


การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

อารพิน บากา

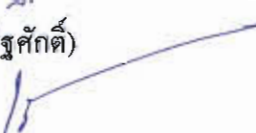
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กุมภาพันธ์ 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ อารณ บากา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นพ. ปิณฑิลา ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิณฑิลา)
สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์ กรรมการ
(ดร.สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศรีสวัสดิ์)
ดร.ทงกลด สารภูมิต กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทงกลด สารภูมิต)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษาของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)
วันที่ 10 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559

ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร.สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาแนะนำแนวทางในการศึกษาหาความรู้ ให้แนวคิด ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ สละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจมาโดยตลอด ระยะเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยมีความรู้ลึกซึ้งซึ่งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกลด สารภูษิต ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.การุณ ทองประจุแก้ว และ ดร.สิทธิชัย วิชัยดิษฐ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความรู้ และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู และนักเรียน โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อการวิจัย ขอขอบพระคุณครอบครัว คณาจารย์ รุ่นพี่ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขา วิชาชีพวิทยาลัยศึกษาทุกคน ที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาจนจบการศึกษา

คุณค่าของงานวิจัยฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องตอบแทนพระคุณบิดา มารดา คุณครู อาจารย์ทุกท่าน และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน ชี้แนวทางให้เกิดความรู้ ความคิด สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือและปรารถนาดีต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด

อารีณ บากา

56920159: สาขาวิชา: ศึกษาศาสตร์; วท.ม. (ศึกษาศาสตร์)

คำสำคัญ: วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น/ เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์/ การสลายสารอาหารระดับเซลล์

อาร์ฟัน บากา: การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ (DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS' LEARNING

ACHIEVEMENT AND ANALYTICAL THINKING BY TEACHING MANAGEMENT THROUGH 7E LEARNING CYCLE WITH ANALYTICAL QUESTIONING TECHNIQUE)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สาลินี ขจรพิสิฐศักดิ์, Ph.D., เชษฐ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด. 151 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนา นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ สงขลา สังกัด สพม. 16 จำนวน 29 คน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ใบงาน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ สามารถสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ถ่ายโอนการเรียนรู้ วิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการของประเด็นต่าง ๆ ในใบงานได้อย่างถูกต้อง และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

56920159: MAJOR: BIOLOGY EDUCATION; M.Sc. (BIOLOGY EDUCATION)

KEYWORDS: 7E LEARNING CYCLE/ ANALYTICAL QUESTIONING TECHNIQUE/
CELLULAR RESPIRATION

ARRAFUN BAKA: DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS' LEARNING
ACHIEVEMENT AND ANALYTICAL THINKING BY TEACHING MANAGEMENT
THROUGH 7E LEARNING CYCLE WITH ANALYTICAL QUESTIONING TECHNIQUE.
ADVISORY COMMITTEE: SALINEE KHACHONPISITSAK, Ph.D., CHADE SIRISAWAT,
Ed.D. 151 P. 2016.

The purpose of this research was to develop grade 10 students' learning achievement and analytical thinking by teaching management through 7E learning cycle with analytical questioning technique. The participants were 29 grade 10 students who enrolled in Science Math and Ability program of Mahavajiravudh Songkhla School under the Office of Education Service Area 16. The design of this research was quasi-experimental design. The data were collected by using learning achievement test, analytical thinking test, worksheets and teacher's journal entries. The data were analyzed by qualitative and quantitative methods.

The findings of this research showed that grade 10 students who participated in teaching management through 7E learning cycle with analytical questioning technique could investigate the knowledge by themselves, transfer the learning, analyze the elements, relationships and principles of various issues in worksheets correctly and had posttest score higher than pretest score of learning achievement and analytical thinking at .01 significance level.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
หลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ	
ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราช	
ภัฏสงขลา.....	11
การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น	16
เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์	24
การคิดวิเคราะห์.....	27
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
3 วิธีดำเนินการวิจัย	38
ประชากรและกลุ่มที่ศึกษา.....	38
รูปแบบการวิจัย.....	39
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	39
วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	47
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
4 ผลการวิจัย.....	51
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
5 สรุปและอภิปรายผล.....	59
สรุปผลการวิจัย.....	59
อภิปรายผล.....	60
ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก.....	71
ภาคผนวก ข.....	73
ภาคผนวก ค.....	98
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	151

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์..... 14
2	เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 18
3	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น 21
4	แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดี่ยวทดสอบก่อนหลัง..... 39
5	ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ 40
6	จำนวนข้อในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ (ฉบับก่อนเรียน) จำแนกตามจุดประสงค์การเรียนรู้ 43
7	จำนวนข้อในแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนจำแนกตามลักษณะของการคิดวิเคราะห์..... 45
8	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์..... 52
9	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์..... 54
10	ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 1 เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์..... 74
11	ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 2 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์ ขึ้นไกลโคไลซิส..... 76
12	ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 3 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขึ้นวัฏจักรเครบส์..... 78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 4 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	80
14 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 5 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน	82
15 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 6 เรื่อง การสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์	84
16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับก่อนเรียน กับจุดประสงค์การเรียนรู้	86
17 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับหลังเรียน กับจุดประสงค์การเรียนรู้	88
18 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียน กับลักษณะของการคิดวิเคราะห์	90
19 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับหลังเรียน กับลักษณะของการคิดวิเคราะห์	91
20 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับก่อนเรียน	92
21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับหลังเรียน	94
22 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียน	96
23 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับหลังเรียน	97

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม	6
2 กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
3 การขยายวงจักรการเรียนรู้ 5 ชั้นเป็น 7 ชั้น	16
4 ประเภทของคำถามตามระดับขั้นของการคิดในพุทธิพิสัย.....	24
5 ตัวอย่างแผนที่ความคิดสรุปภาพรวมของการสลายสารอาหารระดับเซลล์ของนักเรียน.....	53
6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากคำถามในใบงาน	54
7 ตัวอย่างการลงข้อสรุปของนักเรียนจากคำถามระดับการวิเคราะห์ในใบงาน	56
8 ตัวอย่างนิทานสั้น ๆ สรุปขั้นตอนของไกลโคไลซิส ของนักเรียน.....	57

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะเกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวก วิทยาศาสตร์ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์พัฒนาวิธีคิดเชิงเหตุผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทุกคนให้รู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ทั้งนี้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ต้องยึดหลักว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด ดังนั้นจึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (กรมวิชาการ, 2546)

ชีววิทยาจัดเป็นรายวิชาพื้นฐานและเพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาสิ่งมีชีวิตในหลายระดับ ได้แก่ อะตอม โมเลกุล เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ ระบบอวัยวะ ร่างกาย ประชากร สังคมสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และชีวโลก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2554) ซึ่งความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตบางระดับเป็นเรื่องยาก ซับซ้อน และจินตนาการได้ยาก เนื่องจากเป็นนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่จึงไม่สามารถวิเคราะห์ความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการของเรื่องที่เรียนได้อย่างลึกซึ้ง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (Ragdale and Pedretti, 2004) และจากประสบการณ์การสอนวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ผู้วิจัยพบว่าเมื่อให้นักเรียