทั้งกระบวนการตัดสินใจหาแนวทางแก้ปัญหา ต้องใช้เหตุผลเชิงจริยธรรม

1.5 ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (Socio-scientific Issue-based Instruction) เป็นการสอนที่ขยายมาจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) และแนวการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based approaches) ซึ่งการสอนลักษณะนี้ ใช้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในบริบทของสังคม เพื่อให้นักเรียนมองเห็นความเกี่ยวข้องของวิทยาศาสตร์ กับโลกแห่งความเป็นจริง Wilmes and Howarth (2009) ได้แสดงความแตกต่างระหว่างการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและวิธีสอนทั่วไปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 *แสดงความแตกต่างระหว่างประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการสอนด้วยวิธีสอนทั่วไป ของ Wilmes and Howarth (2009)*

การสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป	การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม
อภิปรายวิทยาศาสตร์แยกออกจากวิชาอื่น	อภิปรายมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (science concepts) และประเด็นสังคมตามความเข้าใจบริบท ของแต่ละบุคคล
ทำงานเดี่ยว	ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม จำลองชุมชนวิทยาศาสตร์ (scientific community) หรือนำเสนอการทำงานกลุ่มแบบที่มักพบจริงในสังคม
แสวงหาข้อมูลวิทยาศาสตร์	แสวงหาความเข้าใจมโนทัศน์ มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลและความเข้าใจมโนทัศน์ในการประเมินค่า เพื่อการตัดสินของแต่ละบุคคล สังคม และโลก
คำถามปลายปิดที่มีคำตอบเดียว	คำถามปลายเปิดที่ต้องการให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์หรือแสดงจุดยืน ตามหลักฐานของข้อมูล
ประเมินแบบเลือกตอบ	ประเมินตามสภาพจริง (authentic assessments)

ลักษณะของประเด็นที่ดีในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ประเด็นที่เชื่อมโยงกับวิชาเรียน มีข้อมูลสนับสนุน เป็นเรื่องจริงมากว่าการคิดขึ้นเอง มีความร่วมสมัย เป็นประเด็นขัดแย้ง และแสดงให้เห็นถึงธรรมชาติและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Latourelle, Poplawsky, Shmaefsky, & Musante, 2010)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม คล้ายกับแนวการสอนแบบกรณีศึกษา (case-based) และการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based) ซึ่งทั้งสองแบบการสอนจะมีเนื้อเรื่องอยู่ในกรอบของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้รับสถานการณ์จำลองและให้ตอบคำถามหรือแก้ปัญหา แต่การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม จะเพิ่มความท้าทายให้นักเรียนได้เผชิญกับประเด็นความขัดแย้ง ทำให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ด้านสังคม (ศีลธรรม จริยธรรม เศรษฐกิจ เป็นต้น) และมุมมองของแต่ละบุคคลหรือกลุ่ม การเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับการสืบค้นของนักเรียนเอง (Latourelle et al., 2010)

Presley et al. (2013) กล่าวว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 3 ลักษณะ คือ (1) องค์ประกอบของการออกแบบ (design elements) (2) ประสบการณ์ของนักเรียน (learning experience) (3) ลักษณะของครู (teaching attributes) ซึ่งทั้ง 3 องค์ประกอบต้องอาศัยบริบทที่หลากหลาย เช่น ห้องเรียน โรงเรียน/ตำบล ชุมชน และรัฐ/นโยบายรัฐ คล้ายคลึงกันคือ Sadler (2011) ที่แบ่งองค์ประกอบของการสอนตามแนวประเด็น

วิทยาศาสตร์กับสังคม ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) องค์ประกอบของการออกแบบ (design elements) (2) ประสบการณ์ของนักเรียน (learning experience) (3) บรรยากาศในห้องเรียน (classroom environment) (4) ลักษณะของครู (teaching attributes)

ภาพที่ 2 กรอบการจัดการเรียนรู้ตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

ที่มา: ปรับปรุงมาจาก Sadler (2011)

องค์ประกอบของนักการศึกษาทั้งสองท่านมีสิ่งที่แตกต่างกัน คือ องค์ประกอบบรรยากาศในห้องเรียน ผู้วิจัยเลือกนำเสนอองค์ประกอบที่สำคัญตาม Sadler (2011) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 *องค์ประกอบ สิ่งจำเป็นและข้อเสนอแนะของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler (2011)*

องค์ประกอบ	สิ่งจำเป็นและข้อเสนอแนะ
(1) การออกแบบ (design elements)	(1) สิ่งที่จำเป็นคือ การสอนโดยใช้ประเด็นที่น่าสนใจ การนำเสนอประเด็นก่อนเป็นอันดับแรก แล้วจึงให้นักเรียนปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเสริมต่อการเรียนรู้ขึ้นไปอีก (การโต้แย้ง การให้เหตุผล และการตัดสินใจ เป็นต้น) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ประสบการณ์สูงสุด (2) ข้อเสนอแนะ คือ อาจใช้สื่อเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมในห้องเรียนกับโลกความจริง รวมทั้งใช้เทคโนโลยีเพื่อให้นักเรียนได้ประสบการณ์ในการเรียนรู้
(2) ประสบการณ์ของนักเรียน (learning experience)	(1) สิ่งที่จำเป็น คือ นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการให้เหตุผล การโต้แย้ง การตัดสินใจ และมีจุดยืนของตนเอง เผชิญกับแนวคิดและทฤษฎีวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่พิจารณา เก็บข้อมูลและหรือ

ตารางที่ 2 *องค์ประกอบ สิ่งจำเป็นและข้อเสนอแนะของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler (2011)*

องค์ประกอบ	สิ่งจำเป็นและข้อเสนอแนะ
	วิเคราะห์ข้อมูลวิทยาศาสตร์ที่ เกี่ยวกับประเด็นที่พิจารณา มีการเจรจาในมิติสังคม ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่พิจารณา (2) ข้อเสนอแนะ คือ ให้เผชิญกับมิติจริยธรรมของประเด็นที่พิจารณา คำนึงถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับประเด็นที่ศึกษา
(3) บรรยากาศในห้องเรียน (classroom environment)	(1) สิ่งที่จำเป็น คือ มีความคาดหวังสูงว่าให้นักเรียนมีส่วนร่วม ให้ความร่วมมือ และมีปฏิสัมพันธ์ ทั้งครูและนักเรียนต่างฝ่ายต่างต้องให้ความเคารพซึ่งกันและกัน ทั้งครูและนักเรียนมีบรรยากาศการเรียนรู้ที่รู้สึกปลอดภัย
(4) ลักษณะของครู (teaching attributes)	(1) สิ่งที่จำเป็น คือ คุ้นเคยกับประเด็นที่นำมาพิจารณา มีความรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็น ตระหนักถึงการพิจารณาประเด็นที่เกี่ยวกับสังคม มีความซื่อสัตว์ในข้อจำกัดของความรู้ตนเอง ยินดีที่จะจัดการกับความไม่แน่นอนในห้องเรียน ยินดีที่จะวางตำแหน่งของตนเองเป็นผู้สนับสนุนความรู้ มากกว่าเป็นผู้ถืออำนาจเพียงผู้เดียว

1.6 ขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีนักการศึกษาหลายท่านทั้งในและต่างประเทศได้ออกแบบขั้นการสอนที่ใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมในการสอน ผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

ประสาท เนืองเฉลิม (2558) เสนอแนวทางการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ว่ามีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาประเด็นสำคัญ โดยครูจะทำหน้าที่หาความรู้ใหม่ที่กำลังเป็นประเด็นโต้แย้งทางความคิดเห็นระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม โดยอาจค้นหาจากอินเตอร์เน็ต วารสาร นิตยสาร หนังสือพิมพ์ หรืออาจนำประเด็นที่เกิดขึ้นจริงในสถานศึกษาหรือชุมชนท้องถิ่น และนักเรียนมีหน้าที่ติดตามข่าวสาร ประเด็นที่เกิดขึ้นในสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

ขั้นที่ 2 จัดกลุ่มและเรียงลำดับความสำคัญ โดยครูนำเสนอประเด็นต่าง ๆ เมื่อมีการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมแล้วจำเป็นที่จะต้องจัดกลุ่มความสำคัญของประเด็นปัญหา เรียงประเด็นที่สำคัญมาก

ที่สุดไปหาน้อยที่สุดเพื่อคัดเลือกและตัดสินใจนำประเด็นที่สำคัญที่สุดมาให้นักเรียนศึกษา ร่วมกันวิพากษ์และหาทางออก นักเรียนทำหน้าที่ศึกษาประเด็นที่ครูนำเสนอโดยใช้กระบวนการอ่านวิเคราะห์ การระบุใจความสำคัญของข้อมูล จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและความเห็น

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ประเด็นเนื้อหา โดยครูจะวิเคราะห์ว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเดิมอย่างไร มีข้อสงสัยหรืออยากทำความเข้าใจในเนื้อหาส่วนใดเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนฝึกคิดหาเหตุผลและสะท้อนผลความเข้าใจของตนเองว่า รู้อะไรและอยากรู้สิ่งใดเพิ่มเติม นักเรียนทำหน้าที่จำแนกสิ่งที่รู้และสิ่งที่ยังไม่รู้เพื่อสืบค้นข้อมูลต่อไป โดยตั้งคำถาม ซักถามข้อสงสัยและการตอบคำถาม สนทนาและแสดงความเห็น

ขั้นที่ 4 วางแผนแก้ไขประเด็นปัญหา โดยครูจะวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งทำให้ครูฝึกหาแนวทางที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดตัดสินใจ นักเรียนจะทำหน้าที่ตีความหมายเพื่อประเมินคุณค่าและความน่าเชื่อถือของข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ เปิดใจกว้าง สร้างมุมมองที่หลากหลายในการค้นหาข้อมูล

ขั้นที่ 5 จัดประสบการณ์การเรียนรู้ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางที่ได้วิเคราะห์ไว้ โดยกิจกรรมต้องประกอบด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการคิดขั้นสูงและคุณธรรมจริยธรรมที่ต้องการส่งเสริม นักเรียนค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาหลักฐานที่ใช้ในการคิดวิเคราะห์ แสดงการอภิปราย โต้แย้ง แสดงความคิดเห็นและการตัดสินลงความเห็น หลักเกณฑ์ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาเงื่อนไขที่จำเป็น และหาสาเหตุของทฤษฎีและการทำนาย

ขั้นที่ 6 ประเมินผล ครูประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนตามสภาพจริง ทั้งนี้ต้องประกอบด้วยหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการคิดขั้นสูงและมีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับการพิจารณาประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมควบคู่ไปกับคุณธรรมจริยธรรมที่แต่ละสังคมยอมรับ นักเรียนทำหน้าที่สรุปกรอบแนวคิดโดยใช้หลักฐานและเหตุผล

Lewis (2003) ได้เสนอกระบวนการสอนและการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเตรียมตัวก่อนการสอน (preparation) ครูค้นคว้าสื่อต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับประเด็นที่จะใช้กับเนื้อหาที่ต้องการสอน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร อินเตอร์เน็ต เมื่อรวบรวมข้อมูลได้จำนวนมากแล้ว ครูสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเป็นกรณีศึกษา (case studies) หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning)

ขั้นที่ 2 การพัฒนาทักษะ (developing skills) ครูควรพัฒนาทักษะที่สำคัญให้กับนักเรียน โดยการแสดงให้นักเรียนเห็นกระบวนการเป็นตัวอย่าง (modeling the process) เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติตาม หรือครูอาจเพิ่มความซับซ้อนในกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้รับทักษะที่สำคัญจากประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม (1) การอ่านอย่างรอบคอบ จับใจความ (2) การจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อเท็จจริงและความคิดเห็น (3) การจำแนกสิ่งที่รู้และสิ่งที่ไม่รู้ (4) การค้นคว้าหาแหล่งข้อมูลและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (5) ความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการวิเคราะห์จุดอ่อนของการออกแบบการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (6) การใช้ข้อมูลจำนวนมากในการโต้แย้ง

ขั้นที่ 3 การนำอภิปราย (leading the discussion) นักเรียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษาเพื่อให้สามารถอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นทางสังคมดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูควรเตรียมพร้อมที่จะให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางแก่นักเรียนในการค้นคว้าหาข้อมูลและทำงานให้สำเร็จดังที่ได้รับมอบหมาย ครูควรแสดงบทบาทในการดูแลการอภิปรายให้เหมาะสม เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ในแบบของตนเอง

ขั้นที่ 4 การประเมินผล (assessing the outcomes) ครูพัฒนาการประเมินผลตามวัตถุประสงค์และประสบการณ์ตรงของนักเรียน เพื่อให้เกิดแรงจูงใจ และทักษะการวิเคราะห์ และเนื่องจากประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไม่มีคำตอบหรือทางออกที่ถูกต้องทั้งหมดหรือผิดทั้งหมด การสร้างเกณฑ์ในการประเมินนักเรียนจึงช่วยวิเคราะห์คุณภาพของความคิดเห็น ความเป็นเหตุผลของคำตอบหรือข้อสรุปและหลักฐานประกอบข้อสรุป ดังนั้น การประเมินผลจึงไม่ขึ้นอยู่กับมุมมองที่เหมือนหรือต่างจากครู แต่ขึ้นกับกระบวนการซึ่งการได้มาของคำตอบและคุณภาพของแหล่งข้อมูล

Feierabend and Eilks (2010) ได้เสนอขั้นในการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา (textual approach and problem analysis) ครูเลือกประเด็นวิทยาศาสตร์และสังคมที่มีความขัดแย้งเกิดขึ้นในปัจจุบันจากสื่อ เช่น หนังสือพิมพ์ นิตยสาร หรือจากโทรทัศน์

ขั้นที่ 2 อธิบายเบื้องหลังความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Clarifying the chemistry background in a lab environment) ครูช่วยนักเรียนให้เข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่กำหนด

ขั้นที่ 3 ศึกษาปัญหาจากประเด็นนั้น ๆ อีกครั้ง (resuming the socio-scientific dimension) เมื่อนักเรียนมีความรู้พื้นฐานแล้ว จึงให้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคม ก่อนนำมาอภิปราย

ขั้นที่ 4 อภิปราย และประเมินผลมุมมองที่ต่างกัน (discussing and evaluating different point of view) ให้นักเรียนเรียนรู้ทั้งสองมิติของสังคม และการเกี่ยวข้องกันของวิทยาศาสตร์และสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในสังคมระหว่างการอภิปราย โดยอาจมีการสมมติบทบาทเหมือนการจัดรายการพูดคุยในรายการโทรทัศน์ และมีนักข่าวมาสัมภาษณ์ประเด็นที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 5 สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ (meta-reflection) นักเรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ตลอดทุกขั้นตอนที่ผ่านมา ทั้งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

Sadler et al. (2011) ได้พัฒนาขั้นการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม แต่ได้เสนอแนะให้ครูนำไปปรับใช้โดยไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเคร่งครัด ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (Topic/Subject Matter Introduction) ใช้เวลา 5 นาที เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความ และโฆษณา หรืออาจนำเสนอวีดิทัศน์ ของความขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ภาพถ่าย แบบจำลอง สื่ออื่น ๆ ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) ตระหนักในเนื้อหา เป็นขั้นกระตุ้นให้ทุกคนเกิดความสนใจในเนื้อหาเรื่องใหม่ (2) สำรวจความรู้ และให้รู้ล่วงหน้า (pre-conceptions) ในเนื้อหาที่จะเรียน ซึ่งการกำหนดวิธีการและคุณภาพของหัวข้อที่จะนำเสนอ ขึ้นกับจำนวนของนักเรียนที่มีส่วนร่วมในการอภิปรายและการสนทนา

ขั้นที่ 2 ท้าทายความเชื่อหลัก (Challenging Core Beliefs) เป็นขั้นสร้างคำถามเพื่อเร้าให้ถกเถียงและอธิบายความเชื่อทั่วไป ความรู้ทั่วไป หรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) สร้างรูปแบบพื้นฐานของความเชื่อหลัก (2) ตอบสนองความเชื่อหลักจริยธรรมของตนเอง (3) แบ่งกลุ่มตามความเชื่อหลักสำหรับกิจกรรม ครูควรเขียนคำถามที่อยู่ในบริบทของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไว้บนกระดาน เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบคำถาม และประเมินระหว่างการอภิปราย

ขั้นที่ 3 การเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (Formal instruction) เป็นขั้นให้ความรู้และให้ข้อมูลเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการโต้แย้งและการเจรจา ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์

เพื่อให้นักเรียน (1) ใช้ความรู้ส่งเสริมการโต้แย้งและการเจรจาในกิจกรรมต่อไป (2) ค้นพบว่าความรู้ใหม่ ซับซ้อนและมีความหมาย (3) สามารถสร้างความเข้าใจมโนทัศน์ (conceptual understanding) (4) นำมโนทัศน์ไปใช้ (transfer concepts) ในสถานการณ์ใหม่ ครูควรเน้นย้ำนักเรียนว่า ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สอนและวิธีการประยุกต์เป็นสิ่งจำเป็นและเป็นข้อมูลที่สำหรับกิจกรรมต่อไป

ขั้นที่ 4 กิจกรรมกลุ่ม (Group Activity) เป็นขั้นการพัฒนาคำถามในเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้อง มีการตรวจสอบความรู้และหลักฐานของแต่ละบุคคล มีการเจรจาต่อรองกลุ่มย่อยโดยใช้หลักฐาน และการนำเสนอความเข้าใจร่วมของกลุ่ม ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) เกิดการค้นพบร่วมกัน สร้างแสดงความรู้ และการนำเสนอสื่อ (2) ตรวจสอบการประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานรายบุคคลและรายกลุ่ม (3) ตรวจสอบความเข้าใจใหม่และมโนทัศน์คลาดเคลื่อน ครูควรเขียนคำถามไว้บนกระดาน เน้นย้ำการนำเสนอกลุ่มว่า ไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความขบขัน แต่ต้องการให้เกิดการสังเคราะห์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง (claims made) และหาความสอดคล้องกัน และหลักการตรวจสอบรายบุคคลและกลุ่มย่อยขึ้นอยู่กับความสำคัญในการพัฒนาและฝึกฝนทักษะการประเมินความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของหลักฐาน การทำแบบฝึกหัดและการทดสอบเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสุดท้ายของขั้นตอน

ขั้นที่ 5 การพัฒนาคำถามตามบริบท (Develop Contextual Questions) เป็นขั้นที่ใช้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์พื้นฐานของเนื้อหาวิชา เพื่อแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อน การนำเสนอประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมอีกครั้ง ต้องใช้ความขัดแย้งน้อยลง ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) สืบสอบมโนทัศน์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (2) ส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ (informal reasoning) (3) ใช้ความรู้ใหม่เพื่อแก้ปัญหา ในประเด็นที่ถกเถียงกันอยู่ (4) ประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานและตัดสินใจ (informed decisions) (5) ตรวจสอบอย่างเป็นทางการ (6) ฝึกฝนด้านที่เรียนรายบุคคล

ขั้นที่ 6 ขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion) การสนทนาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และการให้ความสำคัญกับความรู้เฉพาะสำหรับใช้ในการตัดสินใจอย่างไม่เป็นทางการ ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) ส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล เพื่อคัดกรองมโนทัศน์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (2) ส่งเสริมทักษะการตัดสินใจ (3) สะท้อนการใช้จริยธรรม และเติบโตมีอุปนิสัยที่พึงประสงค์ส่วนบุคคล (4) เผชิญประเด็นปัญหาที่มีการโต้แย้งโดยใช้จริยธรรม (5) พัฒนาความเข้าใจส่วนบุคคลและมีความเห็นที่อยู่บนหลักฐานที่เชื่อถือได้ (6) ชำนาญในการเจรจาเกี่ยวกับประเด็นขัดแย้งทางจริยธรรม (7) เสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ (8) พัฒนาทักษะทางปัญญา (9) ประยุกต์ใช้ความรู้อย่างชาญฉลาด (10) นำความเข้าใจมโนทัศน์ มาเป็นข้อกล่าวอ้างของตนเอง ควรมีการสอนอย่างเป็นทางการก่อนเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสในการทำความเข้าใจความสัมพันธ์พื้นฐานการ

ดำรงชีวิตของชุมชน และเข้าใจทัศนคติทางจริยธรรมร่วมสมัย การค้นหาทางอินเตอร์เน็ตก็เป็นเครื่องมือในการเข้าถึงข้อมูลและมโนทัศน์จำนวนมหาศาล ที่บางครั้งอาจถูกต้องหรือไม่ถูกก็ได้

ขั้นที่ 7 ครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ (Teacher Reiteration of Content/Subject Matter) เป็นขั้นทบทวนเนื้อหาที่สำคัญ วัตถุประสงค์และความเกี่ยวข้องของความรู้เฉพาะ การประยุกต์เนื้อหาความรู้ การเจรจาของประเด็นร่วมสมัย เป็นขั้นสุดท้ายของการสอนและทำให้มโนทัศน์ชัดเจน (Final Instruction and Clarification of Concepts) ครูจึงมีบทบาทในการยืนยันความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูควรดำเนินการอภิปรายต่อและแนะนำความรู้ ให้นักเรียนไปใช้ในวิชาอื่น ๆได้ ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) จัดระเบียบความรู้ (innately organized) และ (2) รับรู้และเข้าใจความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างมีความหมาย

ขั้นที่ 8 การวัดความรู้และการให้เหตุผล (Knowledge and Reasoning Assessments) เป็นขั้นการนำเสนอกลุ่ม การสร้างโปสเตอร์ การโต้แย้งหรือกิจกรรมการโต้วาที เลือกเรื่องทำรายงาน ทำแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความรู้เนื้อหา ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียน (1) แสดงให้เห็นความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง (2) กระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติและส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในโลกของความจริง ซึ่งการวัดความรู้เชิงประจักษ์ การประเมินผลงานของนักเรียนสามารถทำได้โดยการสอบข้อเขียนตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือการประเมินการปฏิบัติ เพื่อให้สามารถครอบคลุมการวัดความสามารถในการพัฒนาความเข้าใจของเนื้อหาได้ การประเมินนักเรียน ควรรวมการวัดความตระหนักของความรู้เชิงเนื้อหา การกำหนดการวัดที่ดี ควรมีการสอบครั้งสุดท้ายและให้นักเรียนได้เผชิญกับประเด็นขัดแย้งทางวิทยาศาสตร์กับสังคม ที่ต้องใช้ความเข้าใจข้อมูลเชิงประจักษ์ และทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และทักษะการให้เหตุผลเชิงจริยธรรม

จากการรวบรวมขั้นการจัดการเรียนสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ขั้นการสอนที่นักการศึกษาได้ออกแบบ มีลักษะเด่นแตกต่างกัน ประสาท เนืองเฉลิม (2558) และ Lewis (2003) จะเน้นบทบาทของครูในการเตรียมตัวในการใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ส่วน Feierabend and Eilks (2010) มีขั้นสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ตลอดการเรียนการสอน แต่จะเห็นว่า นักการศึกษาทั้ง 4 ท่าน เริ่มขั้นแรกด้วยการนำประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ที่เป็นประเด็นในปัจจุบัน และมีความน่าสนใจจากสื่อต่าง ๆ มีขั้นการให้ความรู้ อภิปรายร่วมกัน และการวัดและประเมินผลคุณภาพของความคิดเห็น ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ขั้นการสอนที่พัฒนาโดย Sadler et al. (2011) พบว่า มีความแตกต่างจากขั้นการสอนของท่านอื่นคือ มีขั้นท้าทายความเชื่อหลัก ขั้นพัฒนาคำถามตามบริบท ซึ่งเป็นขั้นที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ชีววิทยาเบื้องต้น รวมทั้งมีขั้นกิจกรรมกลุ่มและการอภิปรายในชั้นเรียน ซึ่งแยกกันอย่างชัดเจนกว่าขั้นการสอนของนักการศึกษาท่านอื่น และเป็นขั้นที่น่าจะสามารถส่งเสริมให้ความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาได้

1.7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของ Sadler et al. (2011) มีด้วยกัน 8 ขั้นตอนดังนี้ (1) ขั้นการแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (2) ขั้นท้าทายความเชื่อหลัก (3) ขั้นการเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (4) ขั้นกิจกรรมกลุ่ม (5) ขั้นการพัฒนาคำถามตามบริบท (6) ขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน (7) ขั้นครูกล่าวเนื้อหาหรือเนื้อหาวิชาซ้ำ (8) ขั้นการวัดความรู้และการให้เหตุผล โดยแต่ละขั้นมีบทบาทครูและบทบาทนักเรียนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 *บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler et al. (2011)*

ขั้นตอนการสอน	**บทบาทครู**	**บทบาทนักเรียน**
ขั้นที่ 1 การแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (Topic/Subject Matter Introduction)		
เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความ และโฆษณา หรืออาจนำเสนอวีดิทัศน์ ของความขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ภาพถ่าย แบบจำลอง สื่ออื่น ๆ	(1) กระตุ้นความสนใจโดยนำเสนอสื่อรายงานต่าง ๆ (2) ใช้คำถามที่ก่อให้เกิดข้อสงสัยหรือสมมติฐาน (3) ให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประเด็นขัดแย้ง (4) แบ่งกลุ่มนักเรียนเพื่อให้ศึกษาแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	(1) แสดงความสนใจต่อสื่อรายงานต่าง ๆ (2) เชื่อมโยงความรู้เพื่อพิจารณาความรู้เดิมที่มีอยู่กับสื่อรายงานต่าง ๆ และข้อมูลพื้นฐาน (3) ตั้งคำถามหรือสมมติฐาน (4) จัดกลุ่มศึกษาแหล่งข้อมูลที่สามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดประเด็นที่ขัดแย้ง
ขั้นที่ 2 ท้าทายความเชื่อหลัก (Challenging Core Beliefs)		
เป็นขั้นสร้างคำถามที่ใช้สำหรับถกเถียงและโจมตีความเชื่อทั่วไป ความรู้ทั่วไป หรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน	(1) กำหนดคำถามที่เป็นข้อขัดแย้งของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไว้บนกระดาน (2) ใช้คำถามเพื่อโจมตีความเชื่อของนักเรียนหรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	(1) ทำงานเป็นกลุ่มโดยใช้กิจกรรมจิ๊กซอว์ (Jigsaw) เพื่อวิเคราะห์นโยบายที่เสนอแนะ 5 ประเด็นที่สนใจ (2) แสดงความรู้ความเข้าใจและความเชื่อของตนเอง

ตารางที่ 3 *บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler et al. (2011)*

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 3 การเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (Formal instruction)		
เป็นขั้นให้ความรู้และให้ข้อมูลเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการโต้แย้งและการเจรจา	(1) นำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับประเด็นโดยวิธีการสอนต่าง ๆ	(1) แสดงความสนใจ ตอบคำถามแยกย้ายไปที่ปฏิบัติการฐานต่าง ๆ ที่ครูได้ออกแบบและอธิบายผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง (2) แต่ละกลุ่มศึกษาเรียนรู้แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหรือมโนทัศน์ที่สำคัญเพิ่มเติม
ขั้นที่ 4 กิจกรรมกลุ่ม (Group Activity)		
เป็นขั้นการพัฒนาคำถามในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่เกี่ยวข้อง เพื่อตรวจสอบความรู้ และหลักฐานของแต่ละบุคคล มีการเจรจาต่อรองกลุ่มย่อยโดยใช้หลักฐาน และการนำเสนอความเข้าใจร่วมของกลุ่ม	(1) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจรายบุคคล (2) จัดกลุ่มตามคำตอบหรือความเชื่อ (3) สร้างบรรทัดฐานสำหรับการจารจาต่อรองเกี่ยวกับประเด็นระหว่างกลุ่ม (4) กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันคิดเกี่ยวกับประเด็น (5) ตรวจสอบความเข้าใจของกลุ่มย่อย โดยให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอ	(1) ให้ความสนใจในการตอบคำถามตามความเชื่อของตนเอง (2) เข้ากลุ่ม ร่วมกันคิด ร่วมกันอภิปราย และสืบสอบหาความรู้และหลักฐานเกี่ยวกับประเด็น (3) มีส่วนร่วมในการนำเสนอกลุ่ม

ตารางที่ 3 *บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler et al. (2011)*

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 5 การพัฒนาคำถามตามบริบท (Develop Contextual Questions)		
เป็นขั้นที่ใช้มโนทัศน์พื้นฐานของเนื้อหาวิชา เพื่อแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อน	(1) รวบรวมโมทัศน์คลาดเคลื่อนที่ทบทวนจากวรรณกรรม (2) ใช้คำถามเพื่อตรวจตรวจสอบความเข้าใจใหม่และแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน	(1) สืบสอบหาข้อมูลวิธีการแก้ปัญหาประเด็นที่ถกเถียง (2) ใช้วิธีการที่น่าเชื่อถือเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองและทดลอง เพื่อตรวจสอบและหาหลักฐานสนับสนุน (3) ใช้ความรู้ใหม่เพื่อตัดสินใจแก้ปัญหาประเด็นที่ถกเถียง
ขั้นที่ 6 การอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion)		
การสนทนาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และการให้ความสำคัญกับความรู้จำเพาะสำหรับการตัดสินใจอย่างไม่เป็นทางการ	(1) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปราย (2) แจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ครอบคลุมมโนทัศน์ทั้งหมดและประเด็นขัดแย้ง (3) นำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบ และตรวจสอบหลักฐาน	(1) ให้ความสนใจในการตอบคำคำถาม (2) ทำแบบบันทึกกิจกรรมให้เรียบร้อย (3) นำเสนอเหตุผลที่ตนเองตัดสินใจ และสะท้อนการใช้จริยธรรม
ขั้นที่ 7 ครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ (Teacher Reiteration of Content/Subject Matter)		
เป็นขั้นทบทวนเรียนรู้เนื้อหาที่สำคัญ วัตถุประสงค์และความเกี่ยวข้องของความรู้จำเพาะ การประยุกต์เนื้อหาความรู้ การเจรจาของประเด็นร่วมสมัย	(1) ทบบทวนบทเรียนและแนะนำการประยุกต์ในเนื้อหาวิชาอื่น	(1) แต่ละกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับ เพื่อสรุปมโนทัศน์ที่สำคัญ

ตารางที่ 3 *บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ปรับปรุงมาจาก Sadler et al. (2011)*

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 8 การวัดความรู้และการให้เหตุผล (Knowledge and Reasoning Assessments)		
เป็นขั้นการนำเสนอกลุ่มการสร้างโปสเตอร์ การโต้แย้งหรือกิจกรรมการโต้วาที เลือกเรื่องทำรายงาน ทำแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความรู้เนื้อหา	(1) มอบหมายงานเพื่อให้นักเรียนใช้แหล่งข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตทำเป็นชิ้นงาน (2) ให้ข้อเสนอแนะหลังนักเรียนนำเสนอ (3) วัดและประเมินผลนักเรียนโดยใช้ข้อสอบหรือชิ้นงาน	(1) แต่ละกลุ่มใช้แหล่งข้อมูลอินเตอร์เน็ตในการสร้างชิ้นงาน (2) นำเสนอชิ้นงาน (3) ทำแบบวัดที่ครอบคลุมการนำมโนทัศน์ ไปใช้กับประเด็นขัดแย้งใหม่

2. ความสามารถในการโต้แย้ง

2.1 ความหมายและองค์ประกอบของการโต้แย้ง

ความหมายของการโต้แย้งทั่วไปแตกต่างจากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ การโต้แย้งทั่วไปของคนส่วนใหญ่จะไม่อยู่บนหลักฐานที่เป็นรูปธรรมและมีความคิดเห็น ความเชื่อ และอารมณ์ร่วมด้วย โดยเป้าหมายของการโต้แย้ง เพื่อเอาชนะมุมมองของอีกฝ่ายหนึ่งมากกว่า ในขณะที่การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีการสร้างคำอธิบาย ตรวจสอบ สื่อสาร ถกเถียงกัน และการปรับเปลี่ยน โดยมีเป้าหมายสำหรับผู้เข้าร่วมทั้งหมดในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีการปรับแต่ง และสร้างฉันทามติสำหรับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้อยู่บนหลักฐาน เพื่อให้เข้าใกล้ความเป็นไปได้มากที่สุด ที่จะทำความเข้าใจความจริงของธรรมชาติของโลก (Beard, 2013) การโต้แย้งสามารถเป็นได้ทั้งกระบวนการ และผลผลิต นักการศึกษาแต่ละท่านให้ความหมายของการโต้แย้งดังนี้

Voss and Means (1991) ให้ความหมายว่า เป็นผลผลิต และการประเมินของการโต้แย้ง ซึ่งเป็นแก่นของการให้เหตุผลและการจัดการเรียนการสอน ในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล

Kuhn and Udell (2003) ให้ความหมายว่า เป็นกระบวนการตอบโต้กันของบุคคลสองคนหรือมากกว่าสองคนในการถกเถียงเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม ซึ่งแตกต่างจากการโต้แย้งที่เป็นผลผลิตคือ การนำเอาประโยชน์ของข้อกล่าวอ้าง ในกรอบที่มีหลักฐาน และการคัดค้าน (counterclaims) มาใช้

van Eemeren and Grootendorst (2004) ให้ความหมายว่า เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับสังคม การใช้คำพูดและหลักการ มีจุดประสงค์เพื่อโน้มน้าวอย่างมีเหตุผลให้การคัดค้านของกลุ่มตัดสินพิจารณายอมรับจุดยืน หรือปฏิเสธสิ่งที่แสดงออกไป

Foong and Daniel (2013) ให้ความหมายว่า เป็นการเข้าใจบริบทของความรู้ เพื่อให้เหตุผลในการตัดสินใจ

จากความหมายของการโต้แย้งข้างต้นสรุปได้ว่า การโต้แย้ง หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวกับสังคม การใช้คำพูด และหลักการ ที่มีกระบวนการใช้ข้อกล่าวอ้างของบุคคลสองคนหรือมากกว่าสองคน เพื่อโน้มน้าวให้พิจารณาตัดสินยอมรับหรือปฏิเสธจุดยืนฝ่ายคัดค้าน รูปแบบของการโต้แย้งที่นิยมใช้กันคือ Toulmin’s Argument Pattern (TAP) ปี 1958 ซึ่ง Toulmin (2003) ระบุองค์ประกอบไว้ดังนี้

(1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) ข้อยืนยันเกี่ยวกับการมีอยู่หรือมีค่าของสิ่งนั้นที่บุคคลยึดถือ

(2) ข้อมูล (data) ข้อความที่ใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

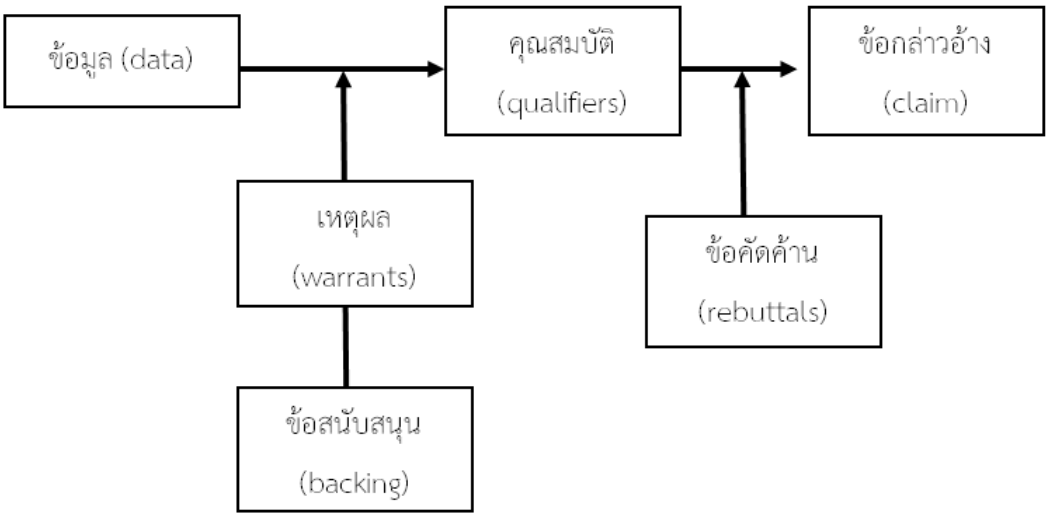
(3) เหตุผล (warrants) ข้อความที่อธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลและข้อกล่าวอ้าง

(4) คุณสมบัติ (qualifiers) ข้อกล่าวอ้างที่เป็นจริงภายใต้เงื่อนไขที่จำเพาะ

(5) ข้อสนับสนุน (backing) ข้อความที่ช่วยสมมติฐานที่ไม่มีความชัดเจน

(6) ข้อคัดค้าน (rebuttals) ข้อความโต้แย้งที่ขัดต่อข้อมูลอื่น ๆ เหตุผล คุณสมบัติ หรือข้อสนับสนุน

Toulmin (2003) กล่าวเพิ่มเติมว่า องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการให้เหตุผลจากข้อมูลมีองค์ประกอบหลักได้แก่ ข้อมูล (data) ข้อกล่าวอ้าง (claim) เหตุผล (warrants) และข้อสนับสนุน และเมื่อลักษณะขอการโต้แย้งที่ซับซ้อนมากขึ้นจะมีองค์ประกอบเพิ่ม ได้แก่ คุณสมบัติ (qualifiers) และข้อคัดค้าน (rebuttals)



ภาพที่ 3 รูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin's Argument Pattern (TAP)

ที่มา : ปรับปรุงมาจาก Toulmin (2003)

จากภาพที่ 3 แสดงรูปแบบการโต้แย้งคือ ถ้าสมมติให้นาย ก มีข้อมูล (data) และพยายามหาข้อกล่าวอ้าง (claim) โดยใช้ทั้งเหตุผล (warrants) และข้อสนับสนุน (backing) แต่นาย ข มีความเห็นไม่ตรงกับ ก จึงพยายามหาข้อคัดค้าน (rebuttals) เพื่อล้มล้างข้อกล่าวอ้างของ ก การที่นาย ข พยายามหาข้อคัดค้าน (rebuttals) ข้อกล่าวอ้าง (claim) ของนาย ก ทำให้นาย ก สร้างจุดยืนและเกิดคุณสมบัติ (qualifiers)

ความหมายของความสามารถในการโต้แย้งของงานวิจัยนี้ คือ การแสดงออกที่มีกระบวนการใช้ข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของเหตุผลของบุคคลสองคนหรือมากกว่าสองคน เพื่อใช้โน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามพิจารณาตัดสินยอมรับหรือปฏิเสธจุดยืนฝ่ายคัดค้าน ในกรอบที่มีหลักฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 พฤติกรรมย่อยดังนี้ (1) สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้ (2) สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้ (3) สามารถสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งได้ (4) สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ ซึ่งผู้วิจัยนำพฤติกรรมบ่งชี้ดังกล่าวมาจาก Lin and Mintzes (2010) เนื่องจากครอบคลุมการวัดความสามารถในการโต้แย้ง

2.2 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้ง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางในการวัดความสามารถในการโต้แย้ง นักการศึกษาเสนอแนวในการวัดดังต่อไปนี้

Simonneaux (2001) ใช้แบบสอบถามก่อนเรียนและหลังเรียน วัดความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนผ่านการแสดงบทบาทสมมติและการโต้วาทีในประเด็นเกี่ยวกับการตัดต่อพันธุกรรมของสัตว์ ในระหว่างการวัดมีการบันทึกภาพและเสียงตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างของการโต้แย้งของนักเรียน

Maloney and Simon (2006) วัดความสามารถในการโต้แย้งการสังเกตกลุ่มย่อยและเดี่ยว โดยใช้ผังการอภิปราย (discussion map) ซึ่งในขณะอภิปราย จะมีการสังเกตโดยการบันทึกภาพและเสียงของนักเรียนไว้ รวมถึงการสนทนาภายในกลุ่มของนักเรียนด้วย พฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ที่นักเรียนแสดงออกในขณะอภิปราย Maloney and Simon (2006) ใช้พฤติกรรมบ่งชี้ของ Mitchell (2001) ซึ่งเป็นพฤติกรรมบ่งชี้สำหรับความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนอายุระหว่าง 10–11 ปี

McNeill (2009) วัดการเขียนการโต้แย้ง จากองค์ประกอบได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนที่วัดทั้งเนื้อหาและความเหมาะสมของการโต้แย้งทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่ระดับ 0 ถึง 3

Lin and Mintzes (2010) ได้ออกแบบกรอบของเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งโดยใช้กรอบของนักการศึกษาหลายท่าน (Mason & Scirica, 2006; Sadler & Donnelly, 2006; Walker & Zeidler, 2007; Wu & Tsai, 2007) เนื่องจากศึกษาปัญหาของ TAP checklist แล้วมีผู้เสนอว่า อาจไม่สามารถวัดความสามารถในการโต้แย้งได้ครบทุกองค์ประกอบ Lin and Mintzes (2010) วัดความสามารถในการโต้แย้งโดยใช้แบบสอบถามปลายเปิดและการสัมภาษณ์รายบุคคล (individual follow-up interviews) ดังตารางที่ 4

Chen and She (2012) ใช้เครื่องมือวัดความสามารถในการโต้แย้ง 2 แบบได้แก่ Physical Science Dependent Argumentation Test (PSDAT) ซึ่งเป็นข้อสอบวินิจฉัยตัวเลือก 2 ตอน แต่ละหน่วยการเรียนจะมีคำถาม 5 ข้อ แต่ละคำถามจะประกอบด้วยข้อสอบ 2 ตอน และกรอบในการวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วัด 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล ข้อสนับสนุน และข้อคัดค้าน และแต่ละองค์ประกอบวัด 2 ระดับ

Foong and Daniel (2013) ใช้เครื่องมือในการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนอภิปรายสถานการณ์เกี่ยวกับอาหารที่ดัดแปลงพันธุกรรม โดยใช้คำถามว่า คุณจะรับประทานอาหารที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรมหรือไม่ ให้หาข้อโต้แย้งที่สนับสนุนการตัดสินใจของนักเรียน ใช้เวลาอภิปรายกลุ่ม 15 นาที หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งของ

ตนเอง ใช้เวลา 30 นาที โดยมีเกณฑ์ในการวัดความสามารถในการโต้แย้งรวมถึงแบ่งรูปแบบการโต้แย้งก่อนและหลังเรียนเพื่อดูพัฒนาการของความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน

ตารางที่ 4 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ที่ใช้วัดความสามารถในการโต้แย้ง ของ Lin and Mintzes (2010)*

คำถาม	**กลุ่มของคำตอบ**	**ตัวอย่างคำตอบ**	**เกณฑ์การให้คะแนน**
1) การให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (Claims and Warrants)	ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือฉันไม่เข้าใจ	0
	ข้อกล่าวอ้างสามารถรับได้ แต่ไม่มีเหตุผล	ฉันเห็นด้วย	1 สำหรับข้อกล่าวอ้าง
	ข้อกล่าวอ้างสามารถรับได้ และมีเหตุผลประกอบหนึ่งเหตุผล	ฉันเห็นด้วยกับการที่อุทยานแห่งชาติสามารถปกป้องสัตว์จากการถูกล่าโดยมนุษย์ได้	1+1 1 คะแนนสำหรับข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนนสำหรับเหตุผล
	ข้อกล่าวอ้างสามารถยอมรับได้และมีเหตุผลรองรับตั้งแต่ 1 เหตุผลเป็นต้นไป	ฉันเห็นด้วยกับการที่อุทยานแห่งชาติสามารถปกป้องสัตว์จากการถูกล่าโดยมนุษย์ได้ และถ้ามีนักท่องเที่ยวเข้าชมเศรษฐกิจท้องถิ่นจะมีการพัฒนา	2+1 1 คะแนนสำหรับข้อกล่าวอ้าง 1 คะแนนสำหรับเหตุผลแต่ละข้อ
2) การสร้างข้อคัดค้าน (Counterarguments) โดยเปรียบเทียบกับคำถามข้อ 1	ไม่มีคำตอบหรือไม่มีสเหตุผลที่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือฉันคิดสิ่งนี้ผิด	0
	มีหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งเหตุผล	สิทธิของชนพื้นเมืองจะได้รับอิทธิพลจากการออกกฎหมายนี้ ทำให้ไม่สามารถล่าสัตว์ได้อีก	1+ คะแนนสำหรับเหตุผลแต่ละข้อ

ตารางที่ 4 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ที่ใช้วัดความสามารถในการโต้แย้ง ของ Lin and Mintzes (2010)*

คำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
3) การสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง (Supportive Arguments)	ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือไม่ได้สร้างข้อโต้แย้งสนับสนุน	0
	ขยายความและมีเหตุผลที่ถูกต้อง (เปรียบเทียบกับคำถามข้อที่ 1)	อุทยานแห่งชาติสามารถปกป้องสัตว์ได้ โดยเฉพาะที่กำลังใกล้สูญพันธุ์	1+ คะแนนสำหรับการขยายความแต่ละข้อ
	มีการอธิบายเสริมและมีเหตุผลที่ถูกต้อง (เปรียบเทียบกับคำถามข้อที่ 1)	ถ้าอุทยานแห่งชาติสามารถจ้างคนพื้นเมืองมาทำงาน จะทำให้คนพื้นเมืองพัฒนาความเป็นอยู่ด้วย	1+ คะแนนสำหรับการอธิบายเสริมแต่ละข้อ
	ข้อคัดค้านไปและการโต้แย้ง (เปรียบเทียบกับคำถามข้อที่ 2)	เราสามารถ สร้างกฎหมายเพื่อป้องกันสิทธิของชนพื้นเมือง	2+ คะแนนสำหรับข้อคัดค้านแต่ละข้อ
4) การสร้างหลักฐาน (Evidence)	ไม่มีหลักฐานหรืออธิบายเสริม	ว่างเปล่าหรือเขียนว่าการปกป้องสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์เป็นสิ่งที่ถูก	0
	มีหลักฐานที่ถูกต้อง	จากรายงานของอุทยานแห่งชาติ จำนวนของกวางป่าฟอร์โมสันเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ตั้งแต่ปี 2000	1+ คะแนนสำหรับข้อหลักฐานแต่ละข้อ

Sampson and Schleigh (2016) ได้เสนอเกณฑ์ในการประเมินการโต้แย้งไว้ 3 เกณฑ์ คือ (1) เชิงประจักษ์เป็นเกณฑ์ ข้อกล่าวอ้างต้องมีหลักฐานที่เป็นไปได้ จำนวนของหลักฐานต้องเพียงพอ หลักฐานต้องมีความเกี่ยวข้อง วิธีการที่ใช้เก็บข้อมูลเหมาะสม (2) ทฤษฎีเป็นเกณฑ์ ข้อกล่าวอ้างต้องเพียงพอ ข้อกล่าวอ้างสามารถใช้ประโยชน์ในบางอย่างได้ ข้อกล่าวอ้างมีความสอดคล้องมีทฤษฎีและกฎเป็นที่ยอมรับ (3) เกณฑ์การวิเคราะห์ ความเหมาะสมของวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายมีความสอดคล้อง

จากแนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้งข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการโต้แย้งสามารถวัดได้จากแบบสอบถามก่อนและหลังเรียน แบบประเมินการโต้แย้ง และการสัมภาษณ์ ซึ่งการวัดองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้ง ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (claim) (2) เหตุผล (warrants) (3) ข้อคัดค้าน (rebuttals) (4) ข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง (backing) และ (5) หลักฐาน (evidence) ขึ้นกับผู้วิจัยว่า มีความสนใจวัดองค์ประกอบใดบ้าง

3. มโนทัศน์ชีววิทยา

มโนทัศน์ชีววิทยาที่ศึกษาคือ มโนทัศน์เรื่องระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ โดยได้ศึกษาประเด็นดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ความหมายมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific concept or concepts of science) หรือความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Klopfer (1971) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจาการศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์พบว่ามโนทัศน์นั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ มโนทัศน์จึงมีความหมายรวมไปถึงไปความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างจำกัด และความคิดที่กว้างขวางขึ้นไปด้วย แต่ไม่ครอบคลุมถึงความคิดรวมยอดที่ลึกซึ้งถึงขั้นทฤษฎี (conceptual scheme)

Jacobson (1990) ให้ความหมายว่า ความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาจนเกิดมโนทัศน์ผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย จากการสำรวจตรวจสอบปฏิบัติการทดลอง และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับประสบการณ์ใหม่ เพื่อให้เข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้น

Johstone (1993) ให้ความหมายว่า หลายอย่างที่เกี่ยวข้องคล้ายคลึงกับธรรมชาติ หลายอย่างไม่สามารถสังเกตได้

ผดุงยศ ดวงมาลา (2523) ให้ความหมายว่า เกิดจากการนำเอาข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันให้ดีจนเป็นรูปแบบใหม่ มโนทัศน์ของสิ่งใด ก็คือ ความคิดหลักของสิ่งนั้น ๆ หรือเป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น มโนทัศน์จะเกิดขึ้นสมบูรณ์เมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมต่อสิ่งนั้น ๆ มโนทัศน์อาจไม่ได้เกิดจากการประกอบกันของข้อเท็จจริง แต่อาจเกิดจากจินตนาการหรือมโนภาพของนักวิทยาศาสตร์ก็ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรมที่เชื่อมโยงต่อเนื่องกัน มโนทัศน์หนึ่ง ๆ อาจเกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสากล

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่มีทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรม เป็นผลมาจากการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์ อาจเกิดจากการนำเอามโนทัศน์หลายๆ มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม

3.2 มโนทัศน์ทางชีววิทยา

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และการประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์อาจกล่าวได้ว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยา คือ ความคิดหลักที่มีทั้งระดับรูปธรรมและนามธรรมเกี่ยวกับชีววิทยา เป็นผลมาจากการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์ เกิดจากการนำเอาหลาย ๆ มโนทัศน์ มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผลและเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม โดยผู้วิจัยมโนทัศน์ชีววิทยาที่ศึกษาคือ มโนทัศน์เรื่องระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์

ตารางที่ 5 *มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012)*

มโนทัศน์พื้นฐาน (fundamental concept)	**มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconceptions)**
(1) มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์	
(1.1) เชื้อโรคเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้ก่อโรค เช่น แบคทีเรีย ฟังไจ และโปรติสต์ ไม่ใช่จุลินทรีย์ทุกชนิดที่เป็นเชื้อโรค	(1.1) จุลินทรีย์ (Micro-organisms) เป็นเชื้อโรค (germ)
	(1.2) ไวรัสเป็นจุลินทรีย์

ตารางที่ 5 *มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012)*

มโนทัศน์พื้นฐาน (fundamental concept)	**มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconceptions)**
(1.2) ไวรัสไม่จัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิต (organisms) เนื่องจากไม่สามารถสืบพันธุ์ด้วยตัวของมันเองได้ (ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นเพื่อเป็นโฮสต์ในการสืบพันธุ์) (1.3) ไม่ใช้แบคทีเรียทุกชนิดที่ไม่ดี แบคทีเรียหลายชนิดที่มีประโยชน์ ได้แก่ เป็นผู้ย่อยสลาย สร้างวิตามินให้กับร่างกายของเรา นำธาตุอาหารต่าง ๆ กับเข้ามาสู่สิ่งแวดล้อมใหม่อีกครั้ง (1.4) ร่างกายของมนุษย์เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ หลายชนิด (1.5) จุลินทรีย์เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคต่าง ๆ และการเน่าเปื่อย	(1.3) แบคทีเรียทุกชนิดไม่ดี (1.4) จุลินทรีย์สามารถอยู่ได้ทุกที่ ยกเว้นในร่างกายหรือบนร่างกายของมนุษย์ (1.5) โรคต่าง ๆ การเน่าเปื่อย และจุลินทรีย์ไม่เกี่ยวข้องกัน
(2) มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2.1) สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ (2.2) สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการนำอาหารเข้าแบบฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) และพิโนไซโทซิส (pinocytosis)	(2.1) สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์ (2.2) พารามีเซียมกับพลานาเลียมีการย่อยอาหารเหมือนกัน
(3) มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของสัตว์ (3.1) วัวมี 1 กระเพาะอาหาร แต่แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ผ้าขี้ริ้ว (rumen) กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) กระเพาะสามสิบกลีบ (omasum) และกระเพาะจริง (abomasum)	(3.1) วัวมี 4 กระเพาะอาหารแท้จริง
(4) มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของคน	

ตารางที่ 5 *มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012)*

มโนทัศน์พื้นฐาน (fundamental concept)	**มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconceptions)**
(4.1) การย่อยอาหารเริ่มขึ้นที่ปาก โดยมีต่อมน้ำลายสร้างอะไมเลส (amylase) ในการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต	(4.1) การย่อยอาหารเริ่มเกิดขึ้นที่กระเพาะอาหาร
(4.2) การย่อยอาหารสิ้นสุดที่ลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน มีเพียงโปรตีนเท่านั้นที่ย่อยในกระเพาะอาหาร ส่วนลำไส้ใหญ่ดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเข้าไปในกระแสเลือด	(4.2) การย่อยอาหารสิ้นสุดที่กระเพาะอาหารหรือลำไส้ใหญ่
(4.3) การย่อยอาหารเป็นเพียงกระบวนการทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก ซึ่งกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์เป็นกระบวนการปลดปล่อยพลังงานจากอาหาร	(4.3) การย่อยอาหารเป็นกระบวนการปลดปล่อยพลังงานออกมา
(4.4) การย่อยอาหารเริ่มย่อยที่ปากก่อนที่จะเข้าสู่หลอดอาหาร (esophagus) ซึ่งบริเวณนี้ไม่มีการย่อยอาหาร หลังจากนั้นอาหารจึงเคลื่อนที่เข้าสู่กระเพาะอาหารเพื่อย่อยโปรตีน และเคลื่อนที่ไปที่ลำไส้เล็ก เพื่อย่อยไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน อาหารที่ถูกย่อยแล้วจะมีการดูดซึมที่ผนังของลำไส้เล็กและเข้าสู่กระแสเลือด มีไขมันที่ผ่านน้ำเหลือง ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยจะเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ซึ่งมีการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเข้าสู่ร่างกาย อาหารที่ไม่ถูกย่อยบางส่วนจะถูกเก็บอยู่ใน rectum ชั่วคราว และจะถูกขับออกไปทางทวารหนัก)	(4.4) สับสนลำดับของการเคลื่อนที่ของอาหารและกระบวนการย่อยอาหาร
(4.5) หลอดอาหารเป็นอวัยวะ ซึ่งสร้างมาจากเนื้อเยื่อหลายประเภทเพื่อทำหน้าที่เฉพาะ	(4.5) หลอดอาหารไม่ใช่อวัยวะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 *มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012)*

มโนทัศน์พื้นฐาน (fundamental concept)	**มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconceptions)**
(4.6) หลอดอาหาร (esophagus) และหลอดลม (trachea) เป็นคนละหลอดกัน หลอดอาหารเชื่อมปากไปจนถึงกระเพาะอาหาร หลอดลมเชื่อมจากปากไปที่ปอด ในขณะที่มีการกินอาหารจะมี epiglottis ปิดหลอดลมเพื่อให้สามารถกลืนอาหารเข้าไปที่หลอดอาหาร	(4.6) หลอดอาหาร (esophagus) และหลอดลม (trachea) เป็นหลอดเดียวกันและแยกจากกันไปเป็นกระเพาะอาหารและปอด
(5) มโนทัศน์เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน	
(5.1) ทั้งสองกระบวนการมีปฏิกิริยาต่างกัน สมการรวมของการสลายสารอาหารระดับเซลล์คือ $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ สมการของการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่ได้เป็นส่วนกลับของการหายใจระดับเซลล์ (photosynthesis is not “ backwards cellular respiration”) พลังงานที่ได้ทั้งสองมีกระบวนการความเกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ ซึ่งรวมไปถึงกระบวนการทางเคมี (chemical processes)	(5.1) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์เป็นกระบวนการปฏิกิริยาย้อนกลับ (Reverse reaction) ของกันและกัน อาจเป็นเพราะว่าสมการรวมที่ปรากฏเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ
(5.2) คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกกำจัดออกทั้งสองปฏิกิริยา	
(5.3) ในบริบทของการหายใจระดับเซลล์ เป็นคำที่เกี่ยวข้องกับการสลายน้ำตาลกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย	(5.3) นักเรียนมักสับสนคำว่า “หายใจ” กับบริบทของระบบหายใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนก๊าซในปอด
(5.4) เป้าหมายหลักของการเกิดการสลายสารอาหารระดับเซลล์คือการเก็บพลังจากที่มาจากกลูโคสและพลังงานอื่น ๆ ซึ่งมีโมเลกุลของ	(5.4) น้ำตาลกลูโคสเป็นผลิตภัณฑ์ของการหายใจระดับเซลล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 *มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Bledsoe, 2011; Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994; Radunz, 2012)*

มโนทัศน์พื้นฐาน (fundamental concept)	**มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconceptions)**
คาร์บอนเพื่อสร้างพลังงาน ATP ซึ่งมีพลังงานบางอย่างที่สูญเสียในรูปความร้อน	
(5.5) การหายใจระดับเซลล์ต้องนำออกซิเจนเข้าไปและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา	(5.5) นักเรียนมักสับสนก๊าซตัวไหนที่ใช้และปล่อยออกมาในกระบวนการหายใจระดับเซลล์และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
(5.6) ATP เป็นสารพลังงานสูงที่ไม่เสถียร และปริมาณของ ATP ในเซลล์เปลี่ยนแปลงมาจาก ADP ไปเป็น ATP และกลับมาเป็นเหมือนเดิมในไม่กี่นาที	(5.6) ATP เป็นพลังงานที่เสถียรและเก็บไว้ในรูปของโมเลกุล

3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา นักการศึกษาเลือกใช้วิธีการวัดมโนทัศน์ชีววิทยาดังนี้

(1) ผังมโนทัศน์ (concept mapping) Andrews, Tressler, and Mintzes (2008) ใช้ผังมโนทัศน์ในการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์สิ่งแวดล้อม Slotte and Lonka (1999) ใช้ผังมโนทัศน์ในการประเมินความรู้เชิงเนื้อหา และ Bramwell-Lalor and Rainford (2014) ใช้ผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาระดับของพุทธิพิสัยของนักเรียนในวิชาชีววิทยาให้มีระดับที่สูงขึ้นเป็นต้น

(2) ข้อสอบอัตนัย (subjective item) ตัวอย่างเช่น Nadelson and Southerland (2009) ออกแบบข้อสอบอัตนัยปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนอธิบายนิยามของการเกิดสปีชีส์เดียวและสองสปีชีส์ Venville and Dawson (2010) ให้นักเรียนเขียนนิยามคำศัพท์ในแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องพันธุศาสตร์นอกจากนี้ นักการศึกษาหลายท่าน สนับสนุนวิธีการวัดมโนทัศน์โดยให้เขียนระบุนิยามหรือแปลความหมายคำศัพท์ (Jacobson, Eggen, Kauchak, & Dulaney, 1985; Nitko & Brookhart, 2007)

(3) ข้อสอบแบบปรนัย (multiple choice tests) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

(3.1) ปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ให้ เพื่อนำไปสู่ข้อคำถาม โดยมีตัวเลือก 4 ตัวเลือก เช่น แบบวัดมโนทัศน์เรื่องการคัดเลือก

โดยธรรมชาติของ Anderson, Fisher, and Norman (2002) แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียนเรื่องพันธุศาสตร์ ในการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม Venville and Dawson (2010) และแบบทดสอบเรื่องวิวัฒนาการของ Nadelson and Southerland (2009) เป็นต้น

(3.2) ปรนัย 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเชื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 เลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 เช่น Tsui and Treagust (2010) ใช้วัดมโนทัศน์เรื่องพันธุศาสตร์และวัดการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเหมือนกัน และกล่าวว่าการใช้แบบสอบคำถาม 2 ตอน เป็นเครื่องมีที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความเข้าใจหรือความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์และแนวคิดวิทยาศาสตร์ Lin (2004) สร้างแบบทดสอบ 2 ตอนเพื่อวัดความเข้าใจเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชดอก และ Odom and Barrow (2007) ใช้เพื่อวัดความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องการแพร่และการออสโมซิส เป็นต้น

(4) การสัมภาษณ์ (Interviews) เพื่อประเมินความเข้าใจมโนทัศน์รวมทั้งปัญหาที่เกิดจากการเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น da Silva, de Andrade, and de Andrade Caldeira (2015) สัมภาษณ์ครูที่สอนชีววิทยาในโรงเรียนของรัฐบาล โดยใช้คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ เรื่องความหลากหลายและวิวัฒนาการของชีวิต เป็นต้น

การวัดว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ หรือไม่ เป็นสิ่งที่วัดและสังเกตได้ยาก ครูจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องวัดมโนทัศน์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการสอนของครู (Taber, 1999; Treagust & Chandrasegaran, 2007) ซึ่งวิธีการวัดมโนทัศน์ที่ดีอีกวิธีหนึ่ง คือ การสัมภาษณ์ (Chang, Yeh, & Barufaldi, 2010; Taber, 1999) ส่วนการใช้ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบเป็นที่นิยม เนื่องจากใช้ระยะเวลาน้อยกว่าในการสร้าง และสามารถใช้ได้ในห้องเรียนทั่วไปกับครูท่านอื่น สามารถทดสอบกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ แต่อย่างไรก็ตาม ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบบางครั้งไม่สามารถวัดความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนได้ (Griffard & Wandersee, 2001) การใช้ข้อสอบปรนัย 2 ตอน (Treagust & Chandrasegaran, 2007) ทำให้สามารถประเมินว่า จะปรับปรุงหรือพัฒนามโนทัศน์ใดของนักเรียน รวมถึงตรวจสอบการเดาคำตอบของนักเรียนได้จากการเลือกตอบของทั้ง 2 ตอน ที่ไม่ตรงกัน ดังนั้น ข้อสอบปรนัย 2 ตอนจึงมีความเหมาะสมในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์รายบุคคล (Lin, 2004; Odom & Barrow, 2007; Tsui & Treagust, 2010)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมนอกจากจะทำให้นักเรียนได้รับความรู้เชิงเนื้อหาแล้ว ยังทำให้เกิดผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Zeidler et al., 2005) แต่งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งหัวข้อการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ (4.1) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้ง (4.2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และ (4.3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้ง

อัญชลี กล้าขยัน (2557) ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นต่อความสามารถในการโต้แย้งและผลการเรียนชีววิทยากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 60 คน จาก 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้แก่ (1) แผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 3 เรื่อง ได้แก่ การโคลนนิ่ง การผลิตพืชจีเอ็มโอ และผลกระทบจากการใช้ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น อย่างละ 3 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์ (2) แบบประเมินความสามารถในการโต้แย้ง 4 ชุด ๆ ละ 4 ข้อ (3) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ 4 ด้าน คือ ด้านพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านนิรนัย ด้านอุปนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น จำนวน 40 ข้อ จากการศึกษาพบว่าความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากการสอบครั้งที่ 1-4 จากก่อนเรียน และนักเรียนมีผลการเรียนชีววิทยาสูงมีความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์โดยรวมและรายด้านทั้ง 4 ด้าน มากกว่านักเรียนที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่ำ

Acar, Turkmen, and Roychoudhury (2010) ศึกษาเกี่ยวกับการโต้แย้งในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการตัดสินใจ ซึ่งเป็นปัญหาที่น่าเป็นห่วงในการศึกษาวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า การสอนการโต้แย้งจะช่วยให้ผู้เรียนมีกรอบการตัดสินใจที่เน้นคุณค่า (value-focused decision making) เกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และส่งผลให้การตัดสินใจมีประสิทธิภาพมากขึ้นในผู้ใหญ่ และการประเมินการตัดสินใจในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจำเป็นต้องประเมินพฤติกรรมทั่วไป (common heuristics) ร่วมด้วย

Heng, Surif, and Seng (2015) ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาเลเซีย เพื่อสำรวจว่า การโต้แย้งแบบกลุ่มและเดี่ยว แบบใดดีกว่ากัน โดยศึกษากับนักเรียน 120 คน ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการโต้แย้งวิทยาศาสตร์แบบเดี่ยวหรือ

แบบกลุ่ม และสัมภาษณ์นักเรียนทั้งสองกลุ่มเกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และไม่ใช้วิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนตอบคำถาม จากการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และใช้มโนทัศน์ร่วมด้วยได้น้อย และการโต้แย้งที่สร้างขึ้นส่วนใหญ่เป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อน และพบว่า การโต้แย้งเป็นกลุ่มมีแนวโน้มที่จะสร้างข้อโต้แย้งที่ซับซ้อนมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการโต้แย้งแบบเดี่ยวและการโต้แย้งแบบกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์และแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ระดับมหภาค (macro concepts) และระดับอนุพันธ์ (submicro concepts) ดังนั้น การที่ครูวิทยาศาสตร์เน้นให้นักเรียนสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงเพิ่มความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และความรู้เชิงเนื้อหาได้อีกด้วย

Jönsson (2016) ศึกษาอิทธิพลของความรู้เชิงเนื้อหากับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับสังคมในการประเมินระดับชาติของประเทศสวีเดนในวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ พบว่า การประเมินการโต้แย้งด้านวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินหลักในการประเมินระดับชาติในช่วง 3 ปีต่อเนื่องกัน และพบว่า งานที่เกี่ยวกับการโต้แย้งและงานที่เกี่ยวกับความรู้เชิงเนื้อหามีความสัมพันธ์กัน แม้ว่ามีหัวเรื่องของเกณฑ์ในการประเมินแตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความรู้เชิงเนื้อหาและความสามารถในการปฏิบัติงานที่มีต่องานที่มีการโต้แย้ง จากการวิเคราะห์นี้นำไปสู่งานวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับการศึกษาปัญหาในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้ง

McNeill, Katsh-Singer, González-Howard, and Loper (2016) สำรวจโรงเรียนที่สอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 42 โรงเรียน ทำการสัมภาษณ์และติดตามผลครูวิทยาศาสตร์จำนวน 25 โรงเรียน เพื่อศึกษาปัจจัยที่ครูเชื่อว่ามีอิทธิพลต่อการสอนการโต้แย้ง โดยครูให้คำตอบว่า สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการสอนการโต้แย้งมากที่สุดคือ เป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ของตัวครูเอง ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลน้อยได้แก่ บริบท นโยบาย และการประเมิน เหตุผลที่นโยบายและการประเมินมีอิทธิพลด้วยเนื่องครูเห็นว่านโยบายและการประเมิน ขาดการจัดการร่วมกับเป้าหมายในการสอนการโต้แย้ง นอกจากนี้ ครูยังชี้ให้เห็นว่า การสอนการโต้แย้งเป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียนรู้ที่ไม่ต้องคำนึงถึงความรู้และความสามารถเดิมของนักเรียน ครูกล่าวถึงการสอนการโต้แย้งวิธีต่าง ๆ หลายวิธี ดังนั้น การช่วยเหลือให้ครูมีความเข้าใจการโต้แย้งจึงสำคัญอย่างยิ่งกว่าการจัดหาวิธีการสอนโต้แย้งและการสอนการโต้แย้งในห้องเรียนของตนเอง ช่วยสนับสนุนให้ครูมีความเชื่อมั่นในการสอนการโต้แย้งในหลักสูตรมากขึ้น

Simonneaux (2001) เปรียบเทียบผลการใช้บทบาทสมมติ (role-play) และการอภิปรายรูปแบบเดิม (conventional discussion) ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งในประเด็นการปรับปรุงพันธุกรรมสัตว์ พบว่า นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์สมมติซึ่งนักเรียนจะต้องตัดสินใจอนุมัติ

หรือไม่อนุมัติการจัดตั้งฟาร์มแซลมอนที่มีการตัดต่อยีนให้มีขนาดใหญ่ในหมู่บ้านแถบชายทะเล นักเรียนทั้งสองกลุ่มได้รับหัวข้อในการอภิปรายเหมือนกัน สิ่งที่แตกต่างกันคือ สถานการณ์ที่อภิปราย ซึ่งมีการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินความคิดเห็นของนักเรียน การแสดงบทบาทสมมติและการอภิปรายมีการบันทึกภาพและเสียงไว้แล้วนำไปถอดเป็นข้อความทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า การใช้บทบาทสมมติและการอภิปรายสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งได้ แม้ว่าการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนบางครั้งจะขาดความเข้าในในมโนทัศน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ศึกษาการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่คะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต่ำกว่าร้อยละ 70 แต่คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องการรักษาดุลยภาพของร่างกายและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ด้วยวิธีการสอนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

Andrews et al. (2008) ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจสิ่งแวดล้อมโดยประยุกต์ใช้ผังมโนทัศน์ในการเก็บข้อมูลจากนักเรียนระดับมัธยมศึกษาอายุระหว่าง 11-14 ปี จำนวน 325 คน พบว่า การสร้างผังมโนทัศน์ทำให้เกิดมโนทัศน์ ความสัมพันธ์ ระดับของลำดับขั้น กิ่งก้านและการเชื่อมโยง และประเภทของมโนทัศน์ที่สำคัญมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ผังมโนทัศน์เป็นทางเลือกที่ส่งเสริมการใช้ดินสอและกระดาษ และทำให้คุณภาพของความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้นด้วย

Çalık, Ayas, and Ebenezer (2009) ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และการอธิบายในวิชาเคมี เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนจำนวน 44 คน โดยใช้ คำถาม 2 ตอน (two-tier questions) เพื่อให้กลมกลืนกับการสอนคอนสตรักติวิสต์และให้นักเรียนแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ ตอนที่ 1 เป็นคำถามเลือกตอบเพื่อเน้นให้นักเรียนจดจำมโนทัศน์ที่เคยเรียนได้ ส่วนตอนที่ 2

เป็นคำถามปลายเปิด พบว่า การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการสอนโดยใช้การสอนสี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ (four-step constructivist teaching (4E) สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเปลี่ยนมโนทัศน์แม้ว่าจะไม่สามารถเปลี่ยนได้อย่างสมบูรณ์ก็ตาม

Maynard Wang, Wu, and Iris Huang (2007) ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะส่วนบุคคล และที่ตั้งของโรงเรียนในไต้หวันทั้งหมด 10 ตำบล กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 4,537 คน โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ชีววิทยาเพื่อศึกษาว่า มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างไร จากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่อาศัยอยู่เขตเมืองมีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาชัดเจนกว่านักเรียนที่อาศัยในภาคตะวันออกและตำบลอื่น ๆ ของไต้หวัน นักเรียนที่อยู่เกรด 9 ทำคะแนนได้ดีกว่าเกรด 8 และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศของนักเรียน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาสูงทุกคนมีการรับรู้ความสามารถของตนเอง มีแรงจูงใจ และมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ชีววิทยาเชิงบวก และเป็นกลุ่มที่ดูรายกายโทรทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

Pugh et al. (2014) ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการถ่ายโอนมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่องการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ของนักเรียนชั้นมัธยมปลาย เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการถ่ายโอนความรู้และความเข้าใจมโนทัศน์ คือ คำถามปลายเปิด มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในสหรัฐอเมริกาจำนวน 138 คน โดยนำคำตอบที่นักเรียนตอบมาแจกแจงเป็นรูปแบบของระดับความตื้น (surface-level transfer) และระดับความลึกของการถ่ายโอนความรู้ (deep-level transfer) ซึ่งพบว่าการถ่ายโอนความรู้ในระดับลึกพบได้ยาก และการถ่ายโอนความรู้ระดับความลึกและความเข้าใจมโนทัศน์มีส่วนที่เกี่ยวข้องกันเล็กน้อยแต่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การถ่ายโอนความรู้ระดับตื้นและความเข้าใจมโนทัศน์ไม่เกี่ยวข้องกัน จากผลการศึกษาจึงเสนอแนะให้ครูมุ่งส่งเสริมการถ่ายโอนมโนทัศน์การคัดเลือกโดยธรรมชาติและใช้กลยุทธ์ในการสอนที่มีความจำเพาะเพิ่มเติมจากการสอนเพื่อให้เข้าใจมโนทัศน์

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

ศศินันท์ วงศ์อนันต์ (2557) เปรียบเทียบการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมกับการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ใช้มี 3 เรื่อง ได้แก่ การสร้างเขื่อน (ป้องกันน้ำท่วมหรือเบียดเบียนธรรมชาติ) พืช GMO (พืชทางเลือกหรือทางร้าย) และการขุดเจาะน้ำมันปิโตรเลียม (สังคมได้หรือเสียประโยชน์) โดยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น อย่างละ 3 แผน แผนละ 3

ชั่วโมงต่อสัปดาห์ มีการใช้แบบสอบถามอย่างละ 4 ชุด ชุดละ 4 ข้อตามรูปแบบของ Lin and Mintzes (2010) พบว่า ความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากการสอบครั้งที่ 1-4 จากก่อนเรียน ($p<.001$) และเสนอแนะว่า การเรียนโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิพากษ์วิจารณ์นักเรียนได้อย่างเหมาะสม ควรสนับสนุนและส่งเสริมให้ครูวิทยาศาสตร์ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

อัญทิวา กุลรัตน์วงศกร (2556) ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์ โดยสอน 3 เรื่อง คือ การทำแท้ง การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ การโคลน ใช้วิธีการทดลองเป็น Pretest-Posttest Design with Control Group ใช้เวลาแผนละ 3 ชั่วโมงในการสอน จำนวน 3 สัปดาห์ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Dependent T-test และ F-test (two-way MANCOVA) พบว่า ระดับการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนหลังการสอนตามประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เมื่อเปรียบเทียบกับห้องเรียนปกติ มีการคิดเชิงเหตุผลเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้ง นักเรียนที่มีระดับการคิดเชิงเหตุผลสูงมีความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงเหตุผลมากกว่านักเรียนที่มีระดับการคิดเชิงเหตุผลต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากก่อนเรียน

Venville and Dawson (2010) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมต่อทักษะการโต้แย้ง การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กรณีศึกษาในโรงเรียนเดียว มีรูปแบบการวิจัยแบบ Quasi-Experimental Design เปรียบเทียบ 2 กลุ่ม เก็บข้อมูลโดยการสำรวจโดยการเขียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน และพบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะการโต้แย้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คุณภาพของการโต้แย้งทำให้อธิบายเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ (informal reasoning) มีหลักการ ทั้ง 2 กลุ่มมีความเข้าใจมโนทัศน์พันธุศาสตร์มากขึ้น แต่กลุ่มทดลองซึ่งมีทักษะการโต้แย้งมากกว่าเป็นกลุ่มที่มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์มากกว่ากลุ่มควบคุมด้วย

Lin and Mintzes (2010) ศึกษาระดับของความสามารถในการโต้แย้งผ่านการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม โดยใช้เวลาในการสอน 8 เดือน ก่อนที่จะเก็บข้อมูลจริงในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเรื่อง อุทยานแห่งชาติมาเก๊า ใช้เวลา 17 ชั่วโมง เพื่อวัดความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผล ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง ข้อสนับสนุนในการโต้แย้ง และหลักฐานของนักเรียน เมื่อวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) พบว่า ความสำเร็จในการเรียนรู้ทักษะการโต้แย้งไม่มีความสัมพันธ์กับการสอนการโต้แย้งก่อนหน้า (pre-instruction) แต่สัมพันธ์กับระดับความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งสูง สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้สมบูรณ์กว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งต่ำ อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นักเรียนส่วนใหญ่มีข้อโต้แย้งที่ซับซ้อน ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งสูงจะนำเสนอข้อคัดค้านหลังจัดการเรียนการสอนได้ แต่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์สูง ไม่มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ในความหมายของหลักฐาน และมักไม่ใช้เหตุผลเป็นหลักฐาน

Levinson (2006) ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้บทบาทของครูในการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม โดยการสัมภาษณ์ครูที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรจำนวน 30 คน ถึงมุมมองในการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมด้านเทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์ กับนักเรียนอายุระหว่าง 14-19 ปี พบว่า มี 3 กรณี ที่ทำให้นักเรียนสับสนเกี่ยวกับข้อเท็จจริงและความรู้ของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ได้แก่ การสืบค้นข้อมูลเพื่อหาข้อเท็จจริง ความเชื่อถือได้และความถูกต้องของหลักฐาน และความแตกต่างระหว่างค่านิยมและข้อเท็จจริง ดังนั้น นักเรียนต้องได้รับส่งเสริมให้เห็นความสำคัญจากครู และได้รับการฝึกฝน โดยครูต้องตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อมูลให้นักเรียนอย่างเข้มงวด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังเรียน โดยแสดงไว้ในภาพที่ 4

กลุ่มทดลอง	E	O_1	X	O_2
กลุ่มควบคุม	C	O_1	~X	O_2

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design

X หมายถึง การเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

~X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลคะแนนความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนด้วยแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนเรียน

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลคะแนนความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียด้วยแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นหลังเรียน

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

ทั้งนี้ รูปแบบการวิจัยมีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพภายหลังจัดการเรียนการสอนโดยการสังเกต และสัมภาษณ์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของนักเรียนและเพื่อสนับสนุนข้อมูลจากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาในสังกัดโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 บุรีรัมย์ กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยดำเนินการเลือกกลุ่มที่ศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

เลือกโรงเรียนโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 บุรีรัมย์ ที่มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งจากการสำรวจพบว่า โรงเรียนเรียนแห่งนี้ เป็นโรงเรียนมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถในการเรียนรู้ และในปีการศึกษา 2559 มีนักเรียนทั้งหมด 522 คน โรงเรียนมีสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเครื่องฉายภาพ 3 มิติ มีห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีความพร้อมและเพียงพอในการดำเนินการเรียนการสอน และโรงเรียนให้การสนับสนุน และให้ความร่วมมือในการทำการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกห้องเรียน

การเลือกห้องเรียนใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งโรงเรียนมีห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จำนวน 3 ห้องเรียน จากนั้นจึงกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยพิจารณาจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 นำผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 ห้องมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ดังตารางที่ 6 เหตุผลที่ใช้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ในการวิจัยนี้ เนื่องจาก นักเรียนที่เข้าศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาจากต่างโรงเรียน อาจมีพื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกัน และจากการศึกษากรอบโครงสร้าง

ในการทดสอบกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากคู่มือการประเมิน PRE O-NET ปีการศึกษา 2559 ของสำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขึ้นพื้นฐาน โดยมีการกล่าวว่า รูปแบบของข้อสอบจะเป็นไปตามแนวทางข้อสอบ O-NET ซึ่งข้อสอบมีการวัดระดับพฤติกรรม ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559) พฤติกรรมการนำไปใช้ เทียบเคียงได้กับมโนทัศน์ แสดงให้เห็นว่า ข้อสอบ O-NET มีการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ส่วนการวิเคราะห์และการประเมินค่าในข้อสอบ O-NET มีความเกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการโต้แย้ง เนื่องจากทั้งสองเป็นกลยุทธ์ในการคิดระยะสั้น (short-term strategic thinking) ซึ่งใช้ความรู้และทักษะหลายอย่างในการคาดเดาการแก้ปัญหาในโลกของความเป็นจริง (Hess, 2013)

ตารางที่ 6 *ค่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ($\bar{X}$) วิชา วิทยาศาสตร์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทั้ง 3 ห้อง*

ห้องเรียน	จำนวนนักเรียน	$\bar{X}$	S.D.
ม.4/1	22	39.45	10.82
ม.4/2	21	37.84	10.66
ม.4/3	18	35.22	10.22

2.2.2 ทำการทดสอบผลการเรียนเฉลี่ยภายหลัง (post-hoc test) เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานวิชา วิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยรายคู่ (pairwise comparisions) พบว่า ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของนักเรียนจำนวน 3 ห้องปรากฏว่ามีค่า F-test คำนวณได้ 0.796 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.456 ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่า นักเรียนทั้ง 3 ห้องมีคะแนนเฉลี่ยหรือมีความรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 *ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน วิชาวิทยาศาสตร์รายคู่ ทั้งหมด 3 คู่*

ห้องเรียน	ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ย ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์รายคู่		
	4/1	4/2	4/3
4/1	-	.883	.458
4/2	-	-	.745
4/3	-	-	-

*P<0.05**

2.2.2 ทำการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากเพื่อเลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุมคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 18 คน

2.2.3 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ให้นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน เพื่อหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทำการวิเคราะห์ว่า กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) พบว่า ค่า t-test ทั้งความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาคำนวณได้ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.484 และ 0.387 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่า 0.05 แสดงว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 8 และ 9 เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้ง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างหลักฐานก่อนเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างหลักฐานอยู่เดิมแล้ว ส่วนคะแนนเฉลี่ยรายด้านของมโนทัศน์ชีววิทยา ทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 8 *แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (2) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (3) ข้อสนับสนุน และ (4) หลักฐาน*

องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง	**ค่าสถิติ**								
	กลุ่มทดลอง			**กลุ่มควบคุม**			**D**	**t**	**Sig.**
	$\bar{x}$	**S.D.**	**P**	$\bar{x}$	**S.D.**	**P**			
(1)	1.22	0.43	30.50	1.28	0.46	32.00	-1.50	-0.36	.361
(2)	0.86	0.88	21.50	1.17	1.15	29.17	-7.66	-0.94	.176
(3)	0.27	0.55	9.00	0.44	0.86	14.81	-5.81	-0.77	.224
(4)	1.27	0.98	42.33	0.72	0.83	24.07	18.26	1.88	.033*
คะแนนรวม	3.64	1.65	26.00	3.61	2.35	25.79	0.21	0.04	.484

*P<0.05**

ตารางที่ 9 *แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน มโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ (4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน*

มโนทัศน์ชีววิทยา	**ค่าสถิติ**								
	กลุ่มทดลอง			**กลุ่มควบคุม**			**D**	**t**	**Sig.**
	$\bar{x}$	**S.D.**	**P**	$\bar{x}$	**S.D.**	**P**			
(1)	0.95	1.05	23.86	0.89	1.13	22.22	1.64	0.19	.425
(2)	3.18	2.06	39.77	2.94	1.76	36.81	2.96	0.39	.351
(3)	2.82	3.25	17.61	2.72	2.08	17.01	0.60	0.11	.455
(4)	3.64	2.28	18.18	3.67	3.55	18.33	0.15	-0.31	.487
คะแนนรวม	10.59	3.87	22.06	10.22	4.12	21.30	0.76	0.29	.387

*P<0.05**

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ (1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง แบบสัมภาษณ์ และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา และ (2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดมีขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

3.1.2 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง

3.1.3 แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา มี 2 แบบ ดังนี้

3.2.1 แผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

3.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีขั้นตอนการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทั้งในและต่างประเทศ พบว่า แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ Lin and Mintzes (2010) เหมาะกับการวัดนักเรียนไทยเนื่องจาก

(1.1) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งตามแบบ Lin and Mintzes (2010) สามารถวัดองค์ประกอบสำคัญของความสามารถในการโต้แย้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (claim) เหตุผล (warrants) ข้อคัดค้าน (rebuttals) ข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง (backing) (5) หลักฐาน (evidence)

(2.2) แบบวัดมีคำถามนำเพื่อให้นักเรียนแสดงองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง เนื่องจากนักเรียนไทยอาจไม่คุ้นชินกับการเขียนคำตอบเพื่ออธิบาย และเขียนตอบในเชิงสะท้อนความคิดต่อข้อความที่ได้อ่าน ถ้าไม่มีข้อคำถามนำให้นักเรียนตอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

(2) กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง โดยแบบวัดประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

(2.1) ส่วนที่เป็นบทความเพื่อให้นักเรียนอ่านวิเคราะห์ก่อนการเขียนตอบแบบสอบถาม และนำข้อมูลจากบทความหรือความรู้เดิมนำมาประกอบการตอบคำถาม ทั้งนี้บทความประกอบด้วยข้อมูล หลักฐาน ทั้งด้านที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

(2.2) ส่วนที่เป็นคำถาม 4 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิดและการสัมภาษณ์รายบุคคล (individual follow-up interviews)

(3) กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน เนื่องจากการเกณฑ์ในการให้คะแนนของ Lin and Mintzes (2010) ไม่มีคะแนนเต็ม ผู้วิจัยปรับปรุงเกณฑ์ดังกล่าวให้มีคะแนนเต็ม 14 เพื่อให้สะดวกสำหรับการคำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละ และเพื่อให้ครูที่ต้องการนำไปใช้สามารถเข้าใจเกณฑ์ได้โดยง่าย แต่ละข้อมีลักษณะดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ Lin and Mintzes (2010)*

ข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
1	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลได้ (Claims and warrants)	- สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้ เหตุผลประกอบมีน้ำหนักสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และมีเหตุผลที่ถูกต้อง 4 เหตุผลเป็นต้นไป	4
		- สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้ เหตุผลประกอบมีน้ำหนักสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และมีอย่างน้อย 3 เหตุผลที่ถูกต้อง	3
		- สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้ เหตุผลประกอบมีน้ำหนักสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และมีอย่างน้อย 2 เหตุผลที่ถูกต้อง	2
		- สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้ เหตุผลประกอบมีน้ำหนักสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และมีอย่างน้อย 1 เหตุผลที่ถูกต้อง	1
		- ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่สร้างข้อกล่าวอ้าง	0

ตารางที่ 10 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ Lin and Mintzes (2010)*

ข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
2	2) สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้ (Counterarguments) (เปรียบเทียบกับคำถามข้อ 1)	- เหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน มีน้ำหนัก และถูกต้องตั้งแต่ 4 เหตุผลขึ้นไป	4
		- เหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน มีน้ำหนัก และมีอย่างน้อย 3 เหตุผลที่ถูกต้อง	3
		- เหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน มีน้ำหนัก และมีอย่างน้อย 2 เหตุผลที่ถูกต้อง	2
		- เหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน มีน้ำหนัก และมีอย่างน้อย 1 เหตุผลที่ถูกต้อง	1
		- ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้าน	0
3	3) สามารถสร้างข้อสนับสนุนการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน (Supportive arguments)	- มีการสร้างข้อคัดค้านถูกต้องและชัดเจน ตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป เพื่อไปคัดค้านการโต้แย้งกับเหตุผลในคำตอบของคำถามข้อที่2 มีการขยายความจากเหตุผลและมีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบของคำถามข้อที่ 1	3
		- มีการสร้างข้อคัดค้านถูกต้องและชัดเจน ตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป เพื่อไปคัดค้านการโต้แย้งกับเหตุผลในคำตอบของคำถามข้อที่ 2 มีการขยายความจากเหตุผล แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบของคำถามข้อที่ 1	2
		- มีการสร้างข้อคัดค้านถูกต้องและชัดเจน ตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป เพื่อไปคัดค้านการโต้แย้งกับเหตุผลในคำตอบของคำถามข้อที่ 2 แต่ไม่มีการขยายความจากเหตุผลและการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบของคำถามข้อที่ 1	1
		- ไม่มีการสร้างข้อคัดค้านหรือข้อคัดค้านไม่ถูกต้องที่จะไปคัดค้านการโต้แย้งกับเหตุผลในคำตอบของคำถามข้อที่ 2 แต่มีการขยายความจากเหตุผลและการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบของคำถามข้อที่ 1	

ตารางที่ 10 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ปรับปรุงมาจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของ Lin and Mintzes (2010)*

ข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
		- ไม่มีคำตอบหรือไม่มีการสร้างข้อคัดค้านคำตอบของคำถามข้อที่ 2 หรือเหตุผลไม่สัมพันธ์กับคำตอบของคำถามข้อ 1 ถูกต้อง	0
4	4) สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ (ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล หรือข้อคัดค้าน) (Evidence)	มีแหล่งที่มาของเหตุผลตั้งแต่ 2 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลที่ตนเองกล่าวอ้างหรือคัดค้าน	3
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลที่ตนเองกล่าวอ้างหรือคัดค้าน	2
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลหรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลที่ตนเองกล่าวอ้างหรือคัดค้าน	1
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีแหล่งที่มาของเหตุผล	0

(4) สร้างข้อคำถามและตัวอย่างคำตอบที่เกี่ยวกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่คล้ายกับบทเรียน กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ และนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นจึงนำแบบวัดไปตรวจสอบความถูกต้องของภาษา และคุณภาพแบบสอบทั้งฉบับโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยมีรายละเอียดดังนี้

(4.1) ให้ใส่รายการอ้างอิงเชิงอรรถให้ถูกต้อง

(4.2) ตั้งประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนโต้แย้งให้ชัดเจน

(4.3) ให้ตัดย่อหน้าสุดท้ายซึ่งเป็นย่อหน้าสรุป ปรับเนื้อความให้กระชับ และบทความไม่ควรโน้มเอียงไปทางใดทางหนึ่ง เพื่อให้นักเรียนพิจารณามุมมองทั้งสองด้านที่แตกต่างกันชัดเจน และแสดงจุดยืนของตนเอง

(4.4) ปรับข้อคำถามข้อที่ 2 จาก “บางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเขาจึงไม่เห็นด้วย” เป็น “ถ้าเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่า “เหตุผลของเพื่อน” ที่คิดต่างจากนักเรียนคืออะไร”

(5) แก้ไขและนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้ง นำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ ดังนี้

(5.1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบรายข้อด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ซึ่งเกณฑ์ค่าความยาก (p) ต้องอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป โดยได้ค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.41-0.71 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.25-0.71 (ภาคผนวก ง หน้า 146)

(5.2) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับด้วยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (∝ Coefficient) ของคอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.788 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

(6) นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.1.2 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง

แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจาก แบบสัมภาษณ์ของ Lin and Mintzes (2010) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์คำตอบที่นักเรียนตอบในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เป็นการซักถามค้าน (cross examination) เพื่อวินิจฉัยคำตอบของนักเรียนและปัญหาที่พบในการโต้แย้ง และเพื่อยืนยันความสอดคล้องของความสามารถในการโต้แย้งที่นักเรียนแสดงออกโดยการพูด ซึ่งพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของกลุ่มทดลองมีจำนวน 6 คน และกลุ่มควบคุมมีจำนวน 8 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 27.27 และ 44.44 ตามลำดับ คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนบอกข้อมูลละเอียดมากขึ้น คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ได้แก่

(1) ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่เขียนตอบในข้อ 1

(2) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมจากข้อ 2 ถ้าเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเขาจึงไม่เห็นด้วย

(3) ให้นักเรียนอธิบายวิธีการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยเพิ่มเติมจากสิ่งที่นักเรียนเขียน

(4) เพราะเหตุใดข้อ 2 และ 3 นักเรียนจึงยังมีเหตุผลในทิศทางเดียวกันกับข้อ 1 อยากให้อธิบายเพิ่มเติมข้อ 2

(5) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงยังมีเหตุผลในทิศทางเดียวกันกับข้อ 1 อยากให้อธิบายเพิ่มเติม

(6) ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานที่สนับสนุนเหตุผลของนักเรียน นอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในคำตอบ

(7) เพราะเหตุใดหลักฐานที่เขียนตอบในข้อ 4 จึงขัดแย้งกับเหตุผลของนักเรียนในข้อ 1 และข้อ 3 ที่นักเรียนเขียนตอบ

(8) นักเรียนคิดว่าหลักฐานหมายถึงอะไร

(9) ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานที่สนับสนุนเหตุผลของนักเรียนนอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในคำตอบ

ในระหว่างสัมภาษณ์รายบุคคล ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเสียงและถอดเป็นคำพูดดังภาคผนวก ฉ

3.1.3 แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ เป็นแบบวัดความคิด ความเข้าใจโดยสรุปในเนื้อหาชีววิทยาแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกตอบในตอนที่ 1 ผู้วิจัยสร้างแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาโดยปรับมาจาก Treagust and Chandrasegaran (2007) ดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา โดยกำหนดเนื้อหาในการสร้างแบบวัด คือ ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ และกำหนดสัดส่วนน้ำหนักจำนวนข้อของแต่ละมโนทัศน์ ดังตารางที่ 11 และสร้างผังมโนทัศน์ (ภาพที่ 5)

(2) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ จากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการเขียนตอบคำถามของนักเรียนจากรายงานวิจัยในชั้นเรียน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 11 *สัดส่วนน้ำหนักจำนวนข้อของแต่ละมโนทัศน์ในแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์*

หัวเรื่อง	มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์	จำนวนข้อ	สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
1. การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับรูปแบบกระบวนการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ การปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยนอกเซลล์ การย่อยอาหารภายในเซลล์ และการย่อยอาหารในทางเดินอาหาร	1	8.33
2. การย่อยอาหารของสัตว์	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ที่มีท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ (2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	2	16.66
3. การย่อยอาหารของคน	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยอาหารของอวัยวะในปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ตับ ตับอ่อน ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่ (2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน	4	33.33
4. การสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล ในกระบวนการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน (2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับบริเวณที่มีการเกิดการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน	5	50.00

ตารางที่ 11 *สัดส่วนน้ำหนักจำนวนข้อของแต่ละมโนทัศน์ในแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์*

หัวเรื่อง	มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์	จำนวนข้อ	สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับสมการรวมการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล ในกระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายไขมันในการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน (5) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายโปรตีนในการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน (6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการคิดคำนวณพลังงานที่ได้จากการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน		
รวม		12	100

(3) สร้างแบบวัดมโนทัศน์ปรนัย 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเชื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 เลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 (ภาคผนวก ข)

(4) กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณามโนทัศน์และคะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาคะแนนเป็นรายข้อตามการจัดลำดับมโนทัศน์ของ Çalık et al. (2009) เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์ (ตารางที่ 12)

(5) นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษาและความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ชีววิทยาในเนื้อหาเรื่องระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ นำไปแก้ไขปรับปรุง จากนั้นนำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงแบบวัด ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

(5.1) ปรับน้ำหนักความยากระหว่างแบบทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนให้เท่ากัน

(5.2) ให้เน้นคำว่า “ครั้งแรก/บริเวณแรกที่มีการดูดซึม” “เสริมสร้างกำลังหลังออกกำลังกาย” เน้นคำเพื่อให้นักเรียนพิจารณาเป็นพิเศษ

(5.3) ปรับเหตุผลข้อ 7a ฝั่งขวาให้สอดคล้องกับคำตอบ ปรับเป็นแหล่งพลังงานสุดท้ายจะเหมาะสมกว่า ข้อ 8 ควรระบุแหล่งให้ชัดเจน และควรปรับเหตุผลให้สอดคล้องกับตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก ส่วนข้อ 9 ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องที่สุดอีกครั้ง

(5.4) นักเรียนระดับมัธยมศึกษามีความรู้เรื่องนี้แล้วหรือไม่ “การสร้างเอนไซม์ในส่วนโอมาซัม” อาจตอบไม่ได้ ให้ไปตรวจสอบเนื้อหา

(5.5) ปรับเหตุผลให้สอดคล้องกับคำตอบ

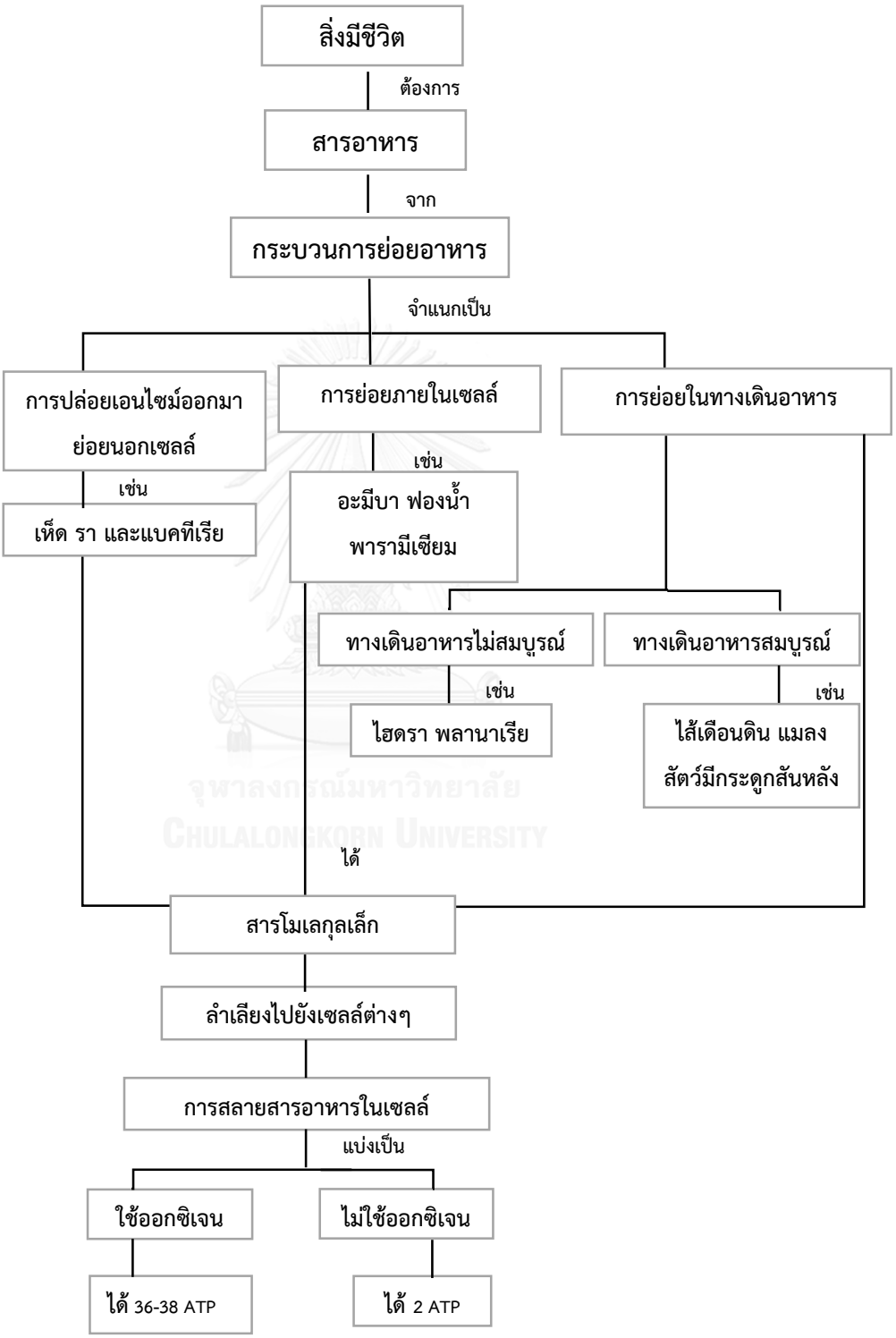
(6) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น และนำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับโรงเรียนขนาดกลางที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่เคยผ่านการเรียนเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ มาแล้ว จำนวน 71 คน แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบดังนี้

(6.1) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อของข้อสอบทั้ง 12 ข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เกณฑ์ค่าความยาก (p) ต้องอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่า 0.20 ขึ้นไป ซึ่งแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนได้ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.22-0.69 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.40 ส่วนแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.27-0.65 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.86 ซึ่งแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ (ภาคผนวก ง)

(6.2) วิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับด้วยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ต้องมีค่า 0.50 ขึ้นไป ซึ่งค่าความเที่ยงของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนเท่ากับ 0.75 และหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 0.77 และเนื่องจากแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบคู่ขนานจึงต้องหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation) น้ำหนักความสัมพันธ์ตามคำแนะนำของ Cohen (1988) ความสัมพันธ์มากจะอยู่ระหว่าง 0.50-1.00 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาคู่ขนานเท่ากับ -0.542 และค่านัยสำคัญเท่ากับ 0.069 แสดงว่า ข้อสอบคู่ขนานทั้งสองฉบับนี้มีความยากง่ายไม่แตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์รายข้อในทิศทางตรงกันข้ามหรือผกผันกัน

(7) นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ปรับปรุงและผ่านเกณฑ์แล้ว ไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ภาพที่ 5 ผังมโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2545)



ตารางที่ 12 *เกณฑ์การพิจารณาคะแนนเป็นรายข้อตามการจัดลำดับมโนทัศน์ ปรับปรุงมาจาก Çalık et al. (2009)*

เกณฑ์การพิจารณา	ความหมาย
เข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของมโนทัศน์ให้ 4 คะแนน
เข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	คำตอบถูก แต่ให้เหตุผลขาดบางส่วนที่สำคัญของมโนทัศน์ให้ 3 คะแนน
เข้าใจมโนทัศน์บางส่วนแต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific alternative conception : PUSAC)	คำตอบถูก แต่เหตุผลบางส่วนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2 คะแนน
มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception: SAC)	คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องให้ 1 คะแนน
ความเข้าใจผิด (No Understanding: NU)	คำตอบผิด การให้เหตุผลอาจถูกหรือไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 แผนการสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม การพัฒนาแผนการสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีขั้นตอนดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างกับวิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป มีรายละเอียดดังตารางที่ 13

(2) คัดเลือกเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม

(3) กำหนดเนื้อหา จำนวนชั่วโมง วัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อจัดทำแผนระยะยาวสำหรับการสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ดังตารางที่ 14

(4) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายวันตามจำนวนที่กำหนด จากนั้นนำแผนที่ผู้วิจัยพัฒนาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ

กิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ว่า ส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งและการเกิดมโนทัศน์ชีววิทยาได้หรือไม่ ตรวจสอบความถูกต้องของสาระที่สอน ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วจึงนำผลการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง ซึ่งผลการตรวจสอบคะแนนคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.90-1.0 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ผ่าน ประเด็นที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำให้ทำการปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนการสอนมีดังต่อไปนี้

(5.1) การสอนบางส่วนยังเป็นครูบอกหรือครูอธิบาย ควรปรับให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และการประเมินบางแผนยังไม่ชัดเจน ให้ดำเนินการทำเกณฑ์ในการประเมินกิจกรรมเพิ่ม

(5.2) กิจกรรมที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนการสอนควรเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ แต่ให้พึงระวังความอันตรายของกิจกรรมที่นำมาใช้สอนนักเรียน

(5.3) การใช้ภาษาในการเขียนแผนการจัดกการเรียนการสอน ให้ปรับภาษาที่ใช้ในการเขียนให้เป็นทางการมากขึ้น ควรตรวจสอบคำให้ถูกต้องอีกครั้ง

(5.4) ภาพที่นำเสนอควรระบุข้อมูลเป็นภาษาไทยประกอบกับภาษาอังกฤษ โดยควรนำภาพมาแก้ในโปรแกรมสำเร็จรูป ควรตัดบางภาพบางภาพที่มีความซ้ำซ้อนกัน และควรใส่ที่มาของภาพทุกครั้งที่มีการนำภาพจากที่อื่นมาประกอบการเรียนการสอน

(6) นำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับแก้ไขให้ถูกต้องและครบถ้วน จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว 1 แผน ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 21 คน โดยใช้เรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ผลจากการทดลองใช้สรุปได้ดังนี้

(6.1) ระยะเวลาที่ใช้การดำเนินการจัดกิจกรรม พบว่า ระยะเวลา 2 ชั่วโมงที่กำหนดในแผนการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมเสร็จสิ้นได้จึงต้องมีการขยายเวลาเพิ่มเป็น 3 ชั่วโมง ดังนั้น ครูควรกำหนดเวลาให้เพียงพอสำหรับการดำเนินการสำหรับการทำปฏิบัติการและการอภิปรายในชั้นเรียน

(6.2) ภาพและสื่อที่ใช้ในการนำเข้าสู่บทเรียน พบว่า กระตุ้นความสนใจนักเรียนทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งคำถามก่อนทำกิจกรรม แต่จากการสังเกต นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับประเด็นข่าวมากกว่าสื่อภาพอื่น ดังนั้น ครูควรนำเสนอประเด็นปัญหาวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ที่เกิดขึ้นในข่าวและเป็นกระแสสังคมในขณะนั้น

(6.3) การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง พบว่า มีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำปฏิบัติการได้เสร็จตามเวลา อาจเนื่องจากไม่คุ้นชินกับการใช้อุปกรณ์ ครูควรอธิบายและชี้แจ้งทุกขั้นตอนของการทำปฏิบัติการให้ชัดเจนและทบทวนขั้นตอนการปฏิบัติก่อนดำเนินการทำปฏิบัติการ

(7) ดำเนินการแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ 13 *แสดงการเปรียบเทียบการจัดการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและวิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป*

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม	**วิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป**
ขั้นที่ 1 การแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความและโฆษณา การนำเสนอวีดิทัศน์แสดงความขัดแย้ง หรืออาจใช้ภาพถ่าย แบบจำลอง สื่ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวนั้น ๆ ร่วมด้วย	**ขั้นนำ** เป็นการกระตุ้นความสนใจ หรือทบทวนและตรวจสอบความรู้ที่เดิมของนักเรียน โดยการนำสนทนา หรือใช้คำถามเป็นต้น เพื่อเตรียมนักเรียนเข้าสู่บทเรียน
ขั้นที่ 2 ท้าทายความเชื่อหลัก เป็นขั้นสร้างคำถามเพื่อเร้าให้ถกเถียงและอธิบายความเชื่อทั่วไป ความรู้ทั่วไป หรือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน	
ขั้นที่ 3 การเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ) เป็นขั้นให้ความรู้และให้ข้อมูลเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการโต้แย้งและการเจรจา	**ขั้นกิจกรรม** เป็นการให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาข้อมูลจากครู เอกสาร หรือทำกิจกรรมการทดลอง
ขั้นที่ 4 กิจกรรมกลุ่ม เป็นขั้นของการพัฒนาคำถามในเนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้อง มีการตรวจสอบความรู้และหลักฐานของแต่ละบุคคล มีการเจรจาต่อรองเป็นกลุ่มย่อยโดยใช้หลักฐานและการนำเสนอความเข้าใจร่วมของกลุ่ม	
ขั้นที่ 5 การพัฒนาคำถามตามบริบท เป็นขั้นที่ใช้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์พื้นฐานในเนื้อหาวิชานั้น ๆ เพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	
ขั้นที่ 6 การอภิปรายในชั้นเรียน เป็นการสนทนาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และการให้ความสำคัญกับความรู้เฉพาะสำหรับการตัดสินใจอย่างไม่เป็นทางการ	

ตารางที่ 13 *แสดงการเปรียบเทียบการจัดการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและวิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป*

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม	**วิธีการสอนชีววิทยาทั่วไป**
ขั้นที่ 7 ครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ เป็นขั้นทบทวนเนื้อหาสำคัญ วัตถุประสงค์ และความเกี่ยวข้องของความรู้เฉพาะ การประยุกต์เนื้อหาความรู้ การเจรจาในประเด็นร่วมสมัย	**ขั้นสรุป** เป็นการให้นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า มาอภิปรายร่วมกันกับครู เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป เป็นความสำคัญของบทเรียน และนำความคิดสำคัญดังกล่าวไปประยุกต์ใช้
ขั้นที่ 8 การวัดความรู้และการให้เหตุผล เป็นการนำเสนอกลุ่ม การสร้างโปสเตอร์ การโต้แย้งหรือกิจกรรมการโต้วาที อาจเป็นการเลือกเรื่องเพื่อทำรายงาน หรือทำแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความรู้ในเนื้อหา	

ตารางที่ 14 *แผนระยะยาวสำหรับการสอนชีววิทยาตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม*

แผน	**สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้**	**ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ใช้**	**ชั่วโมง**
1	การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	อาหารที่หมดอายุในวันที่ขายและห้างนำมาจำหน่ายในราคาถูกมาก ควรซื้อไปบริโภคอีกหรือไม่	3
2	การย่อยอาหารของสัตว์	การเจาะร่างกายวัวเพื่อศึกษาการทำงานของท่อทางเดินอาหารผิดจริยธรรมและจรรยาบรรณนักวิจัยหรือไม่ อย่างไร	4
3	การย่อยอาหารของคน	การถอดสายอาหารของสามีเทอร์รีไชเอโวเพื่อให้ตายเองผิดจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร	4
4	การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน	การจ่ายยาต้านไวรัสที่มีผลต่อความผิดปกติของไมโตคอนเดรีย ให้สตรีมีครรภ์ผิดจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร	4
		รวม	15

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาทั่วไป ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เพียงแต่เป็นการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2545)

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

(1) ระยะก่อนการดำเนินการทดลอง ในระยะนี้ผู้วิจัยศึกษาและพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ให้เรียบร้อย พร้อมกับแจ้งนักเรียนเกี่ยวกับรายละเอียดการสอนตามแนวคิดประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และใช้เวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งและแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

(2) ระยะดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มตามแนวการจัดกาเรียนรู้ที่เตรียมไว้ โดยทำการทดสองสอนทั้งสองกลุ่ม กลุ่มละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ยกเว้นสัปดาห์สุดท้ายของการสอน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โดยเริ่มทดลองตั้งแต่ 10 มกราคม ถึงวันที่ 3 มีนาคม 2560

(3) ระยะดำเนินการหลังการทดลอง ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมกับให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา จำนวน 2 ชั่วโมง หลังนักเรียนได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมและการสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป และนัดนักเรียนเพื่อสัมภาษณ์เพื่อประเมินความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล คนละ 10–20 นาที ผู้วิจัยนำผลการทำแบบวัดทั้งสองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และใช้เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาในภาคผนวก ข

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขาคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งฉบับก่อนทดลองและหลังทดลอง และคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาฉบับก่อนทดลองและหลังทดลอง แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมโดยใช้คะแนนจากแบบวัดความความสามารถในการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test dependent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปโดยใช้คะแนนจากแบบวัดความความสามารถในการโต้แย้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test independent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมโดยใช้คะแนนจากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test dependent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปโดยใช้คะแนนจากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test independent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในครั้งนี้ผู้วิจัยตั้งวัตถุประสงค์ไว้ 4 ข้อดังนี้คือ

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้จะขอแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้ง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยา

Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้ง

การวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบวัดเป็นลักษณะแบบสอบถามปลายเปิดที่มีคำถาม 4 ข้อ แต่ละข้อถาม มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนอธิบายแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้ง ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (2) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (3) ข้อสนับสนุนของการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน และ (4) หลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติม

ประเด็นที่ใช้ในการวัดก่อนและหลังเรียนคือ “เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วนหรือไม่” การวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งในภาพรวม ใช้การให้คะแนนตามเกณฑ์ในภาคผนวก ข และรวมคะแนนให้ออกมาเป็นคะแนนโดยภาพรวม

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน มีรายละเอียดดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 15 ดังนี้

ตารางที่ 15 *แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละก่อนและหลังเรียน (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 22)*

องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง		**ค่าสถิติ**					
		$\bar{x}$	S.D.	P	D	t	Sig.
(1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล	Pre	1.22	0.43	30.50	-4.35	-1.70	.052
	Post	1.05	0.21	26.15			
(2) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง	Pre	0.86	0.88	21.50	2.25	0.52	.302
	Post	0.95	0.49	23.75			
(3) ข้อสนับสนุน	Pre	0.27	0.55	9.00	42.67	5.79	.000*
	Post	1.55	0.96	51.67			
(4) หลักฐาน	Pre	1.27	0.98	42.33	18.34	2.42	.012*
	Post	1.82	0.80	60.67			
คะแนนภาพรวม	Pre	3.64	1.65	26.00	12.29	3.71	.000*
	Post	5.36	1.86	38.29			

**P<0.05 (one tailed dependent t-test)*

จากตารางที่ 15 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนความสามารถในโต้แย้งหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 12 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากการวิเคราะห์รายด้านของ

องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทั้ง 4 ข้อ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (2) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (3) ข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้าน และ (4) หลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 42.67 และรองลงมาคือ ความสามารถในการสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 18.34 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง โดยเฉพาะด้านความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้าน และความสามารถในการสร้างหลักฐาน เพื่ออธิบายเพิ่มเติมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่ใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 16 ดังนี้

ตารางที่ 16 *แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ขององค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง ได้แก่ ข้อกล่าวอ้างและเหตุผล (1) ข้อคัดค้านในการโต้แย้ง (2) ข้อสนับสนุน (3) และหลักฐาน (4)*

องค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง		ค่าสถิติ								
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			D	t	Sig.
		$\bar{x}$	S.D.	P	$\bar{x}$	S.D.	P			
(1)	Pre	1.22	.43	30.50	1.28	0.46	32.00	-1.50	-0.36	.361
	Post	1.05	.21	26.15	1.39	0.61	34.72	-8.57	-2.29	.016*
(2)	Pre	0.86	0.88	21.50	1.17	1.15	29.17	-7.66	-0.94	.176
	Post	0.95	0.49	23.75	1.00	0.84	25.00	-1.25	-0.21	.416
(3)	Pre	0.27	0.55	9.00	0.44	0.86	14.81	-5.81	-0.77	.224
	Post	1.55	0.96	51.67	0.83	1.04	27.77	23.89	2.24	.015*
(4)	Pre	1.27	0.98	42.33	0.72	0.83	24.07	18.26	1.88	.033*
	Post	1.82	0.80	60.67	1.56	1.20	51.85	8.81	0.80	.216
คะแนนภาพรวม	Pre	3.64	1.65	26.00	3.61	2.35	25.79	0.21	0.04	.484
	Post	5.36	1.86	38.29	4.78	2.51	34.14	4.15	0.85	.201

**P<0.05 (one tailed independent t-test)*

จากตารางที่ 16 พบว่า คะแนนความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.64 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 26.00 ขณะที่คะแนนความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปเท่ากับ 3.61 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 25.79 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนของกลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.36 คะแนน คิดเป็น

ร้อยละ 38.29 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มควบคุมได้ 4.78 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.14 แม้ว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป แต่ค่าคะแนนก็ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่จากการวิเคราะห์รายด้านขององค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้ง พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนด้านความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสูงกว่ากลุ่มทดลอง คิดเป็นร้อยละ 8.57 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้ ส่วนนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถในการสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติม ก่อนเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมสูงกว่ากลุ่มควบคุม คิดเป็นร้อยละ 1.88 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีความสามารถในการสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมอยู่ก่อนแล้ว ก่อนที่จะเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ในขณะที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนด้านความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้านหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม สูงกว่ากลุ่มควบคุม คิดเป็นร้อยละ 2.24 แสดงว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง โดยเฉพาะด้านความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้านของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งของกลุ่มทดลองจำนวน 6 คน จากนักเรียน 22 คน (ร้อยละ 27.27) และกลุ่มควบคุมจำนวน 8 คน จากนักเรียน 18 คน (ร้อยละ 44.44) พบว่า

(1) นักเรียนในกลุ่มทดลองที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไม่สามารถอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมได้ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมสามารถอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมจากสิ่งที่เขียนในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งได้

“การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ ร่างกายอ่อนเพลีย และทำให้พัฒนาการของร่างกายช้าลงในเด็ก” (C1)

“เคยลองลดความอ้วนแล้ว ทำให้กินมากกว่าเดิม แม้ว่าจะเล่นกีฬาและพยายามลดอาหาร ทำให้เชื่อว่า ยิ่งอดยิ่งอ้วน” (C2)

(2) นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไม่พยายามสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้ง โดยแสดงจุดยืนที่ชัดเจนว่า เชื่อแบบเดิมและไม่เลือกข้าง

“เพราะมีความเชื่อว่าการอดอาหารไม่ดี และมีผลเสียต่อร่างกายตอนที่เขียนตอบ” (E3)

ในขณะที่เมื่อสัมภาษณ์กลุ่มควบคุม นักเรียนที่มีปัญหาในกลุ่มนี้สร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งเพิ่มเติม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีปัญหาในการเขียนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ไม่ได้มีปัญหาในการสร้างข้อคัดค้านในการพูด

“การอดอาหารมีข้อดีคือ ทำให้ผอม หุ่นดี และมีกล้ามเนื้อ” (C4)

(3) นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อสนับสนุนการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้านในโต้แย้งได้ โดยสังเกตได้จาก นักเรียนหาเหตุผลที่เป็นข้อสนับสนุนนอกเหนือจากสิ่งที่เขียนในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง เพื่อตอบการสัมภาษณ์

“อธิบายข้อดี และข้อเสียเกี่ยวกับการอดอาหาร เพื่อลดน้ำหนักว่าเสี่ยงอย่างไร ทำให้มีโอกาสเกิดโรคอะไรบ้าง ถ้าเค้าไม่เชื่อก็เป็นความคิดต่างของเขา” (E2)

“ถ้าเราอดอาหาร เวลาไปทำงานจะไม่มีเรี่ยวแรง ง่วง อ่อนเพลีย ไม่มีพลังงานใช้ในการทำงาน และทำให้ร่างกายทรุดโทรม” (C4)

ในขณะที่นักเรียนทดลองบางส่วนที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไม่พยายามสร้างข้อสนับสนุนการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน อาจเนื่องมาจากการมีจุดยืนของตนเอง

“ไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อโน้มน้าวได้คะ เพราะไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วนและไม่เห็นข้อดีของการอดอาหาร” (E5)

(4) นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งมีการเปลี่ยนจุดยืนของตนเองเมื่อพบหลักฐานหรือเหตุผลที่มีน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่า ถ้านักเรียนกลุ่มทดลองได้ศึกษาหลักฐานเชิงประจักษ์เพิ่มเติม นักเรียนอาจจะมีจุดยืนของตนเองที่ชัดเจนขึ้น

“เพราะเมื่อเขียนตอบถึงข้อ 3 และอ่านบทความอีกรอบ รู้สึกว่าการอดอาหารก็มีข้อดี คือ ทำให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งและโรคเบาหวานต่ำ แต่ก็ไม่แน่ใจว่าที่จริงแล้วการอดอาหารเพื่อลดความอ้วนดีหรือไม่ดีกันแน่” (E3)

ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนจุดยืน แต่ใช้หลักฐานคือประสบการณ์ตรงเป็นจุดยืนของตนเองในการตอบคำถาม

“หลักฐานในความคิดของหนูคือความเชื่อของตนเอง” (C2)

“หลักฐานในความหมายของหนูคือประสบการณ์ที่พบด้วยตนเอง” (C6)

“ดร.สุวิมล เพราะมีเนื้อความเดียวกันกับที่ผมพูด” (C4)

Chulalongkorn University

จากข้อมูลเหล่านี้สนับสนุนข้อมูลที่ว่า (1) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้ดีกว่ากลุ่มทดลอง (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน สูงกว่ากลุ่มควบคุม ดังจะเห็นได้จาก กลุ่มทดลองมีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะในด้านความสามารถในการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน (3) กลุ่มที่มีปัญหาในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง อาจไม่มีปัญหาในการสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง แต่อาจไม่เข้าใจการสื่อความหมายของข้อคำถามที่ถามในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยา

การวัดมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ พิจารณาโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งแบบวัดประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ คิดเป็น 48 คะแนน แบบวัดเป็นแบบปรนัย 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) ตามแบบของ Treagust and Chandrasegaran (2007) เพื่อวัดมโนทัศน์ก่อนและหลังเรียน โดยข้อสอบทั้ง 2 ชุด เป็นข้อสอบคู่ขนาน (parallel tests) ซึ่งมีลักษณะและคุณภาพใกล้เคียงกัน ข้อสอบตอนที่ 1 มีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก ส่วนข้อสอบตอนที่ 2 มีตัวเลือก 4 ตัวเลือก การวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยาในภาพรวม ใช้การให้คะแนนตามเกณฑ์ในภาคผนวก ข และรวมคะแนนให้ออกมาเป็นคะแนนโดยภาพรวม ดังตัวอย่างการคิดคะแนนดังนี้

(1) ถ้านักเรียนตอบคำถามในข้อสอบตอนที่ 1 ผิดหรือไม่ตอบคำถาม จะไม่พิจารณาคำตอบในตอนที่ 2 เพราะแสดงว่า นักเรียนไม่มีความเข้าใจ (No Understanding: NU) 0 คะแนน

(2) ถ้านักเรียนตอบคำถามตอนที่ 1 ถูก จะพิจารณาให้คะแนนข้อสอบตอนที่ 2 ดังกรณีต่อไปนี้

(2.1) ถ้านักเรียนเลือกตอบในข้อที่ให้เหตุผลครบองค์ประกอบสำคัญของมโนทัศน์ แสดงว่า นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU) ให้ 4 คะแนน

(2.2) ถ้าเลือกตอบในข้อที่ให้เหตุผลขาดบางส่วนทสำคัญของมโนทัศน์ แสดงว่า นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ให้ 3 คะแนน

(2.3) ถ้าเลือกตอบในข้อที่ให้เหตุผลบางส่วนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แสดงว่า นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์บางส่วน แต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific alternative conception: PUSAC) 2 คะแนน

(2.4) การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง แสดงว่า มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception: SAC) 1 คะแนน

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน มีรายละเอียดดังนี้

1. เปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 18 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 *แสดงแสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละก่อนและหลังเรียน (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ(4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 22)*

มโนทัศน์ชีววิทยา	ข้อจากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา		ค่าสถิติ					
			$\bar{x}$	S.D.	P	D	t	Sig.
(1)	1	Pre	0.95	1.05	23.86	67.05	8.61	.000*
		Post	3.64	1.18	90.91			
(2)	2, 3	Pre	3.18	2.06	39.77	27.28	3.097	0.00*
		Post	5.36	2.32	67.05			
(3)	4, 5, 6, 7	Pre	2.82	3.25	17.61	42.62	9.137	.001*
		Post	9.64	2.44	60.23			
(4)	8, 9, 10, 11, 12	Pre	3.64	2.28	18.18	40.91	11.369	.000*
		Post	11.82	2.54	59.09			
คะแนนภาพรวม		Pre	10.59	3.87	22.06	41.39	14.24	.000*
		Post	30.45	5.93	63.45			

**P<0.05 (one tailed dependent t-test)*

จากตารางที่ 17 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 29.40 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากการวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยาทั้ง 4 เรื่อง ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ (4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนและหลังเรียนแตกต่างกันทุกเรื่อง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีส่วนช่วยในการพัฒนามโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่สอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 18 ดังนี้

ตารางที่ 18 *แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่าง ค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ค่าที (t) และค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ(4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post)*

มโนทัศน์ชีววิทยา		ค่าสถิติ								
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			D	t	Sig.
		$\bar{x}$	S.D.	P	$\bar{x}$	S.D.	P			
(1)	Pre	0.95	1.05	23.86	0.89	1.13	22.22	1.64	0.19	.425
	Post	3.64	1.18	90.91	1.78	2.05	44.44	46.47	3.42	.001*
(2)	Pre	3.18	2.06	39.77	2.94	1.76	36.81	2.96	0.39	.351
	Post	5.36	2.32	67.05	1.78	2.05	22.22	44.83	5.13	.000*
(3)	Pre	2.82	3.25	17.61	2.72	2.08	17.01	0.60	0.11	.455
	Post	9.64	2.44	60.23	6.39	2.30	39.93	20.30	4.29	.000*
(4)	Pre	3.64	2.28	18.18	3.67	3.55	18.33	0.15	-0.31	.487
	Post	11.82	2.54	59.09	9.56	3.07	47.78	11.31	2.55	.007*
คะแนน	Pre	10.59	3.87	22.06	10.22	4.12	21.30	0.76	0.29	.387
ภาพรวม	Post	30.45	5.93	63.45	26.33	7.84	54.86	8.59	1.89	.037*

**P<0.05 (one tailed independent t-test)*

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.59 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.06 ขณะที่กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการการสอนแบบทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.22 คิดเป็นร้อยละ 21.30 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนมโนทัศน์หลังเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่างกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 8.59 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 19 *แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยร้อยละระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (D) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=22) และกลุ่มควบคุม (n=18) ก่อนเรียน (Pre) และหลังเรียน (Post) ของมโนทัศน์ชีววิทยา ได้แก่ (1) การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว (2) การย่อยอาหารของสัตว์ (3) การย่อยอาหารของคน และ (4) การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกณฑ์ในการจัดลำดับมโนทัศน์ ได้แก่ ความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (SU) ความเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (PU) ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนแต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (PUSAC) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (SAC) และความเข้าใจผิด (NU)*

แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา			**ค่าสถิติ**									
			กลุ่มทดลอง					**กลุ่มควบคุม**				
เรื่อง	**ข้อที่**		**SU**	**PU**	**PUSAC**	**SAC**	**NU**	**SU**	**PU**	**PUSAC**	**SAC**	**NU**
(1)	(1)	Pre	4.54	0.00	22.73	31.82	40.91	5.56	0.00	22.22	16.67	55.56
		Post	86.36	0.00	0.00	0.00	13.64	44.44	0.00	0.00	0.00	55.56
(2)	(2)	Pre	0.00	31.82	40.90	22.73	4.55	0.00	27.78	16.67	38.89	16.67
		Post	36.36	59.09	0.00	0.00	4.55	44.44	33.33	5.56	5.56	11.11
	(3)	Pre	13.64	4.54	13.64	13.64	54.55	11.11	16.67	22.22	0.00	50.00
		Post	36.36	18.18	0.00	0.00	45.45	77.78	5.56	5.56	5.56	5.56
(3)	(4)	Pre	13.64	9.09	0.00	0.00	72.27	5.56	5.56	11.11	11.11	66.67
		Post	27.27	0.00	4.54	22.73	45.45	27.78	5.56	5.56	11.11	50.00
	(5)	Pre	0.00	0.00	4.54	0.00	95.45	5.56	5.56	0.00	5.56	83.33
		Post	4.54	45.45	4.54	0.00	45.45	16.67	22.22	11.11	0.00	50.00
	(6)	Pre	13.64	0.00	18.18	0.00	68.18	11.11	11.11	33.33	5.56	38.89
		Post	45.45	4.54	36.36	0.00	13.64	61.11	5.56	11.11	0.00	22.22
	(7)	Pre	9.09	9.09	4.54	4.54	72.73	0.00	0.00	0.00	5.56	94.44
		Post	90.91	0.00	0.00	0.00	9.09	55.56	5.56	11.11	11.11	16.67
(4)	(8)	Pre	9.09	13.64	9.09	0.00	68.18	16.67	0.00	11.11	5.56	66.67
		Post	81.82	0.00	4.54	0.00	13.64	38.89	11.11	27.78	0.00	22.22
	(9)	Pre	0.00	4.54	4.54	4.54	86.36	5.56	11.11	5.56	5.56	72.22
		Post	90.91	0.00	0.00	0.00	9.09	44.44	5.56	5.56	5.56	38.89
	(10)	Pre	0.00	0.00	0.00	0.00	100	11.11	0.00	0.00	11.11	77.78
		Post	9.09	0	63.64	0	27.27	11.11	0.00	50.00	0.00	38.89
	(11)	Pre	4.54	9.09	13.64	22.73	50.00	5.56	5.56	0.00	5.56	83.33
		Post	31.82	0.00	0.00	0.00	68.18	11.11	5.56	0.00	5.56	77.78
	(12)	Pre	4.54	18.18	18.18	13.64	45.45	11.11	11.11	5.56	11.11	61.11
		Post	27.27	0.00	59.09	0.00	13.64	50.00	5.56	33.33	5.56	5.56
คะแนนภาพรวม		Pre	6.06	8.33	12.50	9.47	63.22	7.41	7.87	10.65	10.19	63.89
		Post	47.35	10.61	14.39	1.89	25.76	40.28	8.80	13.89	4.17	32.87

จากตารางที่ 19 พบว่า คะแนนโดยภาพรวมนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์มากขึ้น กลุ่มทดลองจากเดิมมีความเข้าใจมโนทัศน์ร้อยละ 6.06 หลังเรียนเพิ่มเป็นร้อยละ 47.35 ส่วนกลุ่มควบคุม จากเดิมมีความเข้าใจมโนทัศน์คิดเป็นร้อยละ 7.47 หลังเรียนเพิ่มเป็นร้อยละ 40.28 และเมื่อวิเคราะห์รายข้อตามการจัดลำดับมโนทัศน์ พบผลดังนี้

(1) ความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU) กลุ่มทดลองเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90.91 ในข้อ 7 และข้อ 9 มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของสัตว์และมโนทัศน์เรื่อง การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนกลุ่มควบคุม เข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 77.78 ในข้อ 3 มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของคน

(2) ความเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.09 และ 33.33 ตามลำดับ ในข้อ 2 มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารของคน

(3) ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วน แต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PUSAC) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วน แต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 63.64 และ 50.00 ตามลำดับ ในข้อ 10 มโนทัศน์เรื่อง การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน

(4) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception: SAC) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุดเรื่อง การย่อยอาหารของคน กลุ่มทดลองมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 22.73 ในข้อ 4 ส่วนกลุ่มควบคุม มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 11.11 ในข้อ 4 และข้อ 7

(5) ความเข้าใจผิด (No Understanding: NU) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเข้าใจผิดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 68.18 และ 77.78 ตามลำดับ ในข้อ 11 มโนทัศน์เรื่อง การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขต 32 จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม จำนวน 22 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป จำนวน 18 คน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเท่ากันคือ 15 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการการโต้แย้ง และแบบวัดมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ (P) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลความสามารถในการโต้แย้ง และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. นักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการโต้แย้ง และเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ได้ ซึ่งมีการอภิปรายผลการทดลองเป็น 2 ประเด็น คือ (1) ความสามารถในการแย้ง และ (2) มโนทัศน์ชีววิทยา

1. ความสามารถในการโต้แย้ง

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ

เหตุผลประการที่ 1 การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีขั้นที่สนับสนุนให้เกิดการโต้แย้งแบบกลุ่ม คือ ขั้นกิจกรรมกลุ่ม และขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน ซึ่งนักเรียนได้อภิปรายและสร้างข้อโต้แย้งในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม 4 ประเด็น ได้แก่ (1) อาหารที่หมดอายุในวันที่ขายและห้างนำมาจำหน่ายในราคาถูกมาก ควรซื้อไปบริโภคอีกหรือไม่ (2) การเจาะร่างกายวัวเพื่อศึกษาการทำงานของท่อทางเดินอาหารผิดจริยธรรมและจรรยาบรรณนักวิจัยหรือไม่ อย่างไร (3) การถอดสายอาหารของสามีเทอร์รีไชเอโว เพื่อให้ตายเองผิดจริยธรรมหรือไม่ อย่างไร (4) การจ่ายยาต้านไวรัสที่มีผลต่อความผิดปกติของไมโตคอนเดรีย ให้สตรีมีครรภ์ ผิดจริยธรรมหรือไม่ โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมกลุ่มทุก ๆ แผนการจัดการเรียนการสอนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมกลุ่ม 20-30 นาที และขั้นอภิปรายในชั้นเรียน 25-30 นาที เมื่อวัดด้วยแบบวัดความสามารถความโต้แย้งหลังเรียน คะแนนความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผล และการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้านสูงกว่ากลุ่มที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษฎา ทองประไพ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน กฤษณา ชินสิญจน์ และอรยา แจ่มใจ (2559) ที่ใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสงคมในหน่วยการเรียนเรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผล และการสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zohar and Nemet (2002) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนอภิปรายเป็นคู่และเป็นกลุ่มในระหว่างอภิปรายในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นและปรับเปลี่ยนความคิด ในสิ่งที่ตนได้พิจารณาคุณค่า ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาทักษะการ

โต้แย้ง และงานวิจัยของ Heng et al. (2015) พบว่า การโต้แย้งแบบกลุ่มทำให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งซับซ้อนมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการโต้แย้งแบบเดี่ยว

เหตุผลประการที่ 2 ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ขัดแย้งส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการโต้แย้งร่วมกับความรู้วิทยาศาสตร์ในระหว่างการอภิปรายในชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dawson and Venville (2009) ที่กล่าวว่า ในระหว่างที่นักเรียนอภิปรายประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมในชั้นเรียน นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการพูด และเขียน ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมการโต้แย้งและพัฒนาทักษะการโต้แย้ง นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Venville and Dawson (2010) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีการให้ข้อโต้แย้งที่ซับซ้อนและมีคุณภาพมากกว่า และมีการอธิบายเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ มีหลักการมากกว่ากลุ่มควบคุม

จากผลการวิจัย ค่าเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 5 ประการ คือ

เหตุผลประการที่ 1 นักเรียนไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็น จากการสัมภาษณ์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน นักเรียนบางส่วนหลีกเลี่ยงการแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม มีความเขินอายในการตอบ และคำตอบส่วนใหญ่ยังคงอยู่ภายในบทความที่ให้ไว้ประกอบการเขียนตอบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นกับห้องที่สอนด้วยวิธีการสอนทั่วไปมากกว่า อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของวัฒนธรรมที่ทำให้เกิดความยากในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง วัฒนธรรมที่ถูกฝังลึกในสังคม ปรัชญา และการศึกษา ทำให้นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และนักเรียนส่วนใหญ่ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไม่ได้สร้างและใช้ข้อโต้แย้งในห้องเรียน (Lin & Mintzes, 2010) ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง ไม่เพียงเป็นการออกแบบหลักสูตรที่เหมาะสม หรือการที่ครูมีกลยุทธ์ในการสอนเท่านั้น แต่บรรยากาศในการเรียนรู้ โดยเฉพาะมุมมองการสอนหรือการเรียนรู้ก็มีผลด้วย ซึ่งครูควรสร้างสภาพแวดล้อมที่ทำให้นักเรียนรู้สึกสบายใจที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเอง (nonthreatening environment) และละทิ้งบรรยากาศการเรียนรู้ที่ครูเป็นศูนย์กลาง เพื่อประโยชน์ในการกระตุ้นให้นักเรียนพูดหรือเขียนความเห็นของตนเองเกี่ยวกับประเด็นที่มีความขัดแย้ง เพื่อให้โอกาสนักเรียนในการสร้าง ท้าทาย ปรับและปกป้องข้อกล่าวอ้าง เพื่อทำให้นักเรียนมีความตระหนักถึงเสียงของตนเอง และขณะเดียวกัน ก็รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย (Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez, & Duschl, 2000)

เหตุผลประการที่ 2 กิจกรรมที่ใช้ในการการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบ และการทดลอง เช่นเดียวกับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมในขั้นที่ 3 การสอนอย่างเป็นทางการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fielding-Wells and Makar (2012) ที่กล่าวว่า การสอนโดยใช้การสืบสอบ ทำให้นักเรียนมีความเชี่ยวชาญ และสามารถให้หลักฐานเพิ่มเติมสำหรับการสร้างข้อคัดค้านได้ นอกจากนี้กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจหรือสังเกต ซึ่งได้ข้อมูลเป็นตัวเลขหรือข้อมูลเชิงพรรณนาต่าง ๆ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสร้างข้อกล่าวอ้างหรือข้อคัดค้าน (Aikenhead, 2006)

เหตุผลประการที่ 3 เนื่องจากเวลาจำกัด ผู้วิจัยไม่ได้ให้นักเรียนสะท้อนกลับ ในการเขียนตอบแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ปรับแก้ไขการเขียนการโต้แย้งของตนเอง จากงานวิจัยของ Zhu et al. (2017) ที่วิเคราะห์ปัญหาของการเขียนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนที่ปรับแก้ไขหลังได้รับผลสะท้อนกลับ มีคะแนนสุดท้ายสูงกว่านักเรียนที่ไม่ทำการปรับแก้ไขอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการปรับแก้ไขหนึ่งครั้ง มีความสัมพันธ์กับคะแนนที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยครั้งละ 0.55 ของคะแนนสอบครั้งสุดท้าย นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่ได้คะแนนสูงตั้งแต่ต้นมีการปรับแก้ไขการเขียนอย่างสม่ำเสมอ และนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77) เมื่อได้รับผลสะท้อนกลับจะปรับแก้ไขการเขียนการโต้แย้งของตนเอง

เหตุผลประการที่ 4 ผู้วิจัยขาดการเสนอแนะวิธีการเลือกหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนเหตุผลของตนเอง จากการเขียนตอบคำถามของนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ยกตัวอย่างหลักฐานอย่างน้อยหนึ่งหลักฐานที่นำมาจากบทความ และไม่ได้พิจารณาความน่าเชื่อถือของหลักฐานที่ให้เป็นแหล่งที่มาของข้อมูลไว้ที่ท้ายบทความ สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้มาจากการสัมภาษณ์ครูจำนวน 30 คน ของ Levinson (2006) ที่พบว่า ครูมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องต้องสนับสนุนนักเรียนให้เห็นความสำคัญ และฝึกฝน การเลือกหลักฐานในประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่ขัดแย้งกัน รวมถึงควรตรวจสอบแหล่งที่มา ความเชื่อถือ และความถูกต้องของหลักฐานอย่างเข้มงวด เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสนกับข้อเท็จจริงและความรู้ของประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมศึกษา

เหตุผลประการที่ 5 ระยะเวลา 17 ชั่วโมง ยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง เพื่อให้เห็นความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากงานวิจัยของ Zohar and Dori (2003) กล่าวว่า นักเรียนควรได้ใช้เวลาในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งในช่วง 20-39 ชั่วโมง เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสในการวิเคราะห์ข้อมูล ฝึกฝนการแก้ปัญหา และตั้งคำถามผ่านกรณีศึกษาที่เป็นประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งการให้เวลากับนักเรียนในการฝึกฝน ทำให้นักเรียน

กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ ได้รับคำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม และไต่ระดับไปสู่การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง

2. มโนทัศน์ชีววิทยา

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม มีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 3 ประการ

เหตุผลประการที่ 1 ขั้นการแนะนำเนื้อหา ซึ่งเป็นขั้นที่ต้องสร้างความสนใจจากข่าวในนิตยสาร บทความ และโฆษณา หรืออาจนำเสนอวีดิทัศน์ ของความขัดแย้ง ของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีแรงจูงใจในการเรียน จากการสังเกตนักเรียนในระหว่างที่เริ่มขั้นการแนะนำเนื้อหาเพื่อเข้าสู่บทเรียน สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้รับการสอนประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมเกิดความสนใจและเชื่อมโยงกับชีวิต (Albe, 2008; Dawson & Venville, 2013; Dori, Tal, & Tsaushu, 2003; Zeidler et al., 2009) ซึ่งจากงานวิจัยของ Dawson and Venville (2013) ให้เหตุผลว่า การที่นักเรียนมีการเรียนรู้ที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากนักเรียนได้เป็นส่วนหนึ่งของการโต้แย้ง ส่งผลนักเรียนมีความสนใจและมีแรงจูงใจในการเรียน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีความแตกต่างจากกิจกรรมที่เรียนในห้องเรียนปกติ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ (Topcu, 2010) และความสนใจทำให้เกิดความปรารถนาที่จะติดตามหาความรู้ (Hengsheng, Shumin, & Ya'nan, 1984)

เหตุผลประการที่ 2 กิจกรรมกลุ่มที่มีการโต้แย้งกันในขั้นที่ 4 ทำให้นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์ของตนเองในระหว่างเจรจาต่อรองในกิจกรรมโต้แย้ง เป็นผลให้มีมโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Pinzino (2012) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งในบริบทที่ใช้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อมีมโนทัศน์แล้ว จะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการจำถูกต้องอย่างแม่นยำ มีข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและแยกวิทยาศาสตร์ออกจากวิทยาศาสตร์เทียม (pseudoscience) ได้ ซึ่งระดับความเข้าใจมโนทัศน์กับความสามารถในการโต้แย้ง มีอิทธิพลต่อกัน อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ มีอิทธิพลต่อความสามารถของการสร้างข้อโต้แย้งให้มีคุณภาพและมีความซับซ้อน และกระบวนการโต้แย้งมีอิทธิพลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องนั้นด้วย (Aufschnaiter, Erduran, Osborne, & Simon, 2008; Pinzino, 2012; Sadler, 2004; Sadler & Fowler, 2006; Venville & Dawson, 2010)

เหตุผลประการที่ 3 ขั้นที่ 5 การพัฒนาคำถามตามบริบท ของการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นขั้นที่นักเรียนต้องใช้มโนทัศน์ชีววิทยาพื้นฐาน และครูรวบรวมมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับ 4 มโนทัศน์ ได้แก่ การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การย่อยอาหารของสัตว์ การย่อยอาหารของคน การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนและการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อแก้ไขในระหว่างที่ใช้คำถาม ซึ่งพบว่า หลังเรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมมีแนวโน้มคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU) ความเข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) มีความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนแต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PUSAC) หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบทั่วไป ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับการสอนแบบทั่วไป มีแนวโน้มคะแนนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนหลังเรียน (Specific Alternative Conception: SAC) และความเข้าใจผิด (No Understanding: NU) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Posner and Hewson (1982) ที่เสนอเกี่ยวกับการปรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนว่า การปรับมโนทัศน์นั้นครูต้องมีความชัดเจนกับมโนทัศน์ที่จะสอน และมโนทัศน์ที่ใช้สอนต้องสอดคล้องกับความเชื่อและความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน และเนื่องจากการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง และนักเรียนได้ใช้เหตุผลของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และทำให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์มากขึ้น (Çalık et al., 2009)

Chulalongkorn University

ข้อจำกัด

จากการจัดการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมทั้ง 4 แผน ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อจำกัดสำหรับการจัดการเรียนการสอนนี้ได้ดังต่อไปนี้

1. จำนวนของกลุ่มตัวอย่างลดลง เนื่องจากนักเรียนบางคนย้ายโรงเรียนหรือย้ายสายการเรียนในระหว่างทำวิจัย ผู้วิจัยจำเป็นต้องตัดข้อมูลที่ขาดหายไปเพื่อให้การวิเคราะห์ไม่ส่งผลกับการสรุปผลการวิจัย

2. จากนโยบายลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ ทางโรงเรียนให้มีการลดเวลาเรียนวิชาชีววิทยาจากเดิม 150 นาที ต่อสัปดาห์ เป็น 120 นาที ต่อสัปดาห์ และเพื่อให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหาครบตามหลักสูตรทำให้แผนที่ใช้ในการทดลองมีการปรับเวลาในการทำกิจกรรมลดลง

3. ความยากในการสร้างบทความที่ใช้ในการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งให้ตรงหรือครอบคลุมเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียน ส่งผลให้การวัดความสามารถในการโต้แย้งบางครั้ง ไม่อาจวัดมโนทัศน์ที่นักเรียนได้เรียนร่วมด้วยได้

4. การให้ผลสะท้อนกลับ (Feedback) แก่นักเรียนหลังนักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง เนื่องจากระยะเวลาในการสอนนักเรียนถูกปรับจากสัปดาห์ละ 2 ครั้งต่อ เป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง จึงทำให้ไม่สามารถให้ผลสะท้อนกลับนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนไม่รู้ทิศทางในการปรับการเขียนเพื่อแสดงถึงความสามารถในการโต้แย้งของตน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้ง และมโนทัศน์ชีววิทยาของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนควรมีการปฏิบัติดังนี้

1.1 ประเด็นที่ใช้ในขั้นการแนะนำเรื่อง หรือเนื้อหาวิชา ควรเป็นประเด็นที่เกี่ยวโยงโดยตรงหรือทางอ้อมกับนักเรียน เพื่อทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและตระหนักถึงการเรียนชีววิทยา หรืออาจเปลี่ยนบทบาทจากครูนำเสนอประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมจากความคิดของครู เป็นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ตนสนใจ เพื่อให้ครูนำมาจัดกลุ่มประเด็นหรือคัดกรองประเด็นเพื่อให้เหมาะสมกับบทเรียนที่ใช้ โดยครูจำเป็นต้องอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมกับนักเรียนให้ชัดเจน

1.2 กิจกรรมที่ใช้จัดการเรียนการสอนนักเรียนในขั้นการสอนอย่างเป็นทางการ ครูสามารถนำวิธีการสอนหรือเทคนิคการส่วนต่าง ๆ มาใช้ร่วมด้วยเพื่อให้การสอนอย่างไม่เป็นทางการมีประสิทธิภาพในการถ่ายโอนความรู้สูงสุด ซึ่งควรเป็นกิจกรรมที่ท้าทายให้นักเรียนได้ใช้ความคิด และหรือแข่งขันเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ในห้องเรียน

1.3 ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม ครูควรกำหนดเวลาให้ชัดเจน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับข้อจำกัดของเวลา เพื่อให้นักเรียนมีเป้าหมายอย่างเดียว คือการทำกิจกรรมในห้องเรียน ครูไม่ควรตัดสินความคิดเห็นของนักเรียนว่าความคิดเห็นใดผิดหรือถูก แต่ควรชี้แนะให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ครูไม่ควรแสดงสีหน้าและอารมณ์ที่ทำให้นักเรียนนักเรียนรู้สึกว่าความคิดเห็นของตนเองผิด และครูควรควบคุมการโต้แย้งระหว่างกลุ่มของนักเรียน เมื่อเริ่มสังเกตว่านักเรียนใช้อารมณ์ในการแสดงข้อคัดค้าน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการปรับรูปแบบของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนให้ตอนที่ 2 ของแบบวัดปรนัย 2 ตอน เป็นแบบอัตนัย เพื่อให้นักเรียนได้เขียนแสดงคำตอบตามมโนทัศน์ที่ตนเองมี ซึ่งจะสามารถนำผลการวัดไปการวิเคราะห์ผลได้แน่ว่า นักเรียนมีมโนทัศน์อยู่เดิมบ้างแล้วหรือไม่มีเลย

2.2 ควรมีการปรับระยะเวลาในการใช้การสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมให้ยาวขึ้น และอยู่ระหว่าง 20–39 ชั่วโมง ความสามารถในการโต้แย้งเกิดจากการเรียนรู้ของปัจเจกบุคคล เนื่องจากทักษะการโต้แย้ง ต้องอาศัยเวลาระยะหนึ่งเพื่อให้นักเรียนรู้สึกคุ้นเคย และให้สนิทใจที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองกับครูผู้สอน

2.3 เนื่องจากในระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม นักเรียนมีพัฒนาการในการกล้าแสดงออกและกล้าถามโต้แย้งในห้องเรียนมากขึ้น ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคงทนในการเรียนรู้

2.4 เนื่องจากความสามารถในการโต้แย้งสามารถวัดได้จากการเขียน การสัมภาษณ์ การสังเกตพฤติกรรม ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ศึกษาวิธีการวัดความสามารถในการโต้แย้งวิธีอื่น เช่น การวัดความสามารถในการโต้แย้งการสังเกตกลุ่มย่อยและเดี่ยวโดยใช้ผังการอภิปราย (discussion map) ของ Maloney and Simon (2006) การวัดผ่านการแสดงบทบาทสมมติและการโต้วาทีของ Simonneaux (2001) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฤษฎา ทองประไพ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน กฤษณา ชินสิญจน์ และอรยา แจ่มใจ. (2559). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, *7*(1), 1697-1707.

เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). ผลการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผดุงยศ ดวงมาลา. (2523). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. (2556). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง การรักษาดุลยภาพของร่างกายและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิชย์.

ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง. (2559). สิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. วารสารปาริชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ, *28*(2), 109-1437.

ศศินันท์ วงศ์อนันต์. (2557). การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยศาสตร์โดยใช้การเรียนผสมผสานตามรูปแบบของ Lin และ Mintzes กับการเรียนผสมผสานตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียรนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ที่มีแรงจูงใจฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2554, 2 มีนาคม 2554). เผยเด็กไทยวิกฤติทางความคิด เหตุระบบการศึกษาไม่หนุน. หนังสือพิมพ์บ้านเมือง. Retrieved from http://www.thaihealth.or.th/Content4608-เด็กไทยวิกฤติทางความคิดเพราะระบบการศึกษาไทยไม่หนุน.html

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2559). คู่มือการประเมิน PRE O-NET ปีการศึกษา 2559. Retrieved 1 กรกฎาคม 2560, from สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน http://www.mukdahan.org/news_file/p63061861407.pdf

อัญชลี กล้าขยัน. (2557). การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบผสมผสานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกัน. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อัญทิวา กุลรัตน์วงศกร. (2556). การเปรียบเทียบผลการเรียนปรเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบผสมผสานกับรูปแบบการเรียนปกติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีระดับการคิดเชิงเหตผลต่างกัน. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อัศวิน ธะนะปัด ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และพัฒนี จันทรโรทัย. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. Paper presented at the 34th The National Graduate Research Conference.

ภาษาอังกฤษ

Acar, O., Turkmen, L., & Roychoudhury, A. (2010). Student difficulties in socio□scientific argumentation and decision□making research findings: Crossing the borders of two research lines. International Journal of Science Education, *32*(9), 1191-1206. https://doi.org/10.1080/09500690902991805

Aikenhead, G. (2006). Science education for everyday life: Evidence-based practice. New York: Teachers College Press.

Aikenhead, G. (2010). Towards a cultural view on quality science teaching. In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Eds.), The professional knowledge base of science teaching (in press) (pp. 107-127). New York: Springer International Publishing AG.

Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. Research in Science Education, *38*(1), 67-90. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9040-2

Albright, J., Towndrow, P. A., Kwek, D., & Tan, A.-L. (2007). Identity and agency in science education: reflections from the far side of the world. Cultural Studies of Science Education, *3*(1), 145-156. https://doi.org/10.1007/s11422-007-9083-8

Amineh, R. J., & Asl, H. D. (2015). Review of constructivism and social constructivism. Journal of Social Sciences, Literature and Languages, *1*(1), 9-16.

Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, F. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. Journal of Research in Science Teaching, *39*(10), 952-978. https://doi.org/10.1002/tea.10053

Andrews, K. E., Tressler, K. D., & Mintzes, J. J. (2008). Assessing environmental understanding: an application of the concept mapping strategy. Environmental Education Research, *14*(5), 519-536. https://doi.org/10.1080/13504620802278829

Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & 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. https://doi.org/10.1002/tea.20213

Beard, J. (2013). Scientific argumentation. The Science Teacher, *80*(5), 1-2.

Berne, B. (2014). Progression in ethical reasoning when addressing socio-scientific issues in biotechnology. International Journal of Science Education, *36*(17), 2958-2977. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.941957

Bingle, W. H., & Gaskell, P. J. (1994). Scientific literacy for decisionmaking and the social construction of scientific knowledge. Science Education, *78*(2), 185-201. https://doi.org/10.1002/sce.3730780206

Bledsoe, K. (2011). Biology 102. Available from Western Oregon University Retrieved October 5, 2016 http://www.wou.edu/~bledsoek/102materials/102studynotes/102ch8.pdf

Bramwell-Lalor, S., & Rainford, M. (2014). The effects of using concept mapping for improving advanced level biology students' lower- and higher-order cognitive skills. International Journal of Science Education, *36*(5), 839-864. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.829255

Bruner, J. (1957). On perceptual readiness. Psychology Review, *64*(2), 123-152. https://doi.org/10.1037/h0043805

Bruner, J., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1967). A study of thinking. New York: A Wiley publication in psychology.

Çalık, M., Ayas, A., & Ebenezer, J. V. (2009). Analogical reasoning for understanding solution rates: students' conceptual change and chemical explanations. Research in Science & Technological Education, *27*(3), 283-308. https://doi.org/10.1080/02635140903162611

Chang, C.-Y., Yeh, T.-K., & Barufaldi, J. P. (2010). The positive and negative effects of science concept tests on student conceptual understanding. International Journal of Science Education, *32*(2), 265-282. https://doi.org/10.1080/09500690802650055

Chen, h.-H., & She, H.-C. (2012). The impact of recurrent on-line synchronous scientific argumentation on students' argumentation and conceptual change. Educational Technology & Society, *15*(1), 197-210.

Christenson, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2015). A framework for teachers' assessment of socio-scientific argumentation: An example using the GMO issue. Journal of Biological Education, *49*(2), 204-212. https://doi.org/10.1080/00219266.2014.923486

Cobb, P. B., J. (1999). Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. Educational Researche, *28*(2), 4-15. https://doi.org/10.3102/0013189X028002004

Cohen, J. W. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edn ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Colucci-Gray, L. (2013). Beyond evidence: A critical appraisal of global warming as a socio-scientific issue and a reflection on the changing nature of scientific literacy in school. Cultural Studies of Science Education, *9*(3), 633-647. https://doi.org/10.1007/s11422-013-9556-x

Crowl, T. K., Kaminsky, S., & Podell, D. M. (1997). Educational psychology: Windows on teaching. Madison: Brown & Benchmark Publishers.

da Silva, P. R., de Andrade, M. A. B. S., & de Andrade Caldeira, A. M. (2015). Biology teachers' conceptions of the diversity of life and the historical development of evolutionary concepts. Journal of Biological Education, *49*(1), 3-21. https://doi.org/10.1080/00219266.2014.882377

Dawson, V., & Venville, G. J. (2008). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. Research in Science Education, *40*(2), 133-148. https://doi.org/10.1007/s11165-008-9104-y

Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? International Journal of Science Education, *31*(11), 1421-1445. https://doi.org/10.1080/09500690801992870

Dawson, V., & Venville, G. J. (2013). Introducing high school biology students to argumentation about socioscientific issues. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, *13*(4), 356-372. https://doi.org/10.1080/14926156.2013.845322

Dori, Y. J., Tal, R. T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies—can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? Science Education, *87*(6), 767-793. https://doi.org/10.1002/sce.10081

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, *84*(3), 287-312. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). Making sense of secondary science: Research into children's ideas (R. Driver, P. Rushworth, & A. Squires Eds.). New York: Routledge Education Classic Edition.

Ekborg, M. a. (2008). Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. Journal of Biological Education, *42*(2), 60-65. https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656112

Feierabend, T., & Eilks, I. (2010). Raising students' perception of the relevance of science teaching and promoting communication and evaluation capabilities using authentic and controversial socio-scientific issues in the framework of climate change. Science Education International, *21*(3), 176-196.

Fetsco, T., & McClure, J. (2005). Education Psychology. Boston: Pearson Education, Inc.

Fielding-Wells, J., & Makar, K. (2012). Developing primary students' argumentation skills in inquiry-based mathematics classrooms. Paper presented at the The future of learning: The future of learning: Proceedings of the 10th international conference of the learning sciences, Sydney, Australia.

Foong, C.-C., & Daniel, E. G. S. (2013). Students' argumentation skills across two socio-scientific issues in a Confucian classroom: Is transfer possible? International Journal of Science Education, *35*(14), 2331-2355. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.697209

Greeno, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. American Psychologist, *53*, 5-26. https://doi.org/10.1037//0003-066X.53.1.5

Gresch, H., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. International Journal of Science Education, *35*(15), 2587-2607. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789

Griffard, P. B., & Wandersee, J. H. (2001). The two-tier instrument on photosynthesis: What does it diagnose? International Journal of Science Education, *23*(10), 1039-1052. https://doi.org/10.1080/09500690110038549

Hall, A. (2017). Situated Learning. Available from Northern Illinois University Retrieved July 10, 2017, from Faculty Development and Instructional Design Center http://www.niu.edu/facdev/_pdf/guide/strategies/situated_learning.pdf

Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? International Journal of Science Education, *37*(3), 505-528. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147

Hengsheng, W., Shumin, L., & Ya'nan, L. (1984). Ideals, motivations, and interests. Chinese Education, *17*(4), 62-71. https://doi.org/10.2753/CED1061-1932170462

Hess, K. (2013). A guide for using webb's depth of knowledge with common core state standards (pp. 1-24). Retrieved from https://education.ohio.gov/getattachment/Topics/Teaching/Educator-Evaluation-System/How-to-Design-and-Select-Quality-Assessments/Webbs-DOK-Flip-Chart.pdf.aspx

Jacobson, D. (1990). Science for children a book for teachers. New Jersey: Prentice Hall.

Jacobson, D., Eggen, P., Kauchak, D., & Dulaney, C. (1985). Methods for teaching a skills approach. Columbus: Merrill.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. Science Education, *84*(6), 757-792. https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F

Johstone, A. H. (1993). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. Teaching Learning and Assessment in Science Education, *7*(2), 75-83. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

Jönsson, A. (2016). Student performance on argumentation task in the Swedish National Assessment in science. International Journal of Science Education, *38*(11), 1825-1840. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1218567

Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A., & Wilson, J. (2011). Peer argumentation in the school science laboratory—Exploring effects of task features. International Journal of Science Education, *33*(18), 2527-2558. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.550952

King, D. T., & Ritchie, S. M. (2013). Academic success in context-based chemistry: Demonstrating fluid transitions between concepts and context. International Journal of Science Education, *35*(7), 1159-1182. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.774508

Klausmeier, H. J. (1985). Educational psychology (5th ed.). New York: Harper & Row.

Klopfer, L. (1971). Evaluation of learning in science. In B. S. Bloom, T. J. Hastings, & G. F. Madaus (Eds.), Handbook on formative and summative evaluation of student learning (pp. 923). New York: McGraw-Hill.

Klosterman, M. L., & 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. https://doi.org/10.1080/09500690902894512

Kolsto, S. D. (2001). 'To trust or not to trust,...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. International Journal of Science Education, *23*(9), 877-901. https://doi.org/10.1080/09500690010016102

Kongpa, M., Jantaburom, P., Byne, D., Obmasuy, N., & Yuenyong, C. (2014). Kindergarten's scientific concepts and skills in the tree unit. Paper presented at the 5th World Conference on Educational Sciences, Rome, Italy. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814005473

Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. Child Development, *74*(5), 1245-1260. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00605

Latourelle, S. M., Poplawsky, A., Shmaefsky, B., & Musante, S. (2010). Using socioscientific issues-based instruction. Available from Science Education Resource Center Retrieved April 29, 2016 http://serc.carleton.edu/48963

Lave, J., & Wenger, E. (1991). Situated learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Lee, C. T. (2009). Implications on TIMSS & PISA scientific achievement among junior high school students in Taiwan. Study Information, *26*(6), 73-88.

Lee, Y. C. (2007). Developing decision-making skills for socio-scientific issues. Journal of Biological Education, *41*(4), 170-177. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656093

Levinson, R. (2006). Teachers' perceptions of the role of evidence in teaching controversial socio-scientific issues. The Curriculum Journal, *17*(3), 247-262. https://doi.org/10.1080/09585170600909712

Lewis, S. E. (2003). Issue-Based Teaching in Science Education. Available from American Institute of Biological Sciences Retrieved September 30, 2016 http://www.actionbioscience.org/education/lewis.html

Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscientific issues: The effect of Ability Level. International Journal of Science and Mathematics Education, *8*(6), 993-1017. https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6

Lin, S.-W. (2004). Development and application of a two-tier diagnostic test for high school students' understanding of flowering plant growth and development. International Journal of Science and Mathematics Education, *2*(2), 175-199. https://doi.org/10.1007/s10763-004-6484-y

Löfgren, L., & Helldén, G. (2009). A longitudinal study showing how students use a molecule concept when explaining everyday situations. International Journal of Science Education, *31*(12), 1631-1655. https://doi.org/10.1080/09500690802154850

Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. International Journal of Science Education, *28*(15), 1817-1841. https://doi.org/10.1080/09500690600855419

Marshall, S. P. (1990). Generic good items for diagnostic tests N. Frederiksen, R. Glaser, A. Lesgold, & M. G. Shafto (Eds.), *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition* (pp. 433-452). https://doi.org/10.4324/9780203056899

Mason, L., & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. Learning and Instruction, *16*(5), 492-509. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.007

Maynard Wang, M. N., Wu, K. C., & Iris Huang, T. C. (2007). A study on the factors affecting biological concept learning of junior high school students. International Journal of Science Education, *29*(4), 453-464. https://doi.org/10.1080/09500690601073152

McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. Science Education, *93*(2), 233-268. https://doi.org/10.1002/sce.20294

McNeill, K. L., Katsh-Singer, R., González-Howard, M., & Loper, S. (2016). Factors impacting teachers' argumentation instruction in their science classrooms. International Journal of Science Education, *38*(12), 2026-2046. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1221547

Mitchell, S. (2001). What is this thing called argument? London: Middlesex University Press.

Nadelson, L. S., & Southerland, S. A. (2009). Development and preliminary evaluation of the measure of understanding of macroevolution: Introducing the MUM. The Journal of Experimental Education, *78*(2), 151-190. https://doi.org/10.1080/00220970903292983

National Research Council. (2011). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas https://doi.org/10.17226/13165

Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2007). Educational Assessment of Students. New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall.

Norris, S. P., Philips, L. M., & Osborne, J. F. (2007). Scientific inquiry: The place of interpretation and argumentation. In J. Luft, R. L. Bell, & J. Gess-Newsome (Eds.), In science as inquiry in the secondary setting. Arlington: National Science Teachers Association.

Odom, A. L., & Barrow, L. H. (2007). High school biology students' knowledge and certainty about diffusion and osmosis concepts. School Science and Mathematics, *107*(3), 94-101. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2007.tb17775.x

OECD. (2013). PISA 2015 DRAFT SCIENCE FRAMEWORK. Available from Organization for Economic Co-operation and Development Retrieved July 1, 2017 https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf

Pinzino, D. W. (2012). Socioscientific issues: A path towards advanced scientificliteracy and improved conceptual understanding of socially controversial scientific theories. (Ed.S.), University of South Florida, Scholar Commons. Retrieved from http://scholarcommons.usf.edu/etd/4387

Posner, S., & Hewson. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Journal of Science Education, *66*(2), 211-227.

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., MerleJohnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. Science Educator, *22*(1), 26-32.

Pugh, K. J., Koskey, K. L. K., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). High school biology students' transfer of the concept of natural selection: A mixed-methods approach. Journal of Biological Education, *48*(1), 23-33. https://doi.org/10.1080/00219266.2013.801873

Radunz, A. (2012). Back to basics: Ruminant digestive system. Available from University of Wisconsin-Extension Retrieved September 30, 2016 http://fyi.uwex.edu/wbic/2012/01/18/back-to-basics-ruminant-digestive-system/

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). Science education fro citizenship. Philadelphia: Open University Press.

Roberts, R., & Gott, R. (2010). Questioning the evidence for a claim in a socio□ scientific issue: An aspect of scientific literacy. Research in Science & Technological Education, *28*(3), 203-226. https://doi.org/10.1080/02635143.2010.506413

Romey, W. D. (1968). Inquiry techniques for teaching science. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. Journal of Research in Science Teaching, *41*(5), 513-536. https://doi.org/10.1002/tea.20009

Sadler, T. D. (2011). Socio-scientific issues-based education: What we know about science education in the context of SSI. In T. D. Sadler (Ed.), Socio-scientific Issues in the classroom (Vol. 39). London Springer Science.

Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific argumentation: The effects of content knowledge and morality. International Journal of Science Education, *28*(12), 1463-1488. https://doi.org/10.1080/09500690600708717

Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. Science Education, *90*(6), 986-1004. https://doi.org/10.1002/sce.20165

Sadler, T. D., Klosterman, M. L., & Topcu, M. S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. In T. D. Sadler (Ed.), Socio-scientific issues in the classroom New York: Springer International Publishing AG.

Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. Science Education, *89*(1), 71-93. https://doi.org/10.1002/sce.20023

Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. Research in Science Teaching, *49*(9), 1122-1148. https://doi.org/10.1002/tea.21037

Sampson, V., & Schleigh, S. (2016). Scientific argumentation in biology : 30 classroom activities. Arlington: National Science Teachers Association.

Santrock, J. W. (2006). Education psychology : Update :preparing for PRAXIS and practice New York: McGraw-Hill.

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2007). Science education and youth's identity construction: Two incompatible projects? In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Eds.), The re-emergence of values in science education (pp. 231–247). Rotterdam: Sense Publishers.

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. International Journal of Science Education, *23*(9), 903-927. https://doi.org/10.1080/09500690010016076

Slotte, V., & Lonka, K. (1999). Spontaneous concept maps aiding the understanding of scientific concepts. International Journal of Science Education, *21*(5), 515-531. https://doi.org/10.1080/095006999290552

Sothayapetch, P., Jari, L., & Juuti, K. (2013). A comparative analysis of PISA scientific literacy framework in Finnish and Thai science curricula. Science Education International, *24*(1), 78-97.

Taber, K. S. (1999). Probing Understanding. Retrieved June 7, 2017, from University of Cambridge Faculty of Education https://camtools.cam.ac.uk/access/content/group/cbe67867-b999-4f62-8eb7-58696f3cedf7/Teaching%20Resources/Taber%20_1999_%20Probing%20Understanding.pdf

Topcu, M. S. (2010). Development of attitudes towards socioscientific issues scale for undergraduate students. Evaluation&Research in Education, *23*(1), 51-67. https://doi.org/10.1080/09500791003628187

Toulmin, S. E. (2003). The uses of argument. Cambridge: Cambridge University Press.

Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2007). The Taiwan national science concept learning study in an international perspective. International Journal of Science Education, *29*(4), 391-403. https://doi.org/10.1080/09500690601072790

Tsai, C.-Y. (2015). Improving students' PISA scientific competencies through online argumentation. International Journal of Science Education, *37*(2), 321-339. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.987712

Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two□tier diagnostic instrument. International Journal of Science Education, *32*(8), 1073-1098. https://doi.org/10.1080/09500690902951429

UNESO. (2008). Science education policy-making. Available from The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization Retrieved April 29, 2016 http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001567/156700e.pdf

van Eemeren, F. H., & Grootendorst, R. (2004). A systematic theory of argumentation: the pragma-dialectical approach. Cambridge: Cambridge University Press.

Venville, G., & Dawson, V. (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. https://doi.org/10.1002/tea.20358

von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & 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. https://doi.org/10.1002/tea.20213

Voss, J. F., & Means, M. L. (1991). Learning to reason via instruction in argumentation. Learning and Instruction, *1*(4), 337-350. https://doi.org/10.1016/0959-4752(91)90013-X

Vygotsky, L. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press.

Vygotsky, L. (2012). Thought and Lannguage (E. Hanfmann, G. Vakar, & A. Kozulin Eds.). Cambridge: MIT Press.

Walker, K. A., & Zeidler, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. International Journal of Science Education, *29*(11), 1387-1410. https://doi.org/10.1080/09500690601068095

Wilmes, S., & Howarth, J. (2009). Using issues-based science in the classroom: Challenging students to think critically about the role of science in society. The Science Teacher, *76*(7), 24-29.

Chulalongkorn University

Winn, W. D. (1993). An account of how readers search for information in diagrams. Contemporary Educational Psychology, *18*(2), 162-185. https://doi.org/10.1006/ceps.1993.1016

Wu, Y. T., & Tsai, C. C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio□ scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. International Journal of Science Education, *29*(9), 1163-1187. https://doi.org/10.1080/09500690601083375

Zeidler, D. L. (Ed.) (2003). The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education. London: Kluwer Academic Press.

Zeidler, D. L., Applebaum, S. M., & Sadler, T. D. (2011). Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. In T. D. Sadler (Ed.), Socio-scientific issues in the classroom New York: Springer International Publishing AG.

Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. Journal of Elemantary Science Education, *21*(2), 49-58. https://doi.org/10.1007/BF03173684

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Applebaum, S., & Callahan, B. E. (2009). Advancing reflective judgment through socioscientific Issues. Journal of Research in Science Teaching, *46*(1), 74-101. https://doi.org/10.1002/tea.20281

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. Science Education, *89*(3), 357-377. https://doi.org/10.1002/sce.20048

Zhu, M., Lee, H.-S., Wang, T., Liu, O. L., Belur, V., & Pallant, A. (2017). Investigating the impact of automated feedback on students' scientific argumentation. International Journal of Science Education, 1-21. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1347303

Zieglercorresponding, B., Montplaisir, L., & Batzli, J. (2014). Student perceived and determined knowledge of biology concepts in an upper-level biology course. CBE-Life Sciences Education, *13*(2), 322-330. https://doi.org/10.1187/cbe.13-09-0175

Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive? Journal of the Learning Sciences, *12*(2), 145-181. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1202_1

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. Journal of Research in Science Teaching, *39*(1), 35-62. https://doi.org/10.1002/tea.10008

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนการสอน

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.พนัส ธรรมกีรติวงศ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์อุทัยวรรณ เบญจศาสตร์	ข้าราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพนมรุ้ง

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ น.สพ.ดร.วีระศักดิ์ ฟุ้งเฟื่อง	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ตุลารัฐ ทุมมากรณ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

1. อาจารย์ ดร.อัครเดช เกตุฉ่ำ	อาจารย์คณะครุศาสตร์ สาขาวิชาการประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร อนันตะเศรษฐกุล	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์วันเพ็ญ เต็งประวัติ	ข้าราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพนมรุ้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

2. แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทความสำหรับแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียน เรื่อง “การอดอาหารเพื่อลดความอ้วน”

แม้การลดน้ำหนักมีหลากหลายวิธียอดฮิต แต่มีหลายคนเลือกใช้วิธีลัดด้วย “การอดอาหาร” เพื่อจะได้ติดลบพลังงานเร็วขึ้น ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล นักกำหนดอาหารวิชาชีพ USA ได้อธิบายว่า การอดอาหารส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงอย่างรวดเร็วแค่เพียงช่วงแรกเท่านั้น หลังจากนั้นร่างกายจะลดระดับการใช้พลังงานลงจนกระทั่งระดับการใช้พลังงานเท่ากับพลังงานที่ได้รับจากอาหาร น้ำหนักตัวก็จะคงที่ แต่คนส่วนใหญ่มักจะไม่สามารถอดอาหารได้นาน ดังนั้นเมื่อไม่สามารถทนอดอาหารได้ ก็จะหันกลับมารับประทานเท่าเดิมหรือมากกว่าเดิม ทำให้ร่างกายนำพลังงานส่วนที่เหลือไปเก็บไว้ในรูปของไขมันใต้ผิวหนัง และกลับมาอ้วนเหมือนเดิมหรือมากกว่าเดิม เรียกระบบนี้ว่า “โยโย่เอฟเฟคท์ (yo-yo effect)” นายแพทย์ณรงค์ สหเมธาพัฒน์ ปลัดกระทรวงสาธารณสุข ออกมาเตือนวัยรุ่น อย่าอดอาหารเช้าเพื่อลดน้ำหนัก เนื่องจากจะส่งผลเสีย ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ หิวหนักขึ้น หงุดหงิดง่าย และเสี่ยงอ้วนง่ายกว่าเดิม จากการกินจุบจิบ กินชดเชยเพราะหิวหนักขึ้น [1] เช่นเดียวกับ Maggie Moon นักโภชนบำบัดในเมืองลอสแอนเจลิส ที่กล่าวว่า การอดอาหารจะทำให้ระบบการเผาผลาญอาหารจะทำงานช้าลง ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้าไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพในการทำงานของสมองก็จะลดลงส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย[2]

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของ Valter Longo และคณะจาก Davis School of Gerontology พบว่า การอดอาหารเลียนแบบการลดความอ้วนทำให้อินซูลินและฮอร์โมนอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกับอินซูลินหรือ IGF1 ที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและโรคเบาหวานต่ำ เมื่อฮอร์โมนเหล่านี้ต่ำจะทำให้เซลล์เจริญเติบโตและพัฒนาช้าลงเป็นผลให้กระบวนการที่เกี่ยวกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคลดลงด้วย[3] และจากการทดลองกับหนูและผู้ป่วยชาวอเมริกันที่เป็นโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็ง (multiple sclerosis) การอดอาหารยังช่วยให้สุขภาพดีขึ้น น้ำหนักลดลง และช่วยให้ลดอาการของโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็งเนื่องจากระหว่างที่อดอาหารร่างกายผลิตคอร์ติโซน (cortisone) เพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตนเอง (autoimmune cells) กระบวนการดังกล่าวทำให้มีการผลิตเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน[4] ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองของ Carol Torgan คือ หนูที่อดอาหารมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกันและระบบต่าง ๆ ดีขึ้น ส่วนในคนที่มีการทดลองคล้ายกับการทดลองของหนูพบว่าระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ น้ำหนักก็ลดลงด้วย แต่ทำให้อ่อนเพลีย เมื่อยล้า และปวดหัว[5]

ที่มา:

1. ชัชชัย นกดี. (2557). ไขข้อสงสัย ทำไมอดอาหารจึงทำให้อ้วน. Retrieved 30 กันยายน 2559, from สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ http://www.thaihealth.or.th/Content/24250-ไขข้อสงสัย%20ทำไมอดอาหารจึงทำให้อ้วน.html
2. Crain, E. (2014). What Happens to Your Body When You Skip a Meal. Retrieved Septemberr 30, 2016, from Rodale Inc. http://www.womenshealthmag.com/weight-loss/effects-of-skipping-meals
3. Connor, A. O. (2016). Fasting Diets Are Gaining Acceptance. Retrieved September 30, 2016, from The New York Times Company http://well.blogs.nytimes.com/2016/03/07/intermittent-fasting-diets-are-gaining-acceptance/?_r=0
4. Gersema, E. (2016). Diet that mimics fasting may also reduce multiple sclerosis symptoms. Retrieved September 30, 2016, from USC University Communications. https://news.usc.edu/101187/diet-that-mimics-fasting-may-also-reduce-multiple-sclerosis-symptoms/
5. Torgan, C. (2015). Health Effects of a Diet that Mimics Fasting. Retrieved September 30, 2016, from National Institutes of Health https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/health-effects-diet-mimics-fasting

ชื่อ_____ชั้น_____เลขที่_____

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียน

เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์

คำชี้แจงในการทำแบบวัด

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 4 ข้อ เวลาที่ใช้ในการสอบ 1 ชั่วโมง
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนตอบลงในข้อสอบ
3. นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากบทความหรือความรู้เดิมนำมาประกอบการตอบคำถาม
4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดให้ผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

---

1. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับ “การอดอาหารเพื่อลดน้ำหนัก” จงเขียนอธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ถ้าเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่า “เหตุผลของเพื่อน” ที่คิดต่างจากนักเรียนคืออะไร

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

3. นักเรียนมีวิธีโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับเหตุผลของนักเรียนอย่างไร

4. จากบทความ หลักฐานใดสนับสนุนเหตุผลของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียน (ตัวอย่างคำตอบ)

เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์

คำชี้แจงในการทำแบบวัด

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 4 ข้อ เวลาที่ใช้ในการสอบ 1 ชั่วโมง นาที
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนตอบลงในข้อสอบ
3. นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากบทความหรือความรู้เดิมนำมาประกอบการตอบคำถาม
4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดให้ผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

1. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับ “การอดอาหารเพื่อลดน้ำหนัก” จงเขียนอธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ

<u>ไม่เห็น</u>ด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน	**<u>เห็นด้วย</u>กับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน**
เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลง ส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า และอาจทำให้เกิดอาการท้องผูก เนื่องจากลำไส้ใหญ่ทำงานผิดปกติ ถ้าอดอาหารไม่ได้และหิวหนักมากขึ้นกว่าเดิมอาจทำให้กลับมาอ้วนเหมือนเดิมหรือกว่าเดิมที่เรียกระบบนี้ว่า “โยโย่เอฟเฟคท์”	เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย และเมื่อการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุ และปัจจัยในการเกิดโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง และลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม ทำให้สุขภาพดีขึ้น

2. ถ้าเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่า “เหตุผลของเพื่อน” ที่คิดต่างจากนักเรียนคืออะไร

ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)	**เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)**
อาจจะมีเหตุผลที่ว่า เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลีย อ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย และเมื่อการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง และลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม ทำให้สุขภาพดีขึ้น	อาจจะมีเหตุผลที่ว่า ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญ น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลง ส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า และอาจทำให้เกิดอาการท้องผูกเนื่องจากลำไส้ใหญ่ทำงานผิดปกติ ถ้าอดอาหารไม่ได้และหิวหนักมากขึ้นกว่าเดิม อาจทำให้กลับมาอ้วนเหมือนเดิมหรือกว่าเดิม ที่เรียกระบบนี้ว่า “โยโย่เอฟเฟคท์”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. นักเรียนมีวิธีโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับเหตุผลของนักเรียนอย่างไร

ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)	**เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)**
คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่าเดิมอีกครั้งเนื่องจากหิวมากขึ้นกว่าเดิม และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้องรังต่าง ๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ	การรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่อดอาหารเท่านั้น ร่างกายจะมีการปรับสภาพเมื่อได้ได้รับอาหารน้อยลง และไม่นานจะมีการเผาผลาญปกติ ถ้าเราออกกำลังกายร่วมด้วยกับการอดอาหารจะส่งผลให้น้ำหนักลดลงกว่าเดิมและและสุขภาพดี

4. จากบทความ หลักฐานใดสนับสนุนเหตุผลของนักเรียน

ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)	**เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน (ข้อ1)**
- ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล นักกำหนดอาหารวิชาชีพ กล่าวว่า คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่า และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้องรังต่าง ๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ - Maggie Moon นักโภชนบำบัดเมืองลอสแอนเจลิส กล่าวว่า การอดอาหารทำให้การเผาผลาญช้าลง - นายแพทย์ณรงค์ สหเมธาพัฒน์ ปลัดกระทรวงสาธารณสุข กล่าวว่า การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลง อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย - Carol Torgan ทดลองกับคน พบว่า การอดอาหารทำให้อ่อนเพลียและเมื่อยล้า - เคยอ่านจากเว็บ Lovefitt ว่า การอดอาหารแล้วดื่มน้ำน้อยทำให้ลำไส้ทำงานผิดปกติส่งผลให้เกิดอาการท้องผูก และถ้าไม่มีอาหารตกถึงท้องทำให้น้ำย่อยในกระเพาะย่อยผิวกระเพาะ	- Carol Torgan กล่าวว่า การอดอาหาร ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ น้ำหนักลดลงกว่าเดิม แต่ทำให้อ่อนเพลีย เมื่อยล้า และปวดหัว - Valter Longo และ Davis กล่าวว่า การอดอาหารเลียนแบบการลดความอ้วน ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ คอร์ติโซนที่ผลิตออกมาจะทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง - Connor กล่าวว่า การอดอาหารทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคลดลง - จากการทดลองของ Gersema พบว่า การอดอาหารลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม ทำให้สุขภาพดีขึ้น - เคยอ่านบทความของ Sushada.ch จาก health.mthai.com ว่า ถ้าเราออกกำลังกายร่วมด้วยกับการอดอาหารจะส่งผลให้น้ำหนักลดลง

ตัวอย่างในการคิดคะแนนความสามารถในการโต้แย้งดังนี้

(1) คำถามข้อที่ 1 ซึ่งถามว่า นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับ *“การอดอาหารเพื่อลดน้ำหนัก”* จงเขียนอธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ ตัวอย่างคำตอบ

“ไม่เห็นด้วย เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหาร อาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหาร ซึ่งอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร (เหตุผลที่ 1)”

นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้ มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 1 เหตุผล นักเรียนได้ 1 คะแนนจาก 4 คะแนน

(2) คำถามข้อที่ 2 ถ้าเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่า *“เหตุผลของเพื่อน”* ที่คิดต่างจากนักเรียนคืออะไร ตัวอย่างคำตอบ

“อาจจะเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหาร จะทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ และจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลีย อ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย (เหตุผลที่ 1) และเมื่อร่างกายมีการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง (เหตุผลที่ 2)”

มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 2 เหตุผล นักเรียนได้ 2 คะแนนจาก 4 คะแนน

(3) คำถามข้อที่ 3 นักเรียนมีวิธีโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับเหตุผลของนักเรียนอย่างไร ตัวอย่างคำตอบ

“การรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ จะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่อดอาหารเท่านั้น (ข้อคัดค้านกับข้อที่ 2) ร่างกายจะมีการปรับสภาพได้ เมื่อได้รับอาหารน้อยลง และไม่นานจะมีการเผาผลาญปกติ (การขยายความจากเหตุผล) ถ้าเราออกกำลังกายร่วมด้วยกับการอดอาหาร จะส่งผลให้น้ำหนักลดลงกว่าเดิมและสุขภาพดี (อธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1)”

เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 นักเรียนมีการสร้างข้อคัดค้าน ตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป ไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน มีการขยายความจากเหตุผลและอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1 และมีเหตุผลที่ถูกต้อง นักเรียนได้ 3 คะแนนเต็ม

(4) คำถามข้อที่ 4 จากบทความ หลักฐานใดสนับสนุนเหตุผลของนักเรียน ตัวอย่างคำตอบ

“ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล (แหล่งที่มาของเหตุผล) นักกำหนดอาหารวิชาชีพ กล่าวว่า คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน และมีโอกาสเสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่า และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ (ข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของนักเรียน)”

นักเรียนให้แหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลจากบทความ พร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของตนเอง นักเรียนได้ 2 คะแนนจาก 3 คะแนน

ดังนั้น รวมแล้วนักเรียนคนนี้มีคะแนนภาพรวมเท่ากับ 9 คะแนนจาก 14 คะแนน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
1	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลได้ (Claims)	สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 4 เหตุผลเป็นต้นไป	ไม่เห็นด้วย เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลงส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า และอาจทำให้เกิดอาการท้องผูกเนื่องจากลำไส้ใหญ่ทำงานผิดปกติ ถ้าอดอาหารไม่ได้และหิวหนักมากขึ้นกว่าเดิมอาจทำให้กลับมาอ้วนเหมือนเดิมหรือกว่าเดิมที่เรียกระบบนี้ว่า “โยโย่เอฟเฟคท์”	4
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 3 เหตุผล	ไม่เห็นด้วย เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร /ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง/ น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลงส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า	3
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 2 เหตุผล	ไม่เห็นด้วย เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร /ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง	2
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 1 เหตุผล	ไม่เห็นด้วย เพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร	1
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้	ว่างเปล่าหรือฉันไม่เข้าใจคำถาม	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 20 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
	2) สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้ (Counterarguments) (เปรียบเทียบกับคำถามข้อ 1)	มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจนตั้งแต่ 4 เหตุผลขึ้นไป	อาจจะเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อร่างกายมีการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง/ ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน/ ทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง/ และลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม/ ทำให้สุขภาพดีขึ้น	4
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 3 เหตุผล	อาจจะเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อร่างกายมีการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง/ ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน	3
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 2 เหตุผล	อาจจะเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อร่างกายมีการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง	2
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 1 เหตุผล	อาจจะเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย	1
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือฉันคิดผิดในคำตอบข้อที่ 1 หรือเขียนว่า “แต่ละคนคิดไม่เหมือนกัน”	0

ตารางที่ 20 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
3	3) สามารถสร้างข้อสนับสนุนการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน (Supportive arguments)	เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้านตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป ไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน มีการขยายความจากเหตุผลและอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1 และมีเหตุผลที่ถูกต้อง	การรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่อดอาหารเท่านั้น/// ร่างกายจะมีการปรับสภาพเมื่อได้ได้รับอาหารน้อยลงและไม่นานจะมีการเผาผลาญปกติ// ถ้าเราออกกำลังกายร่วมด้วยกับการอดอาหารจะส่งผลให้น้ำหนักลดลงกว่าเดิมและและสุขภาพดี/	3
		เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้าน 1 ข้อไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน มีการขยายความจากเหตุผลและมีเหตุผลที่ถูกต้อง แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1	การรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่อดอาหารเท่านั้น/// ร่างกายจะมีการปรับสภาพเมื่อได้ได้รับอาหารน้อยลงและไม่นานจะมีการเผาผลาญปกติ//	2
		เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้าน 1 ข้อไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน แต่ไม่มีการขยายความจากเหตุผล และไม่มีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1	การรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเนื่องจากระดับน้ำตาลในเลือดต่ำจะเกิดขึ้นในช่วงแรกที่อดอาหารเท่านั้น///	1
		หมายเหตุ: .ในกรณีที่นักเรียนไม่ได้สร้างข้อคัดค้านขึ้นในข้อ 2 ให้พิจารณาเหตุผลและการอธิบายเหตุผลเสริมว่าเป็นไปในทางเดียวกันกับข้อคำตอบ 1 หรือไม่		
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีการสร้างข้อคัดค้านคำตอบของคำถามข้อที่ 2 หรือเหตุผลไม่สัมพันธ์กับข้อที่ 1	ว่างเปล่าหรือไม่สร้างข้อโต้แย้งสนับสนุน	0

ตารางที่ 20 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (ไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
	4) สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ (ข้อกล่าวอ้างเหตุผล หรือข้อคัดค้าน) (Evidence)	มีแหล่งที่มาของเหตุผลตั้งแต่ 2 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของตนเอง	- ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล นักกำหนดอาหารวิชาชีพ กล่าวว่า คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่า และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้องรังต่างๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ - Maggie Moon นักโภชนบำบัดเมืองลอสแอนเจลิส กล่าวว่า การอดอาหารทำให้การเผาผลาญช้าลง - นายแพทย์ณรงค์ สหเมธาพัฒน์ ปลัดกระทรวงสาธารณสุข กล่าวว่า การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลง อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย - Carol Torgan ทดลองกับคน พบว่า การอดอาหารทำให้อ่อนเพลียและเมื่อยล้า	3
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของตนเอง	- ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล นักกำหนดอาหารวิชาชีพ กล่าวว่า คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่า และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้องรังต่าง ๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ	2
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลหรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผล	- ดร.สุวิมล ทรัพย์วโรบล - นักกำหนดอาหารวิชาชีพ กล่าวว่า คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่า	1
		ไม่มีหลักฐานหรืออธิบายเสริม	ว่างเปล่าหรือเขียนว่าเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
1	1) สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลได้ (Claims and (warrants)	สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 4 เหตุผลเป็นต้นไป	เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง/ ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน/ ทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง/ และลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม/ ทำให้สุขภาพดีขึ้น	4
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีสร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้เหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 3 เหตุผล	เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง/ ซึ่งเมื่อเราอดอาหารร่างกายจะผลิตคอร์ติโซนเพื่อทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน	3
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 2 เหตุผล	เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/ และเมื่อการปรับตัวกับสภาพที่ได้รับอาหารน้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักลดลง	2
		สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้มีเหตุผลประกอบข้อกล่าวอ้าง 1 เหตุผล	เพราะเมื่อร่างกายไม่ได้รับอาหารจะทำให้ น้ำตาลในเลือดต่ำและจะรู้สึกอารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียอ่อนล้าเพียงช่วงหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีการเพิ่มการเผาผลาญของร่างกาย/	1
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้องหรือไม่สร้างข้อกล่าวอ้างที่รับได้	ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	0

ตารางที่ 21 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
	2) สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้ (Counterarguments) (เปรียบเทียบกับคำถามข้อ 1)	มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจนตั้งแต่ 4 เหตุผลขึ้นไป	อาจจะไม่เห็นด้วยเพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร/ ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง/ น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลงส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า/ และอาจทำให้เกิดอาการท้องผูกเนื่องจากลำไส้ใหญ่ทำงานผิดปกติ/ ถ้าอดอาหารไม่ได้และหิวหนักมากขึ้นกว่าเดิมอาจทำให้กลับมาอ้วนเหมือนเดิมหรือกว่าเดิมที่เรียกระบบนี้ว่า “โยโย่เอฟเฟคท์”/	4
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 3 เหตุผล	อาจจะไม่เห็นด้วยเพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร/ ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง/ น้ำตาลในเลือดต่ำทำให้ ประสิทธิภาพของการทำงานของสมองลดลงส่งผลให้อารมณ์แปรปรวนและหงุดหงิดง่าย อ่อนเพลียและเมื่อยล้า/	3
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 2 เหตุผล	อาจจะไม่เห็นด้วยเพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร/ ทำให้อาหารที่ทานเข้าไปก่อนหน้านี้ไม่ได้รับการเผาผลาญอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการเผาผลาญช้าลง/	2
		มีเหตุผลที่เป็นข้อคัดค้านกับข้อ 1 ชัดเจน 1 เหตุผล	อาจจะไม่เห็นด้วยเพราะเมื่ออดอาหารหรือทานอาหารไม่ตรงเวลา น้ำย่อยที่หลั่งมาเพื่อรอย่อยอาหารอาจไปย่อยที่ผนังของกระเพาะอาหารอาจทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร/	1
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือฉันคิดผิดในคำตอบข้อที่ 1 หรือเขียนว่า “แต่ละคนคิดไม่เหมือนกัน”	0

ตารางที่ 21 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
3	3) สามารถสร้างข้อสนับสนุนการโต้แย้งรวมไปถึงข้อคัดค้าน (Supportive arguments)	เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้าน (Counterarguments) ตั้งแต่ 1 ข้อขึ้นไป ไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน มีการขยายความจากเหตุผลและอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1 และมีเหตุผลที่ถูกต้อง	คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน/// ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่าเดิมอีกครั้งเนื่องจากหิวมากขึ้นกว่าเดิม// และยังอาจทำให้เกิดการอักเสบจนเป็นโรคเรื้องรังต่างๆ เช่น โรคกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน เนื่องจากอดอาหารมื้อเช้าเป็นประจำ/	3
		เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้าน (Counterarguments) 1 ข้อไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน มีการขยายความจากเหตุผลและมีเหตุผลที่ถูกต้อง แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1	คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน/// ทำให้เสี่ยงต่อการกลับมาอ้วนมากกว่าเดิมอีกครั้งเนื่องจากหิวมากขึ้นกว่าเดิม//	2
		เมื่อเปรียบเทียบกับคำตอบของข้อคำถามข้อที่ 2 มีการสร้างข้อคัดค้าน (Counterarguments) 1 ข้อไปคัดค้านการโต้แย้งชัดเจน แต่ไม่มีการขยายความจากเหตุผล และไม่มีการอธิบายเหตุผลเสริมจากคำตอบในข้อ 1	คนส่วนใหญ่เมื่อลดน้ำหนักโดยการอดอาหารจะไม่สามารถทำได้นาน///	1
		หมายเหตุ: .ในกรณีที่นักเรียนไม่ได้สร้างข้อคัดค้านขึ้นในข้อ 2 ให้พิจารณาเหตุผลและการอธิบายเหตุผลเสริมว่าเป็นไปในทางเดียวกันกับข้อคำตอบ 1 หรือไม่		
		ไม่มีคำตอบหรือไม่มีการสร้างข้อคัดค้านข้อคำตอบของคำถามข้อที่ 2 หรือเหตุผลไม่ถูกต้อง	ว่างเปล่าหรือไม่สร้างข้อโต้แย้งสนับสนุน	0

ตารางที่ 21 *เกณฑ์การให้คะแนนคำถาม 4 ข้อ ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง (เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน)*

คำถามข้อที่	พฤติกรรมบ่งชี้ของข้อคำถาม	กลุ่มของคำตอบ	ตัวอย่างคำตอบ	เกณฑ์คะแนน
	4) สามารถสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ (ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล หรือข้อคัดค้าน) (Evidence)	มีแหล่งที่มาของเหตุผลตั้งแต่ 2 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของตนเอง	- Carol Torgan กล่าวว่า การอดอาหาร ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำ น้ำหนักลดลงกว่าเดิมแต่ทำให้อ่อนเพลีย เมื่อยล้า และปวดหัว - Valter Longo และ Davis กล่าวว่า การอดอาหารเลียนแบบการลดความอ้วน ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ คอร์ติโซนที่ผลิตออกมาจะทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง - Connor กล่าวว่า การอดอาหารทำให้กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับอายุและปัจจัยในการเกิดโรคลดลง - จากการทดลองของ Gersema พบว่า การอดอาหารลดอาการโรคปลอกประสาทเสื่อม ทำให้สุขภาพดีขึ้น - เคยอ่านบทความของ Sushada. ch จาก health.mthai.com ว่า ถ้าเราออกกำลังกายร่วมด้วยกับการอดอาหารจะส่งผลให้น้ำหนักลดลง	3
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลจากบทความพร้อมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผลของตนเอง	- Valter Longo และ Davis กล่าวว่า การอดอาหารเลียนแบบการลดความอ้วน ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ คอร์ติโซนที่ผลิตออกมาจะทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง	2
		มีแหล่งที่มาของเหตุผล 1 เหตุผลหรือข้อความที่เกี่ยวข้องกับเหตุผล	Valter Longo และ Davis การอดอาหารเลียนแบบการลดความอ้วน ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ คอร์ติโซนที่ผลิตออกมาจะทำลายเซลล์ภูมิต้านทานตัวเองทำให้ได้เกิดเซลล์ที่ดีกว่ามาทดแทน ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและเบาหวานลดลง	1
		ไม่มีหลักฐานหรืออธิบายเสริม	ว่างเปล่าหรือเขียนว่าเห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วน	0

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์

คำชี้แจง : แบบทดสอบนี้มีจำนวน 5 หน้า ทั้งหมด 12 ข้อ คะแนนเต็ม 48 คะแนน
เวลาที่ใช้สอบ 1 ชั่วโมง

คำสั่ง: ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยกากบาทลงในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่าง

ข้อa	1	2	3	4	5	ข้อb	1	2	3	4	5
15a	X					15b				X	

2a) ระบบย่อยอาหารของสัตว์ที่มีระบบทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ประกอบด้วยมีลักษณะเป็นปากและทวารหนักเป็นปลายเปิด ส่วนระบบย่อยอาหารแบบไม่สมบูรณ์จะมีโครงสร้างเป็นถุง มีทางเข้าและออกอาหารทางเดียว

1. จริง 2. ไม่จริง

2b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะพลานาเรียและไฮดรามีช่องเปิด 1 ช่อง
2. เพราะไฮดราและไส้เดือนดินมีท่อทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์
3. เพราะพลานาเรียมีปากและทวารหนักไม่แยกกัน ส่วนไส้เดือนดินมีปากและทวารหนักแยกกัน
4. เพราะพลานาเลียมีท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ ส่วนไส้เดือนดินมีท่อทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์

3a) ข้อใดกล่าว**ถูกต้อง**เกี่ยวกับการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

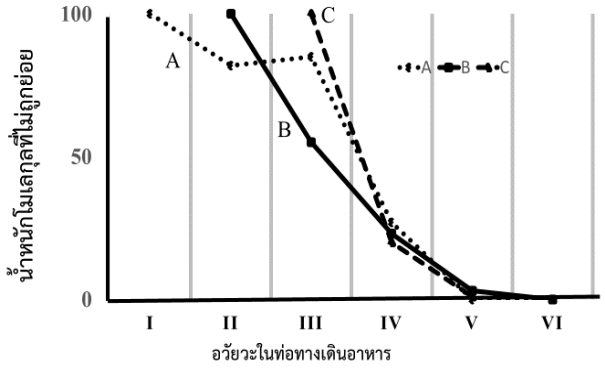
1. มีรูเมนและเรติคิวลัมเหมือนม้า
2. มีระบบทางเดินอาหารที่สมบูรณ์
3. มีการสร้างเอนไซม์ในส่วนโอมาซัม

3b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะมีลักษณะเป็นปากและทวารหนักเป็นปลายเปิดแยกกัน
2. เพราะสัตว์สัตว์กินพืชมีความยาวของทางเดินอาหารสั้นกว่าสัตว์กินเนื้อ
3. เพราะที่กระเพาะอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์เหมือนฟองน้ำ
4. เพราะประกอบด้วยส่วนขยายของหลอดอาหาร ได้แก่ รูเมนและเรติคิวลัม

5a) จากกราฟที่ 1 แสดงการย่อยอาหารประเภท A, B และ C ในส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหารของคน อาหารประเภท B มีการ**ย่อยและมีการดูดซึมบริเวณสุดท้าย**ที่ใด

1.I 2. IIII 3.IV 4.V



กราฟที่ 1 กราฟแสดงการย่อยอาหารประเภท A,

5b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะไลเปสจากตับอ่อน
2. เพราะใช้เพปซินจากตับอ่อน
3. เพราะใช้ทริปซินที่มาจากกระเพาะอาหาร
4. เพราะเอนไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีนมาจากกระเพาะอาหาร

7a) ร่างกายจะเลือกใช้สารอาหารใด**หลังสุด**เพื่อเป็นแหล่งพลังงาน

1. ไขมัน 2. กลูโคส 3. ไกลโคเจน 4. โปรตีน

7b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะมีการย่อยที่กระเพาะอาหาร
2. เพราะการสลายเนื้อเยื่อยาก จึงถูกนำไปใช้ได้ช้ากว่าสารอาหารอื่นๆ
3. เพราะการสลายเนื้อเยื่อง่าย แต่ถูกนำไปใช้ได้ช้ากว่าสารอาหารอื่นๆ
4. เพราะต้องทำให้เกิดการแตกตัวด้วยเกลือน้ำดีจากตับและการเอนไซม์จากตับอ่อน

8a) ข้อใด**ถูกต้อง**เกี่ยวกับการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

	การหายใจแบบใช้ O_2	**การหายใจแบบไม่ใช้ O_2**
1	ผลิต CO_2	ไม่ผลิต CO_2
2	ได้พลังงานสุทธิ 32-34 ATP ต่อกลูโคส 1 โมเลกุล	ได้พลังงานสุทธิ 2 ATP ต่อกลูโคส 1 โมเลกุล
3	พบในโพรคาริโอต	พบในโพรคาริโอต
4	ไพรูเวทจากผลิตภัณฑ์ของไกลโคลิซิสจะถูกเปลี่ยนเป็น Acetyle CoA	ไพรูเวทจากผลิตภัณฑ์ของไกลโคลิซิสจะถูกเปลี่ยนเป็น Lactic acid หรือ Ethyl alcohol

8b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน 1 กลูโคสจะได้ 32 - 34 ATP ส่วนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ 2 ATP

2. เพราะการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนใช้ 1 กลูโคสจะได้ 36-38 ATP ส่วนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ 2 ATP

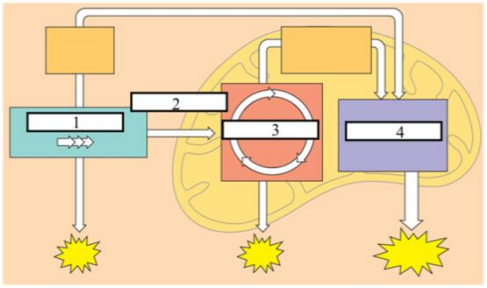
3. เพราะไพรูเวทจากกระบวนการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนในไกลโคลิซิสจะรวมกับ Coenzyme A ได้เป็น Acetyle CoA

4. เพราะไพรูเวทจากกระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนในไกลโคลิซิสจะรวมกับ Coenzyme A ได้เป็น Acetyle CoA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9a) จากภาพที่ 2 หมายเลขที่ 4 ของกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์เกิดขึ้นที่บริเวณใด

1. ไซโตพลาซึม
2. เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
3. ผนังชั้นในของไมโทคอนเดรีย



ภาพที่ 2

9b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะ NADH กับ $FADH_2$ มีหน้าที่ถ่ายทอด e^-ให้กับ accepter
2. เพราะ NAD^+ กับ FAD^+ มีหน้าที่ถ่ายทอด e^-ให้กับ accepter
3. เพราะมีแก๊สออกซิเจนมารับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายจากกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอน
4. เพราะมีการนำโคเอนไซม์เอจากวัฏจักรเครบส์กลับเข้าไปรับกลูโคสในวัฏจักรไกลโคลิซิส

10a) ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับการสลายโปรตีนและลิปิด

1. กรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไปเป็นไพรูเวท
2. กลีเซอรอลจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นไพรูเวท
3. กรดไขมันเปลี่ยนไปเป็นแอซิทิลโคเอนไซม์เอ

10b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะต้องเปลี่ยนไปเป็น PGAL เพื่อเข้าสู่วัฏจักรต่อไป
2. เพราะต้องเปลี่ยนไปเป็นแอซิทิลโคเอนไซม์เอเพื่อเข้าสู่วัฏจักรต่อไป
3. เพราะเปลี่ยนเป็น PGAL ก่อนแล้วจึงเป็นไพรูเวทในวัฏจักรเครบส์
4. เพราะเปลี่ยนเป็น PGAL ก่อนแล้วจึงเป็นไพรูเวทในกระบวนการไกลโคลิซิส

12a) ถ้ากลูโคส 6 โมเลกุล ถูกส่งเข้าไปในกระบวนการสลายอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน**ในยีสต์**จะมี ATP เกิดขึ้นกี่โมเลกุล

1. 6 2. 12 3. 18 4. 24

12b) เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว

1. เพราะได้ ATP 2 โมเลกุล จากวัฏจักรเครบส์
2. เพราะได้ ATP ที่เกิดจากกระบวนการไกลโคลิซิส
3. เพราะได้ ATP 4 โมเลกุล จากกระบวนการไกลโคลิซิส
4. เพราะได้ ATP 2 โมเลกุล จากกระบวนการไกลโคลิซิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 *เกณฑ์การพิจารณาคะแนนเป็นรายข้อตามการจัดลำดับมโนทัศน์ ปรับปรุงมาจาก Çalık et al. (2009)*

เกณฑ์การพิจารณา	**ความหมาย**
เข้าใจมโนทัศน์สมบูรณ์ (Sound Understanding: SU)	คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของมโนทัศน์ให้ 4 คะแนน
เข้าใจมโนทัศน์ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	คำตอบถูก แต่ให้เหตุผลขาดบางส่วนที่สำคัญของมโนทัศน์ให้ 3 คะแนน
เข้าใจมโนทัศน์บางส่วนแต่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PUSAC)	คำตอบถูก แต่เหตุผลบางส่วนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2 คะแนน
มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Specific Alternative Conception: SAC)	คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องให้ 1 คะแนน
ความเข้าใจผิด (No Understanding: NU)	คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 22 *เฉลยตัวอย่างข้อสอบแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา*

เฉลยข้อที่	**สัญลักษณ์/ คะแนน**			
	PU	**SU**	**PUSAC**	**SAC**
	4	**3**	**2**	**1**
	หมายเหตุ: NU ทุกกรณีนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน			
2	1,3) กรณีที่ตอบจริง	1,1) เนื่องจากตอบว่าจริง แต่คำตอบไม่ได้กล่าวถึงท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์	1,2) เนื่องจากตอบว่าจริง แต่หนอนตัวกลมมีท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์	1,4) เนื่องจากตอบจริง แต่เหตุผลเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ตารางที่ 22 *เฉลยตัวอย่างข้อสอบแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา*

เฉลยข้อที่	**สัญลักษณ์/ คะแนน**			
	PU	**SU**	**PUSAC**	**SAC**
	4	**3**	**2**	**1**
	หมายเหตุ: NU ทุกกรณีนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน			
3	2,1) ในกรณีที่ตอบข้อ 1 และเหตุผลดังกล่าว 4 คะแนน	2,4) เนื่องจากส่วนขยายของหลอดอาหารประกอบด้วย 3 ส่วน คือ รูเมน เรติคิวลัม และโอมาซัม	2,3) เนื่องจากฟองน้ำมีการย่อยอาหารภายในเซลล์	2,2) เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนความยาวของทางเดินอาหารสั้นกินพืชยาวกว่าสัตว์กินเนื้อ
5	2,2) ในกรณีที่ตอบข้อ 2 เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว	2,4) เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีนมาจาก chief cell ที่ผนังกระเพาะอาหารและตับอ่อน	2,3) เนื่องจากคาร์บอกซิเพปทิเดสสร้างจากตับอ่อน	2,1) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับประเภทของอาหาร
7	1,2) ในกรณีที่ตอบข้อ 1 และเหตุผลดังกล่าว	1,4) เนื่องจากเอนไซม์ไลเปสสร้างจากตับอ่อนและผนังลำไส้เล็ก	1,3) เนื่องจากการสลายเนื้อเยื่อไขมันไม่ง่ายจึงเป็นแหล่งพลังงานน้อยที่สุด	1,1) เนื่องจากมโนทัศน์คลาดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการย่อยไขมัน ซึ่งจะเริ่มที่ลำไส้เล็ก ส่วนลำไส้ใหญ่มีเพียงการดูดซึมอาหารและแร่ธาตุ
8	4,2) ด้วยเหตุผลดังกล่าว	4,3) เนื่องจากขาดการอธิบายกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	4,1) มโนทัศน์บางส่วนคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพลังงานสุทธิของกระบวนการ ต้องได้ 36-38 ATP	4,4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับไกลโคลิซิส

ตารางที่ 22 *เฉลยตัวอย่างข้อสอบแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา*

เฉลยข้อที่	สัญลักษณ์/ คะแนน			
	PU 4	SU 3	PUSAC 2	SAC 1
	หมายเหตุ: NU ทุกกรณีนอกเหนือจากนี้ได้ 0 คะแนน			
9	3,3) ด้วยเหตุผลดังกล่าว	3,1) เนื่องจาก NADH กับ FADH2 เข้าสู่การถ่ายทอดอิเล็กตรอน โดยมีออกซิเจนมารับอิเล็กตรอน	3,2) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ NADH กับ FADH2 ที่เข้าสู่การถ่ายทอดอิเล็กตรอน	3, 4) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน โคเอนไซม์เอกลับไปรับไพรูเวทไม่ใช่รับกลูโคส
10	2,4) ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น	2,1) เพื่อเข้าสู่วัฏจักรไกลโคลิซิส	2,3) เนื่องจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับไพรูเวท	2,2) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงกลีเซอรอลเพื่อเข้าสู่บางขั้นของไกลโคลิซิส
12	3,4) ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น	3,2) เนื่องจากไกลโคลิซิส 2 ATP ไม่ได้หายไปเหมือนเซลล์หัวใจ 2 คะแนน	3,1) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน ATP 2 โมเลกุลที่เกิดขึ้นในกระบวนการไกลโคไลซิส	3,3) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้เพียง 2 ATP จากกระบวนการไกลโคลิซิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม แผนที่ 1

เรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

วิชา ว31241 ชีววิทยา เพิ่มเติม 1 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ระยะเวลาที่ใช้สอน 3 ชั่วโมง **ผู้สอน นายสุรศักดิ์ เฟวท์**

มาตรฐาน

1.1 เข้าใจพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ได้
2. ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ได้
3. นำความรู้เรื่องการย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมาใช้ในการโต้แย้งได้

สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตต้องอาศัยพลังงานจากการสลายสารอาหาร โครงสร้างและกระบวนการในการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น รามีปล่อยเอนไซม์ ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ อะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในเซลล์

สาระการเรียนรู้

1. การย่อยอาหารในสัตว์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

การย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion) สัตว์มีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยตรงโดยผ่านเอนไซม์ในไลโซโซม (lysosome) เช่น การย่อยอาหารในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การย่อยอาหารในฟองน้ำ เป็นต้น

การย่อยอาหารภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) เกิดขึ้นในสัตว์ที่มีการพัฒนาท่อทางเดินอาหาร (digestive tract) สำหรับปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสารอาหารก่อนดูดซึมเข้าสู่ภายในเซลล์ต่อไป เช่น การย่อยสารอาหารของกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง การย่อยอาหารภายนอกเซลล์แบ่งท่อทางเดินอาหารของสัตว์ (digestive tract) ได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1) ท่อทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete digestive tract) เป็นท่อทางเดินอาหารที่มีทางเข้าและออกของอาหารอยู่บริเวณเดียวกัน (ปากกับทวารหนักอยู่ที่เดียวกัน) เช่น กลุ่ม Cnidarian และ Platyhelminthes

2) ท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ (complete digestive system) ทางเข้าและทางออกของท่อทางเดินอาหารแยกจากกัน กลุ่มที่พบได้ Nematodes ขึ้นไป จนถึง กลุ่มสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

2. การย่อยของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

1) การย่อยอาหารของพวกเห็ด รา ยีสต์ และแบคทีเรีย จะปล่อยเอนไซม์ออกมาจากเซลล์เพื่อย่อยแป้ง แล้วจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้

2) การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว พารามีเซียม ใช้ซิเลีย (cilia) โบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ทางร่องปาก (oral groove) เกิดเป็นฟูดแวคิวโอล (food vacuole) ซึ่งจะไปรวมกับไลโซโซม (lysosome) เพื่อย่อยอาหาร

กิจกรรมการเรียนรู้

1) ขั้นการแนะนำเรื่องหรือเนื้อหาวิชา (Topic/Subject Matter Introduction) (10 นาที)

1) ครูสร้างความสนใจนักเรียนโดยใช้ภาพและสื่อที่เกี่ยวกับจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

2) ครูใช้คำถามดังนี้

- นักเรียนคนใดเคยได้ยินข่าวหรืออ่านรายละเอียดเกี่ยวกับข่าวพวกนี้หรือไม่ (เคยเห็น)
- นักเรียนคิดว่า สาเหตุของอันตรายของเรื่องนี้ทั้งหมดเกิดจากอะไร (แบคทีเรีย/อาหารหมดอายุ)

สื่อที่ใช้:

- พาดหัวข่าวบทความ http://www.springnews.co.th/social/85865
- พาดหัวข่าวบทความ http://www.komchadluek.net/news/edu-health/171486
- มะเร็งตับจากอาหารหมดอายุ งานวิจัย ธิษณา จรรยาชัยเลิศ. “ชีวจิต http://www.nstda.or.th/blog/?p=22585

2) ขั้นท้าทายความเชื่อหลัก (Challenging Core Beliefs) (10 นาที)

1) ครูใช้คำถามเพื่อท้าทายความเชื่อหลักดังนี้

1.1) หลายคนเชื่อว่าการบริโภคอาหารในวันที่หมดอายุเป็นอันตราย นักเรียนมีความเชื่อว่าอย่างไร (เชื่อว่าเป็นอันตราย/เชื่อว่าไม่เป็นอันตราย)

1.2) ให้นักเรียนบอกเหตุผล สาเหตุที่นักเรียนเชื่อว่า อันตราย และสาเหตุที่นักเรียนเชื่อว่าไม่อันตราย (อาจมีเชื้อราหรือแบคทีเรียปนเปื้อนหลังจากที่หมดอายุ/สารกันบูดยังคงรักษาสภาพอาหารได้อยู่ อาหารยังไม่เสีย)

สื่อที่ใช้:

- สื่อ Power point เรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

---

3) ขั้นการเรียนการสอนอย่างเป็นทางการ (Formal instruction) (70 นาที)

1) ครูให้นักเรียนสังเกตราที่ขึ้นบนขนมปัง

1.1) ราที่นักเรียนเห็นนั้นมีลักษณะอย่างไร จงอธิบาย (มีสีดำ)

1.2) ลักษณะขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นแตกต่างจากบริเวณใกล้เคียงอย่างไร (เนื้อขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นจะหายไปบางส่วน)

1.3) ความแตกต่างที่สังเกตได้น่าจะมาจากสาเหตุใด (รามีการย่อยสลายแป้งขนมปัง)

1.4) ครูอธิบายว่า ราปล่อยเอนไซม์ออกมาจากเซลล์เพื่อย่อยแป้งแล้วจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้

2) ครูเปิดคลิปวีดิโอการกินของจุลินทรีย์ อะมีบา และพารามีเซียม และอธิบายดังนี้

2.1) อะมีบามีวิธีการกินใช้เท้าเทียม (pseudopodium) โอบล้อมอาหารและนำอาหารเข้าไปข้างในเซลล์ พารามีเซียมจะใช้ซิเลียที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ร่องปาก (oral groove) พัดโบกเอาเซลล์ยีสต์เข้าไปทางร่องปาก ต่อจากนั้นเซลล์ยีสต์จะเข้าสู่เซลล์พารามีเซียมเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล ฟูดแวคิวโอลที่มีเซลล์ยีสต์อยู่ภายในจะมีไลโซโซมมาเชื่อมรวม และเอนไซม์จากไลโซโซมจะย่อยเซลล์ยีสต์

สื่อที่ใช้

- หนังสือชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ของ สสวท.
- คลิปวีดิโอ กระบวนการกินของจุลินทรีย์ อะมีบา และพารามีเซียม

---

3) ครูสาธิตการทดลองการย่อยซูโครสของยีสต์

3.1) นำหลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอดที่ใส่อาหารเลี้ยงยีสต์ประมาณ 1/3 พร้อมชี้แจงขั้นตอนการเตรียมอาหารและการบ่มเชื้อยีสต์

3.2) ใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลองที่มียีสต์จำนวน 2 หลอด หลอดที่ไม่มีเชื้อยีสต์ 1 หลอด ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เทสารละลายเบเนดิกต์ออกนำหลอดทั้ง 6 วางบนไอน้ำเดือดที่ได้จากการต้มน้ำในบีกเกอร์

3.3) ให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง บันทึกผล และตอบคำถามหลังการทดลอง การย่อยภายนอกเซลล์)

3.4) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและคำถามหลังการทดลองในประเด็นดังต่อไปนี้

3.4.1) การทดลองนี้ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร (ตัวแปรต้นคือ เอนไซม์ที่ยีสต์สร้าง ตัวแปรตามคือ กลูโคส)

3.4.2) จากการทดลองนี้ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคือการทดลองในหลอดใด (กลุ่มทดลอง คือ หลอดที่ 1 และ 2 กลุ่มควบคุม คือ หลอดที่ 3 4 5 และ 6)

3.4.3) เราสามารถทำการทดลองเพียง 2 หลอดที่ใส่ยีสต์ได้หรือไม่ (ไม่ได้ เพราะจะไม่มีหลอดเปรียบเทียบ และยีสต์อาจจะเจริญเติบโตได้ดีไม่เท่ากันในแต่ละหลอดทดลอง)

3.4.4) การเปรียบเทียบระหว่างหลอดที่ 1 และ 2 ที่ใส่สารละลายเบเนดิกต์ กับหลอดที่ 3 และ 4 ที่ไม่ใส่สารละลายเบเนดิกต์นั้น เป็นการตอบข้อสงสัยที่ว่าความร้อนทำให้สารละลายเบเนดิกต์เปลี่ยนสีหรือไม่ (เหตุที่ออกแบบการทดลองโดยมีหลอดที่ใส่สารละลายเบเนดิกต์มี 2 หลอด และหลอดที่ไม่ใส่สารละสายเบเนดิกต์มี 2 หลอด เพราะเป็นการทำซ้ำ 2 ซ้ำ เพื่อให้สรุปผลได้ชัดเจนขึ้น)

3.4.5) เพราะเหตุใดหลอดที่มีเชื้อยีสต์ เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์จึงเปลี่ยนสี (เพราะมีกลูโคสเกิดขึ้น)

3.4.6) กลูโคสที่พบในหลอดทดลองนั้นมาจากไหน (กลูโคสเกิดจากการย่อยซูโครสของยีสต์)

3.4.7) การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์ (การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์)

3.5) จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร (การที่สีของอาหารวุ้นในหลอดที่ใส่ยีสต์เปลี่ยนเป็นสีส้ม (สีอิฐ สีเหลือง) เมื่อทดสอบกับสารละลายเบเนดิกต์และวางบนไอน้ำเดือดแสดงว่ามีน้ำตาลกลูโคสเกิดขึ้น ในขณะที่หลอดที่ไม่ได้ใส่ยีสต์ไม่มีน้ำตาล กลูโคสเกิดขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะยีสต์ปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยน้ำตาลซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรักโทส)

3.6) อภิปรายผลการทดลอง (จากการอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนควรสรุปได้ว่า ยีสต์สามารถสร้างเอนไซม์และส่งออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ให้

เป็นน้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์ ซึ่งเกิดจากการรวมกันของมอโนแซ็กคาไรด์ คือ กลูโคสกับฟรักโทส ดังนั้นการย่อยน้ำตาลซูโครสจึงได้ทั้งกลูโคสกับฟรักโทส แต่ตรวจสอบกลูโคสแต่เพียงอย่างเดียว)

4) ครูนำนักเรียนสรุปเกี่ยวกับรูปแบบการย่อยอาหารในสัตว์ ว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การย่อยภายนอกเซลล์ และการย่อยภายในเซลล์ โดยใช้ผังมโนทัศน์พร้อมยกตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต

4) ขั้นกิจกรรมกลุ่ม (Group Activity) (20 นาที)

1) ครูแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน

2) ครูชี้แจงหลักเกณฑ์ในการอภิปรายร่วมกันและการประเมินความสามารถในการโต้แย้ง

3) ครูให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม ในประเด็น “จริงหรือไม่การบริโภคอาหารในวันที่หมดอายุเป็นอันตราย” เพื่อหาหลักฐานสนับสนุนเหตุผลของตนเอง โดยใช้เวลาในอภิปราย 5 นาที

4) ครูแจกแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งภายใต้หัวข้อดังกล่าว โดยให้เวลานักเรียนทำแบบวัด 10 นาที

5) ครูนำไปตรวจสอบและประเมินหลักฐานรายบุคคล

6) ครูตรวจสอบความข้าใจใหม่และมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

สื่อที่ใช้

- แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

5) ขั้นการพัฒนาคำถามตามบริบท (Develop Contextual Questions) (5 นาที)

1) ครูตรวจสอบมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากการตอบในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง และเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องการย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวไปสู่การย่อยอาหารของสัตว์ โดยใช้คำถามดังนี้

2) นักเรียนคิดว่า การย่อยอาหารของสัตว์อื่น ๆ มีการย่อยแบบเดียวกับจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือไม่

สื่อที่ใช้

- แบบบันทึกกิจกรรม

6) ขั้นการอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion) (25 นาที)

1) ครูแจกบทความหัวข้อ “ฟ้องโลตัสเซ่น กม. ผู้บริโภค ลูกค้าอ้างสินค้าหมดอายุ”

2) ครูถามนักเรียนว่า “อาหารที่หมดอายุในวันที่ขายและห้างนำมาจำหน่ายในราคาถูกมาก ถือว่าเป็นการกระทำผิดต่อผู้บริโภคหรือไม่ เพราะเหตุใด” ให้เวลานักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพื่อหาหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง

3) ครูแบ่งกลุ่มตามความคิดเห็นของนักเรียน คือ กลุ่มที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

4) ครูให้นักเรียนอภิปรายโดยใช้ประเด็นดังนี้

4.1) เพราะเหตุใดนักเรียนคิดว่า อาหารหมดอายุถึงยังนำมาบริโภคได้อยู่ (เพราะป้ายที่หมดอายุเพียงบอกถึงคุณภาพ ความสดใหม่ และรสชาติของอาหาร ไม่ได้เป็นตัวบอกอาหารว่าหารกินไม่ได้ คำว่าหมดอายุ มี 2 ความหมาย คือ หลังจากวันนั้นแล้วห้ามรับประทานหรือบริโภค และอาหารจะมีลักษณะดีหรือรสชาติดีถึงวันที่ระบุไว้ แต่ยังทานได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย)

4.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่า อาหารหมดอายุถึงยังนำมาบริโภคไม่ได้ (จาก สำนักคณะกรรมการอาหารและยา อธิบายว่า ถ้านำอาหารหมดอายุมาจำหน่ายถือว่าผิดกฎหมาย ตัวอย่าง (1) อาหารบางประเภทที่อัดสุญญากาศ เช่น นม และอาหารกระป๋องต่าง ๆ ซึ่งวันหมดอายุที่ 1-2 ปี แต่ไม่รับประกันว่าบรรจุภัณฑ์ที่เก็บไว้นาน ๆ นั้นจะโดนแสงแดด ความร้อน หรือถูกกระแทกจนแตกหรือไม่ เพราะหากมีรอยแตกจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปได้ ทำให้รสชาติ กลิ่นของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการก็ลดน้อยลง (2) ขนมปังซึ่งมีการใส่สารกันบูด แม้จะหมดอายุไปแล้ว 1-2 วัน สภาพยังอยู่ดี แต่เราอาจมองไม่เห็นแม้ว่าเชื้อราจะมีการย่อยอาหารนอกเซลล์ เมื่อบริโภคไปเรื่อย ๆ เชื้อราที่เข้าไปสะสมในร่างกายอาจเกิดผลในระยะยาวได้ (3) อาจทำให้ก่อโรค เช่น อุจจาระร่วง โรคอาหารเป็นพิษ โรคบิด ไข้รากสาดน้อย อหิวาตกโรค)

4.3) สรุปแล้วอาหารที่หมดอายุในวันที่ขายและห้างนำมาจำหน่ายในราคาถูกมากถือว่าเป็นการกระทำผิดต่อผู้บริโภคหรือไม่ เพราะเหตุใด ให้นักเรียนเขียนเหตุผลของตนเองลงในใบงาน

สื่อที่ใช้

- http://www.decha.com/main/showTopic.php?id=2834

7) ขั้นครูกล่าวเนื้อหาซ้ำ (Teacher Reiteration of Content/Subject Matter) (10 นาที)

1) ครูทบทวนบทเรียนเกี่ยวกับรูปแบบการย่อยอาหารในสัตว์อีกครั้ง ว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การย่อยภายนอกเซลล์ และการย่อยภายในเซลล์ โดยใช้ผังมโนทัศน์พร้อมยกตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต

2) ครูเชื่อมโยงความรู้ไปที่เรื่องการสลายสารอาหารในสัตว์

8) ขั้นการวัดความรู้และการให้เหตุผล (Knowledge and Reasoning Assessments) (30 นาที)

1) ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสร้างโปสเตอร์ขนาด A4 และให้นำไปประชาสัมพันธ์ในสังคมออนไลน์

2) ให้นักเรียนทำการทดสอบอัตนัยหลังเรียน

การวัดและประเมินผล

(1) แบบบันทึกกิจกรรม (2) แบบทดสอบอัตนัยหลังเรียน

ใบกิจกรรมเรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

คำชี้แจง: ให้นักเรียนบันทึกข้อความรู้ในระหว่างดำเนินกิจกรรม แล้วนำมาส่งท้ายคาบเรียน

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1) “อาหารหมดอายุ” จริง ๆ แล้ว “กินต่อได้ไหมหรือทิ้งไปดีกว่า” นักเรียนมีความเชื่อว่าอย่างไร เพราะเหตุใด_____

_____

กิจกรรมที่ 1 สังเกตบริเวณขนมปัง

ให้นักเรียนสังเกตขนมปังและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1) ลักษณะขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นแตกต่างจากบริเวณใกล้เคียงอย่างไร_____

_____

2) ความแตกต่างที่สังเกตได้น่าจะมาจากสาเหตุใด_____

_____

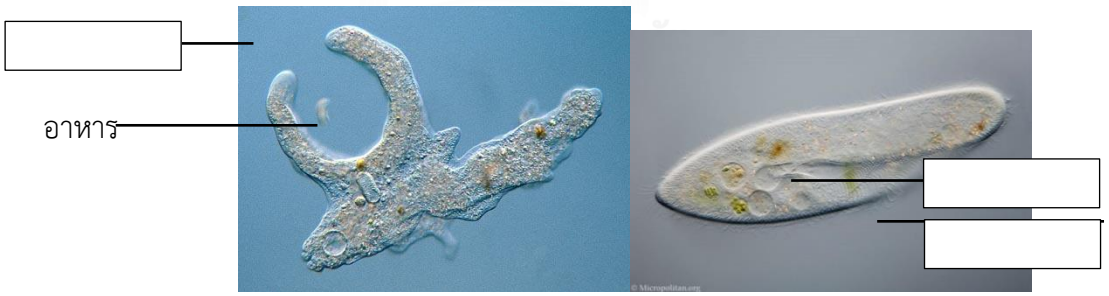
3) ราที่ขึ้นบนขนมปังมีกระบวนการอย่างไร จึงจะสามารถนำแป้งจากขนมปังไปใช้ได้

_____

_____

กิจกรรมที่ 2 การกินอาหารของอะมีบา พารามีเซียม

คำชี้แจง: จงเขียนชื่อออร์แกนแลที่นักเรียนเห็นเป็นภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง



Amoeba proteus *Paramecium* sp.

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1) อะมีบามีวิธีการกินอย่างไร _____

2) พารามีเซียมมีวิธีการกินอย่างไร_____

3) จงอธิบายความหมายของ Phagocytosis และ Pinocytosis

_____

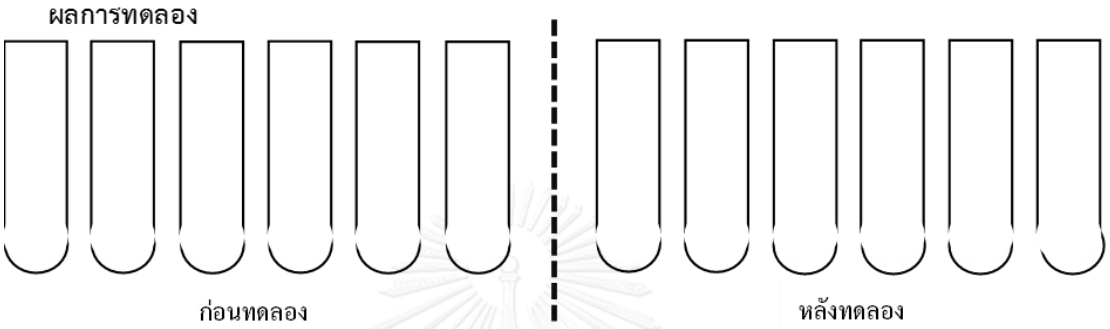
_____

กิจกรรมที่ 3 การย่อยซูโครสของยีสต์

คำชี้แจง: 1) นำหลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอดที่ใส่อาหารเลี้ยงยีสต์ประมาณ 1/3 ของหลอด

2) ใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลองที่มียีสต์จำนวน 2 หลอด หลอดที่ไม่มีเชื้อยีสต์ 1 หลอด ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เทสารละลายเบเนดิกต์ออกนำหลอดทั้ง 6 วางบนไอน้ำเดือดที่ได้จากการต้มน้ำในบีกเกอร์

3) ให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง บันทึกผล และตอบคำถามหลังการทดลอง



3.1) การทดลองนี้ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร_____

3.2) จากการทดลองนี้ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคือการทดลองในหลอดใด

_____ _____

3.3) เราสามารถทำการทดลองเพียง 2 หลอดที่ใส่ยีสต์ได้หรือไม่ _____

_____

3.4) เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์เกิดการเปลี่ยนสี กลูโคสในหลอดนั้นมาจากไหน

_____

3.5) การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์ _____

3.6) จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

_____

_____

_____

_____

3.7) อภิปรายผลการทดลอง

_____

_____

_____

_____

4) ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในกลุ่มภายใต้หัวข้อ “อาหารหมดอายุ” จริง ๆ แล้ว “กินต่อได้ไหม... หรือทิ้งไปดีกว่า” นักเรียนมีความเชื่อว่าอย่างไร **ในประเด็นดังต่อไปนี้**

- นักเรียนมีหลักเกณฑ์อะไรที่จะตัดสินว่าควรกินต่อได้หรือควรทิ้งไปดีกว่า
- การบริโภคอาหารที่หมดอายุนักเรียนคิดว่ามีผลเสียต่อร่างกายหรือไม่อย่างไร
- ผู้ที่นำอาหารหมดอายุมาจำหน่ายถือว่ากระทำผิดต่อผู้บริโภคหรือไม่อย่างไร

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามหลังกิจกรรม

1) จงอธิบายความหมายของการย่อยอาหาร

_____

_____

2) การย่อยอาหารในสัตว์ว่าสามารถแบ่งได้เป็นกี่รูปแบบ อะไรบ้าง

_____

_____

_____

_____

“อาหารหมดอายุ” จริง ๆ แล้ว “กินต่อได้ไหม...หรือทิ้งไปดีกว่า”

สำนักคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข อธิบายว่า ตามประกาศฉบับที่ 367 การแสดงฉลากหมดอายุของอาหารในภาชนะบรรจุ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ หมดอายุในวันสิ้นสุดคุณภาพของอาหารและหลังจากวันที่ระบุไว้ หากพบอยู่บนชั้นทั้ง ๆ ที่เลยวันที่ระบุบนฉลากแล้ว ถือว่ามีความผิดตามกฎหมาย มีโทษปรับไม่เกิน 30,000 บาท จากกระแสที่ว่า “อาหารหมดอายุแล้วยังกินต่อได้” เป็นคำพูดสั้นๆ ที่เผยแพร่ทั้งทางสื่อโทรทัศน์และสื่อออนไลน์หรือกระแสข่าวต่างประเทศที่เปิดร้านขายอาหารหมดอายุเพื่อลดปริมาณอาหารขยะนั้น บางครั้งอาจส่งผลให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด คิดว่าการรับประทานอาหารหมดอายุไม่เป็นอันตราย ผู้บริโภคควรอย่าปักใจเชื่อ และควรศึกษาหรืออ่านคำขยายความให้จบเสียก่อน แม้ “อาหารหมดอายุ” จะถูกเก็บอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นสุญญากาศ เช่น นม และอาหารกระป๋องต่าง ๆ ทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จึงมีวันหมดอายุ 1-2 ปี แต่ไม่รับประกันว่ากล่องนม หรือกระป๋องที่เก็บไว้นาน ๆ จะโดนแสงแดด ความร้อน หรือถูกกระแทกจนแตกหรือไม่ เพราะรอยแตกจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปได้ ทำให้รสชาติ กลิ่น เปลี่ยนไป รวมทั้งโภชนาการของอาหารลดลง[1]

จากข่าวที่ว่า มีแม่ค้านำขนมปังที่หมดอายุมาตากแดด ตัดส่วนที่มีเชื้อราขึ้นทิ้งไป แล้วนำมาจำหน่ายที่จังหวัดสุรินทร์และบุรีรัมย์ สำนักงานสาธารณสุขจึงได้ประกาศเตือนทั่วประเทศ เพื่อตรวจดูแลและเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายจากอาหารหมดอายุให้ประชาชนได้ทราบ[2] ในกรณีของขนมปังที่หมดอายุบางครั้งเรามองเห็นจุดดำๆ เล็ก ๆ บนขนมปังและคิดว่าคงไม่เป็นไร ซึ่งที่จริงเส้นใยของราที่เรียกว่าไมซีเลี่ยม (Mycelium) อาจจะแพร่กระจายชอนไชอยู่ในเนื้อขนมปังแต่เรามองไม่เห็น เมื่อกินเข้าไปบ่อย ๆ สารพิษจากเชื้อราจะสะสมอยู่ในร่างกายจนทำให้เกิดโรคมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งตับ และเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะเชื้อราที่เกิดสารอะฟลาท็อกซิน ซึ่งก่ออันตรายต่อตับโดยตรงทำลายเซลล์ตับให้ตายในที่สุด[3] นายกมะเร็งวิทยาสมาคม เผยรายงานสำรวจสถานการณ์มะเร็งล่าสุด พบผู้ป่วยมะเร็งพุ่งเพิ่มจากเดิม 23% เสียชีวิต 156 ราย/วัน ขณะที่ รพ.ศิริราชมีผู้ป่วยเข้ารักษากว่า 8 พันราย/ปี รพ.รามา 3 พันราย/ปี และสถาบันมะเร็ง 2.5 พันราย/ปี ชี้มะเร็งเต้านมสูงเป็นอันดับ 1 ในผู้หญิง มะเร็งตับสูงเป็นอันดับ 1 ในผู้ชาย พร้อมชี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีความเชื่อผิด ๆ ไม่กินเนื้อสัตว์ ทั้งที่จำเป็นต่อร่างกาย[4]

ที่มา:

1. ชญานิษฐ คงเดชศักดา. (2559). ไขปัญหา'อาหารหมดอายุ' เสี่ยงกินก็ได้หรือทิ้งก็ดี?!? Retrieved 20 กันยายน 2559 http://www.dailynews.co.th/article/393300

2. ผู้จัดการออนไลน์. (2550). สธ.เตือนภัยแม่ค้าเจ้าเล่ห์ขายขนมปังหมดอายุ ชี้มีอันตรายเสี่ยงโรคมะเร็ง. Retrieved 30 กันยายน 2559 http://www.manager.co.th/QoL/ViewNews.aspx?NewsID=9500000130788

3. สุนทร ตรีนันทวัน. (2557). ระวัง...เสี่ยงตายเพราะกิน. Retrieved 30 กันยายน 2559 http://edtech.ipst.ac.th/?p=1168

4. กระปุกดอทคอม. (2554). ผยคนไทยป่วยมะเร็งพุ่ง มะเร็งตับ มาที่ 1. Retrieved 30 กันยายน 2559 http://health.kapook.com/view20332.html

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป แผนที่ 1

เรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

วิชา ว31241 ชีววิทยา เพิ่มเติม 1 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ระยะเวลาที่ใช้สอน 2 ชั่วโมง **ผู้สอน นายสุรศักดิ์ เฟวท์**

มาตรฐาน

1.1 เข้าใจพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. อธิบายรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ได้
2. ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ได้
3. นำความรู้เรื่องการย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมาใช้ในการโต้แย้งได้

สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตต้องอาศัยพลังงานจากการสลายสารอาหาร โครงสร้างและกระบวนการในการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น รามีปล่อยเอนไซม์ ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์ อะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในเซลล์

สาระการเรียนรู้

1. การย่อยอาหารในสัตว์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

การย่อยภายในเซลล์ (intracellular digestion) สัตว์มีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยตรงโดยผ่านเอนไซม์ในไลโซโซม (lysosome) เช่น การย่อยอาหารในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว การย่อยอาหารในฟองน้ำ เป็นต้น

การย่อยอาหารภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) สัตว์จะปล่อยเอนไซม์ไปย่อยอาหารภายนอกเซลล์ แล้วค่อยดูดซึมอนุภาคขนาดเล็กกลับเข้าสู่เซลล์ พบในผู้ย่อยสลายอินทรีย์สาร (decomposer) และพบในสัตว์ที่มีการพัฒนาท่อทางเดินอาหาร (digestive tract) เช่น การย่อยสารอาหารของกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง การย่อยอาหารภายนอกเซลล์ยังแบ่งท่อทางเดินอาหารของสัตว์ได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1) ท่อทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete digestive tract) เป็นท่อทางเดินอาหารที่มีทางเข้าและออกของอาหารอยู่บริเวณเดียวกัน (ปากกับทวารหนักอยู่ที่เดียวกัน) เช่น กลุ่ม Cnidarian และ Platyhelminthes

2) ท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ (complete digestive system) ทางเข้าและทางออกของท่อทางเดินอาหารแยกจากกัน กลุ่มที่พบได้ Nematodes ขึ้นไป จนถึง กลุ่มสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง

2. การย่อยของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

1) การย่อยอาหารของพวกเห็ด รา ยีสต์ และแบคทีเรีย จะปล่อยเอนไซม์ออกมาจากเซลล์เพื่อย่อยแป้ง แล้วจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้

2) การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว พารามีเซียม ใช้ซิเลีย (cilia) โบกพัดอาหารเข้าสู่เซลล์ทางร่องปาก (oral groove) เกิดเป็นฟูดแวคิวโอล (food vacuole) ซึ่งจะไปรวมกับไลโซโซม (lysosome) เพื่อย่อยอาหาร

กิจกรรมการเรียนรู้

---

1) ขั้นนำ (10 นาที)

1) ครูใช้คำถามดังนี้

1.1) นักเรียนเคยเห็นราหรือไม่ ถ้าเคยเห็นพบว่าขึ้นอยู่ที่ใดบ้าง (ผลไม้สุก ข้าวโพด ฟางข้าว เป็นต้น)

1.2) ราที่นักเรียนเห็นนั้นมีลักษณะอย่างไร (บางชนิดมีสีเหลือง บางชนิดมีสีดำ บางชนิดมีสีส้ม เป็นต้น)

1.3) นักเรียนคิดว่า เรายังสามารถนำผลไม้ไปรับประทานได้หรือไม่เมื่อตัดส่วนที่เสียทิ้งแล้ว

2) ครูนำเปิดคลิปวีดิทัศน์เกี่ยวกับการเจริญของราเจริญที่ในลูกแอปเปิลความยาว 2.17 นาที

3) หลังนักเรียนดูคลิปจบแล้ว ครูทวนคำถาม “นักเรียนคิดว่า เรายังสามารถนำผลไม้ที่ขึ้นราไปรับประทานได้หรือไม่เมื่อตัดส่วนที่เสียทิ้งแล้ว” (ไม่)

4) เพราะเหตุใด (รามีการชอนไชลงไปในบริเวณต่าง ๆ ของเนื้อผลไม้แล้ว)

สื่อที่ใช้:

- https://www.youtube.com/watch?v=gqLk_OV8oJo&index=49&list=PL0FB8D619E5C752AE

---

2) ขั้นสอน (100 นาที)

ให้นักเรียนศึกษา 3 กิจกรรมเกี่ยวกับการย่อยอาหารของรา ยีสต์ และพารามีเซียม ครูแจกใบงาน และชี้แจงเพื่อทำกิจกรรมที่ 1 – 3 ดังต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 1 สังเกตบริเวณขนมปัง (20 นาที)

ให้นักเรียนสังเกตขนมปังจากคลิปวีดิทัศน์ความยาว 0.54 วินาที และตอบคำถามดังต่อไปนี้

1) ลักษณะขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นแตกต่างจากบริเวณใกล้เคียงอย่างไร (เนื้อขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นจะหายไปบางส่วน)

2) ความแตกต่างที่สังเกตได้น่าจะมาจากสาเหตุใด (รามีการย่อยสลายแป้งขนมปัง)

3) ราที่ขึ้นบนขนมปังมีกระบวนการอย่างไร จึงจะสามารถนำแป้งจากขนมปังไปใช้ได้ (ราปล่อยเอนไซม์ออกมาจากเซลล์เพื่อย่อยแป้งแล้วจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้)

4) ครูอธิบายเพิ่มเติม: การที่ราปล่อยเอนไซม์เพื่อย่อยแป้ง แล้วจึงดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้ไปใช้ เรียกกระบวนการย่อยอาหารนี้ว่า การย่อยภายนอกเซลล์ ดังนั้น การย่อยอาหารหมายถึง การทำให้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นสารอาหารที่มีโมเลกุลเล็กลงจนกระทั่งแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้)

สื่อที่ใช้:

- https://www.youtube.com/watch?v=CcuWuKLoCmU

กิจกรรมที่ 2 การย่อยซูโครสของยีสต์ (60 นาที)

ยีสต์จัดเป็นราชนิดหนึ่ง เพื่อตรวจสอบความคิดที่ว่า รามีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์ ครูสาธิตขั้นตอนการเลี้ยงยีสต์ให้นักเรียนดู

1) นำหลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอดที่ใส่อาหารเลี้ยงยีสต์ประมาณ 1/3 พร้อมชี้แจงขั้นตอนการเตรียมอาหารและการบ่มเชื้อยีสต์ [เตรียมอาหาร sucrose agar สำหรับเลี้ยงยีสต์ โดยผสมน้ำตาลทราย 5 กรัม แอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 กรัม วุ้น 2 กรัม และน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งไฟให้วุ่นละลายแล้วแบ่งใส่หลอดทดลองประมาณ 1/3 ของหลอม ทั้ง 6 หลอดทดลอง แล้วอุดด้วยจุกสำลี นำอะลูมิเนียมฟอยล์มาหุ้มจุกสำลีไว้เพื่อกันไอน้ำเปียกสำลี เขี่ยเชื่อยีสต์ที่เตรียมไว้แตะลงบนอาหารวุ้น 4 หลอด อีก 2 หลอดไม่ต้องใส่ยีสต์ แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง]

2) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับอุปกรณ์และทำการทดลองในขั้นต่อไป ดังนี้

2.1) ใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลองที่มียีสต์จำนวน 2 หลอด หลอดที่ไม่มีเชื้อยีสต์ 1 หลอด ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เทสารละลายเบเนดิกต์ออกนำหลอดทั้ง 6 วางบนไอน้ำเดือดที่ได้จากการต้มน้ำในบีกเกอร์

2.2) ให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง บันทึกผล และตอบคำถามหลังการทดลอง

3) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและคำถามหลังการทดลองในประเด็นดังต่อไปนี้

3.1) การทดลองนี้ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร (ตัวแปรต้นคือ เอนไซม์ที่ยีสต์สร้าง ตัวแปรตามคือ กลูโคส)

3.2) จากการทดลองนี้ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคือการทดลองในหลอดใด (กลุ่มทดลอง คือ หลอดที่ 1 และ 2 กลุ่มควบคุม คือ หลอดที่ 3, 4, 5 และ 6)

3.3) เราสามารถทำการทดลองเพียง 2 หลอดที่ใส่ยีสต์ได้หรือไม่ (ไม่ได้ เพราะจะไม่มีหลอดเปรียบเทียบ และยีสต์อาจจะเจริญเติบโตได้ดีไม่เท่ากันในแต่ละหลอดทดลอง)

3.4) เพราะเหตุจึงต้องหาคำตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับความร้อนและการเปลี่ยนสีของสารละลายเบเนดิกต์โดยมีหลอดที่ 3 และ 4 ไม่ใส่สารละลายเบเนดิกต์เหมือนกัน หลอดที่ 5 และ 6 ใส่สารละลายเบเนดิกต์เหมือนกัน (เป็นการทำซ้ำ 2 ซ้ำ เพื่อให้สรุปผลได้ชัดเจนขึ้น)

3.5) สีของอาหารวุ้นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร (หลอดที่มีเชื้อยีสต์ 2 หลอดที่ใส่สารละลายเบเนดิกต์มีสีส้ม หลอดที่ 5 ที่ไม่มีเชื้อยีสต์ของสารละลายเบเนดิกต์เป็นสีฟ้าตามเดิม ส่วนอีก 3 หลอดไม่มีการเปลี่ยนสี)

3.6) เพราะเหตุใดหลอดที่มีเชื้อยีสต์ เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์จึงเปลี่ยนสี (เพราะมีกลูโคสเกิดขึ้น)

3.7) กลูโคสที่พบในหลอดทดลองนั้นมาจากไหน (กลูโคสเกิดจากการย่อยซูโครสของยีสต์)

3.8) การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์ (การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์)

3.9) ครูอธิบายเพิ่ม: เรียกกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้และมีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอินทรีย์สารว่า ผู้สลายอินทรีย์สาร (decomposer) ได้แก่ เห็ด รา ยีสต์ เป็นต้น

3.10) จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร (การที่สีของอาหารวุ้นในหลอดที่ใส่ยีสต์เปลี่ยนเป็นสีส้ม (สีอิฐ สีเหลือง) เมื่อทดสอบกับสารละลายเบเนดิกต์และวางบนไอน้ำเดือดแสดงว่ามีน้ำตาลกลูโคสเกิดขึ้น ในขณะที่หลอดที่ไม่ได้ใส่ยีสต์ไม่มีน้ำตาล กลูโคสเกิดขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะยีสต์ปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยน้ำตาลซูโครสให้เป็นกลูโคสและฟรักโทส)

3.11) อภิปรายผลการทดลอง (นักเรียนควรสรุปได้ว่า ยีสต์สามารถสร้างเอนไซม์และส่งออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลไดแซ็กคาไรด์ให้เป็นน้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์ ซึ่งเกิดจากการรวมกันของมอโนแซ็กคาไรด์ คือ กลูโคสกับฟรักโทส ดังนั้นการย่อยน้ำตาลซูโครสจึงได้ทั้งกลูโคสกับฟรักโทส แต่ตรวจสอบกลูโคสแต่เพียงอย่างเดียว)

4) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใด ราและแบคทีเรียต่างชนิดกันจึงเจริญได้ดีในอาหารต่างชนิดกัน (ราและแบคทีเรียต่างชนิดกันอาจมีเอนไซม์ต่างชนิดกัน ทำให้ย่อยสารอาหารได้ไม่เหมือนกัน)

5) ครูเล่าประวัติของการค้นพบยาเพนิซิลิน โดย อเล็คซานเดอร์ เฟลมมิง (Alexander Fleming) (ว่ากันว่าประวัติการค้นพบยาเพนิซิลิน เกิดขึ้นมาจากความผิดพลาดขณะที่ อเล็คซานเดอร์ เฟลมิง กำลังทำการทดลองเชื้อแบคทีเรีย สเตปฟิโลคอกคัส (*Staphylococcus*) ที่ทำให้เกิดโรคเซฟติซีเมีย (Septicemia) หรือภาวการณ์ติดเชื้อในกระแสเลือด เขาได้เพาะเชื้อแบคทีเรียใส่พืชทะเลลงบนจานทดลอง และปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แต่แล้ววันหนึ่งผู้ช่วยของเขาได้ลืมปิดฝาจานทดลอง ทำให้พบว่ามีเชื้อราสีเขียวชนิดหนึ่งขึ้นที่จานเต็มไปหมด บริเวณรอบ ๆ เชื้อรานี้กลายเป็นวงใสๆ และแบคทีเรียสเตปฟิโลคอกคัสถูกฆ่าเป็นวงกว้าง ซึ่งต่อมาพบว่าราเหล่านี้ก็คือ ราเพนนิซิลเลียม **(***Pennicillium family***)**)

สื่อที่ใช้:

- หลอดทดลอง 6 หลอด - ที่วางหลอดทดลอง - อะลูมิเนียมฟอยล์ - สารละลายเบเนดิกต์
- sucrose agar สำหรับเลี้ยงยีสต์ ที่ผสมน้ำตาลทราย 5 กรัม - แอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 กรัม
- วุ้น 2 กรัม - น้ำกลั่น - สำลี

กิจกรรมที่ 3 การกินอาหารของอะมีบา พารามีเซียม (20 นาที)

1) ครูอธิบายโครงสร้างของอะมีบาว่า อะมีบาเคลื่อนที่โดยใช้ของเหลวอยู่ภายในไซโตพลาซึมส่วนที่ยื่นออกไปข้างหน้าเรียกว่า เท้าเทียม หรือ pseudopodium ส่วนพารามีเซียมและพารามีเซียมใช้ซิเลีย (cilia) ในการเคลื่อนที่ ร่องปากของพารามีเซียมเรียกว่า oral groove

2) ครูเปิดคลิปวีดิโอแสดงการกินอาหารของอะมีบาความยาว 0.43 วินาที และให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

2.1) อะมีบามีวิธีการกินอย่างไร (ใช้ส่วนที่ยื่นโอบล้อมอาหารและนำอาหารเข้าไปข้างในเซลล์)

2.2) ส่วนที่ยื่นออกมาโอบอาหารเรียกว่าอะไร (เท้าเทียมหรือ pseudopodium)

2.3) ครูอธิบายเพิ่มเติม : วิธีที่อะมีบานำอาหารที่มีลักษณะแข็งเข้าไปในเซลล์เรียกว่า phagocytosis แต่ถ้านำของเหลวเข้าไปในเซลล์เรียกว่า pinocytosis

3) ครูเปิดคลิปวีดิโอแสดงการกินอาหารของพารามีเซียมความยาว 1.59 วินาที และให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

3.1) พารามีเซียมมีวิธีการกินสารสีแดงและสีดำอย่างไร (พารามีเซียมใช้ซิเลียที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ร่องปากพัดโบกเข้าไปทางร่องปาก

3.2) ครูอธิบายเพิ่มเติม : สารสีจะเข้าสู่เซลล์พารามีเซียมเกิดเป็นฟูดแวคิวโอล จากนั้นไลโซโซมมาเชื่อมรวมกับฟูดแวคิวโอล และเอนไซม์จากไลโซโซมจะย่อยสารสีแดงและสีดำ

4) อะมีบาและพารามีเซียมมีกระบวนการย่อยอาหารเหมือนหรือแตกต่างจากราอย่างไร (ทั้งอะมีบาและพารามีเซียมมีกระบวนการกินเหมือนกันคือ เกิดทั้ง phagocytosis และ pinocytosis สิ่งที่แตกต่างกันคือ อะมีบาใช้เท้าเทียมล้อมรอบอาหาร แต่พารามีเซียมใช้ซิเลียนำอาหารเข้ามาใกล้บริเวณร่องปากเพื่อนำเข้ามาข้างในเซลล์)

สื่อที่ใช้:

- https://www.youtube.com/watch?v=pvOz4V699gk-
- https://www.youtube.com/watch?v=l9ymaSzcsdY

3) ขั้นสรุป (40 นาที)

1) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป “กระบวนการย่อยอาหารของอะมีบาและพารามีเซียมเหมือนหรือแตกต่างจากรา (อะมีบาและพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในเซลล์ ส่วนราและยีสต์มีการย่อยอาหารภายนอกเซลล์)

2) ครูสรุปรูปแบบการย่อยอาหารในสัตว์ว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ การย่อยภายนอกเซลล์ และการย่อยภายในเซลล์โดยใช้ผังมโนทัศน์พร้อมยกตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต

3) ครูให้นักเรียนออกแบบโปสเตอร์ขนาด A4 ภายใต้หัวข้อ “อาหารหมดอายุ” จริง ๆแล้ว “กินต่อได้ไหม...หรือทิ้งไปดีกว่า” พร้อมนำเสนอโปสเตอร์ของตนเอง

การวัดและประเมินผล

(1) แบบบันทึกกิจกรรม

(2) โปสเตอร์ “อาหารหมดอายุ” จริง ๆ แล้ว “กินต่อได้ไหม...หรือทิ้งไปดีกว่า”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมเรื่อง การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

คำชี้แจง: ให้นักเรียนบันทึกข้อความรู้ในระหว่างดำเนินกิจกรรม แล้วนำมาส่งท้ายคาบเรียน

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1) เรายังสามารถนำผลไม้ที่ขึ้นราไปรับประทานได้หรือไม่เมื่อตัดส่วนที่เสียทิ้งแล้ว” เพราะเหตุใด

_____

_____

คำถามระหว่างทำกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1 สังเกตบริเวณขนมปัง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนสังเกตขนมปังและตอบคำถามดังต่อไปนี้

1) ลักษณะขนมปังบริเวณที่มีราขึ้นแตกต่างจากบริเวณใกล้เคียงอย่างไร

_____

2) ความแตกต่างที่สังเกตได้น่าจะมาจากสาเหตุใด_____

3) ราที่ขึ้นบนขนมปังมีกระบวนการอย่างไร จึงจะสามารถนำแป้งจากขนมปังไปใช้ได้

_____

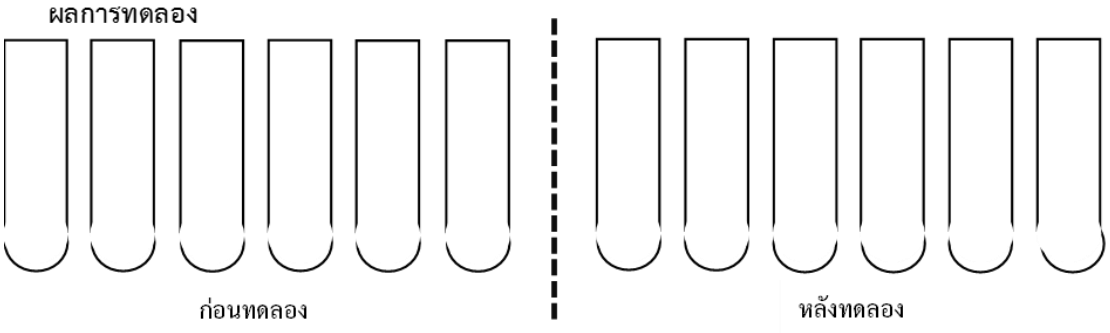
_____

กิจกรรมที่ 2 การย่อยซูโครสของยีสต์

คำชี้แจง: 1) นำหลอดทดลองขนาดกลาง 6 หลอดที่ใส่อาหารเลี้ยงยีสต์ประมาณ 1/3 ของหลอด

2) ใส่สารละลายเบเนดิกต์ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลองที่มียีสต์จำนวน 2 หลอด หลอดที่ไม่มีเชื้อยีสต์ 1 หลอด ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เทสารละลายเบเนดิกต์ออกนำหลอดทั้ง 6 วางบนไอน้ำเดือดที่ได้จากการต้มน้ำในบีกเกอร์

3) ให้นักเรียนสังเกตผลการทดลอง บันทึกผล และตอบคำถามหลังการทดลอง



3.1) การทดลองนี้ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร_____

3.2) จากการทดลองนี้ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคือการทดลองในหลอดใด

_____

3.3) เราสามารถทำการทดลองเพียง 2 หลอดที่ใส่ยีสต์ได้หรือไม่

_____

_____

_____

3.4) เพราะเหตุจึงต้องหาคำตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับความร้อนและการเปลี่ยนสีของสารละลายเบเนดิกต์ โดยมีหลอดที่ 3 และ 4 ไม่ใส่สารละลายเบเนดิกต์เหมือนกัน หลอดที่ 5 และ 6 ใส่สารละลายเบเนดิกต์เหมือนกัน

_____

_____

3.5) เพราะเหตุใดหลอดที่มีเชื้อยีสต์ เมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์จึงเปลี่ยนสี_____

_____

3.6) กลูโคสที่พบในหลอดทดลองนั้นมาจากไหน_____

3.7) การย่อยของยีสต์เป็นการย่อยภายนอกเซลล์หรือภายในเซลล์ _____

3.8) จะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

_____

_____

_____

_____

3.9) อภิปรายผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

_____

_____

_____

_____

3.10) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใด ราและแบคทีเรียต่างชนิดกันจึงเจริญได้ดีในอาหารต่างชนิดกัน

_____

_____

กิจกรรมที่ 3 การกินอาหารของอะมีบา พารามีเซียม

คำชี้แจง: จงเขียนชื่อออร์แกแนลที่นักเรียนเห็นเป็นภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง

Amoeba proteus *Paramecium* sp.

ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1) อะมีบามีวิธีการกินอย่างไร _____

2) พารามีเซียมมีวิธีการกินอย่างไร_____

3) จงอธิบายความหมายของ Phagocytosis และ Pinocytosis

_____

_____

_____

คำถามหลังกิจกรรม

1) กระบวนการย่อยอาหารของอะมีบาและพารามีเซียมเหมือนหรือแตกต่างจากรา

_____

_____

2) การย่อยอาหารในสัตว์ว่าสามารถแบ่งได้เป็นกี่รูปแบบ อะไรบ้าง

_____

_____

_____

_____

3) ให้นักเรียนออกแบบโปสเตอร์ขนาด A4 ภายใต้หัวข้อ “อาหารหมดอายุ” จริง ๆ แล้ว “กินต่อได้ไหม...หรือทิ้งไปดีกว่า” ด้านหลังใบกิจกรรม

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง
2. แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ประกอบด้วย

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นค่าที่พิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 23

1.2 คุณภาพของข้อสอบรายข้อ สามารถพิจารณาได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก และเกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

ข้อคำถามที่	พฤติกรรมบ่งชี้	เกณฑ์คะแนน	IOC	ความหมาย
1	สามารถให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลได้	4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		3	0.67	
		2	1	
		1	1	
		0	1	
2	สามารถสร้างข้อคัดค้านในการโต้แย้งได้	4	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		3	0.67	
		2	0.67	
		1	1	
		0	1	
3	สามารถสร้างข้อสนับสนุนของการโต้แย้ง รวมไปถึงข้อคัดค้าน	3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		2	1	
		1	1	
		0	1	
4	สามารถการสร้างหลักฐานเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้ (ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล หรือข้อคัดค้าน)	3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		2	0.67	
		1	0.67	
		0	1	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
1	0.41	ยากพอเหมาะ	0.44	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
2	0.54	ยากพอเหมาะ	0.42	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
3	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.25	อำนาจจำพอใช้	นำไปใช้ได้
4	0.50	ยากพอเหมาะ	0.67	อำนาจจำแนกดีมาก	นำไปใช้ได้

2. คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน ประกอบด้วย

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เป็นค่าที่พิจารณาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 25

1.2 คุณภาพของข้อสอบรายข้อ สามารถพิจารณาได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก และเกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก ดังตารางที่ 26 และ 27

ตารางที่ 25 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์	ข้อที่	IOC	ความหมาย
1. การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับรูปแบบกระบวนการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ การปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยนอกเซลล์ การย่อยอาหารภายในเซลล์ และการย่อยอาหารในทางเดินอาหาร	1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2. การย่อยอาหารของสัตว์	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับรูปแบบการย่อยอาหารของสัตว์ที่มีท่อทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์	2	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		3	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 25 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์	ข้อที่	IOC	ความหมาย
	(2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง			
3. การย่อยอาหารของคน	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยอาหารของอวัยวะในปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ตับ ตับอ่อน ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่	4	1.00	วัดได้สอดคล้อง
		5	1.00	วัดได้สอดคล้อง
		6	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	(2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน	7	1.00	วัดได้สอดคล้อง
4. การสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจน	(1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล ในกระบวนการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน	8	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	(2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับบริเวณที่มีการเกิดการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน	9	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		10	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับสมการรวมการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล ในกระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน	11	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		12	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	(4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายไขมันในการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน			
	(5) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการสลายโปรตีนในการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน			
	(6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการคิดคำนวณพลังงานที่ได้จากการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน			
	IOC ทั้งฉบับ		0.86	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 26 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
1	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.32	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
2	0.44	ยากพอเหมาะ	0.20	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
3	0.22	ค่อนข้างยาก	0.20	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
4	0.51	ยากพอเหมาะ	0.24	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
5	0.46	ยากพอเหมาะ	0.24	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
6	0.53	ยากพอเหมาะ	0.25	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
7	0.44	ยากพอเหมาะ	0.40	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
8	0.50	ยากพอเหมาะ	0.27	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
9	0.39	ค่อนข้างยาก	0.36	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
10	0.54	ยากพอเหมาะ	0.34	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
11	0.50	ยากพอเหมาะ	0.20	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
12	0.47	ยากพอเหมาะ	0.30	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 27 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	สรุป
1	0.57	ยากพอเหมาะ	0.39	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
2	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.36	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
3	0.55	ยากพอเหมาะ	0.86	อำนาจจำแนกดีมาก	นำไปใช้ได้
4	0.40	ยากพอเหมาะ	0.20	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
5	0.48	ยากพอเหมาะ	0.54	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
6	0.27	ค่อนข้างยาก	0.32	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
7	0.36	ค่อนข้างยาก	0.55	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
8	0.43	ยากพอเหมาะ	0.75	อำนาจจำแนกดีมาก	นำไปใช้ได้
9	0.38	ค่อนข้างยาก	0.53	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้
10	0.34	ค่อนข้างยาก	0.68	อำนาจจำแนกดีมาก	นำไปใช้ได้
11	0.38	ค่อนข้างยาก	0.29	อำนาจจำแนกพอใช้	นำไปใช้ได้
12	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.49	อำนาจจำแนกดี	นำไปใช้ได้

ภาคผนวก ฉ
คำตอบจากแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล

แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งรายบุคคล เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจาก แบบสัมภาษณ์ของ Lin and Mintzes (2010) ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์คำตอบที่นักเรียนตอบในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียน เป็นการซักถามค้าน (cross examination) เพื่อวินิจฉัยคำตอบของนักเรียนและปัญหาที่พบในการโต้แย้ง คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนบอกข้อมูลละเอียดมากขึ้น ในระหว่างสัมภาษณ์รายบุคคลมีและนำการถอดคำพูดลงในเอกสาร

คำพูดของนักเรียนในระหว่างการสัมภาษณ์รายบุคคล กลุ่มที่มีปัญหาในการเขียนตอบ

ห้อง (1) ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่เขียนตอบในข้อ 1

4/3 การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ ร่างกายอ่อนเพลีย และทำให้พัฒนาการของร่างกายช้าลงในเด็ก (C3)

4/3 การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ หงุดหงิดง่าย เสี่ยงอ้วนมากขึ้นกว่าเดิม (C4)

4/3 การอดอาหารไม่ได้ทำให้น้ำหนักลดลงมากกว่าเดิม ทำให้อ่อนเพลียเนื่องจากน้ำตาลในเลือดต่ำ (C8)

4/3 เคยลองลดความอ้วนแล้ว ทำให้กินมากกว่าเดิม แม้ว่าจะเล่นกีฬาและพยายามลดอาหาร ทำให้เชื่อว่า ยิ่งอดยิ่งอ้วน (C2)

4/3 การอดอาหารทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ ร่างกายได้รับพลังงานลดลงกว่าเดิม ทำให้เพลีย (C1)

4/1 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) ไม่รู้จะอธิบายยังไงเพิ่ม (E1)

4/1 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) ไม่มีเหตุผลเพิ่มเติม (E2)

ห้อง (2) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมจากข้อ 2 ถ้าเพื่อบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเขาจึงไม่เห็นด้วย

4/3 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) เพราะเขาอาจจะเห็นด้วยกับเหตุผลที่ว่า การอดอาหารทำให้น้ำหนักตัวลดลง และทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายมากขึ้นกว่าเดิม (C1)

4/3 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) ทำให้สุขภาพดีขึ้น ลดอาการโรคปลอกประสาทแข็งอักเสบ (C5)

4/3 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) การอดอาหารทำให้สุขภาพดีขึ้น ลดอาการของโรคปลอกประสาทเสื่อม มีการผลัดเซลล์บางอย่างใหม่ ทำให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันที่ดีกว่าเดิม (C2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ห้อง (3) ให้นักเรียนอธิบายวิธีการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยเพิ่มเติมจากสิ่งที่นักเรียนเขียน

4/3 การอดอาหารถึงแม้จะทำให้น้ำหนักลด แต่ทำให้ระบบเผาผลาญทำงานช้าลง ทำให้เหนื่อยล้า หงุดหงิดง่าย และปวดหัว (C8)

4/3 ถ้าเราอดอาหาร เวลาไปทำงานจะไม่มีเรี่ยวแรง ง่วง อ่อนเพลีย ไม่มีพลังงานใช้ในการทำงาน และทำให้ร่างกายทรุดโทรม (C4)

4/3 การอดอาหารทำให้สุขภาพไม่ดี อ่อนเพลียง่าย หงุดหงิดง่าย อาจทำให้อ้วนมากกว่าเดิม เนื่องจากกินเพิ่มมากขึ้น (C1)

4/3 การอดอาหารทำให้ผอมก็จริง แต่การไม่กินข้าวทำให้เหนื่อยล้า ไม่มีพลังงาน (C6)

4/1 ไม่สามารถหาเหตุผลมาอธิบายเพื่อโน้มน้าวได้คะ เพราะไม่เห็นด้วยกับการอดอาหารเพื่อลดความอ้วนและไม่เห็นข้อดีของการอดอาหาร (E5)

4/1 อธิบายข้อดีและข้อเสียเกี่ยวกับการอดอาหารเพื่อลดน้ำหนักว่าเสี่ยงอย่างไร ทำให้มีโอกาสเกิดโรคอะไรบ้าง ถ้าเค้าไม่เชื่อก็เป็นความคิดต่างของเขา (E2)

4/1 การอดอาหารอาจทำให้เกิดโรคขาดสารอาหารได้นะ เสี่ยงอ้วน แนะนำการลดน้ำหนักอย่างถูกวิธี ให้ไปออกกำลังกาย กินผักผลไม้ พักผ่อนให้เพียงพอ (E6)

ห้อง (4) เพราะเหตุข้อที่ 2 กับข้อที่ 3 จึงมีเหตุผลในทิศทางเดียวกัน อยากให้อธิบายเพิ่มเติมในข้อ 2

4/3 ไม่รู้จะตอบอย่างไร เพราะการอดอาหารมันดี (C5)

ห้อง (5) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงยังมีเหตุผลในทิศทางเดียวกันกับข้อ 1 อยากให้อธิบายเพิ่มเติม

4/3 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) การอดอาหารมีข้อดีคือ ทำให้ผอม หุ่นดี และมีกล้ามเนื้อ (C4)

4/1 (ข้อ 1 ไม่เห็นด้วย) เพราะมีความเชื่อว่าการอดอาหารไม่ดี และมีผลเสียต่อร่างกายตอนที่เขียนตอบ (E3)

ห้อง (6) ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานที่สนับสนุนเหตุผลของนักเรียน นอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในคำตอบ

4/3 ดร.สุวิมล เพราะมีเนื้อความเดียวกันกับที่ผมพูด (C4)

ห้อง (7) เพราะเหตุใดหลักฐานที่เขียนตอบในข้อ 4 จึงขัดแย้งกับเหตุผลของนักเรียนในข้อที่ 1 และ 3 ที่นักเรียนเขียนตอบ

4/1 เพราะเมื่อเขียนตอบถึงข้อ 3 และอ่านบทความอีกรอบ รู้สึกว่า การอดอาหารก็มีข้อดี คือ ทำให้ความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งและโรคเบาหวานต่ำ แต่ก็ไม่แน่ใจว่าที่จริงแล้วการอดอาหารเพื่อลดความอ้วนดีหรือไม่ดีกันแน่ (E3)

4/1 เพราะเข้าใจว่าหลักฐานเราสามารถใส่ข้อมูลที่เราเชื่อทั้งสองฝ่ายได้ และหนูเชื่อว่า การอดอาหารมีข้อดีและข้อเสีย (E4)

ห้อง (8) นักเรียนคิดว่าหลักฐานหมายถึงอะไร

4/3 หลักฐานในความคิดของหนูคือความเชื่อของตนเอง (C2)

4/3 หลักฐานในความหมายของหนูคือประสบการณ์ที่พบด้วยตนเอง (C6)

ห้อง (9) ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานที่สนับสนุนเหตุผลของนักเรียน นอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในคำตอบ

4/3 ดร.สุวิมล กล่าวว่า คนส่วนใหญ่มักไม่สามารถอดอาหารได้ (C7)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
ภาพตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคม

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุรศักดิ์ เฟวท์ เกิดวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2533 ภูมิลำเนาจังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาชีววิทยา (สัตววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 โดยได้รับทุนการศึกษาและทำวิจัยในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ประเภท premium จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University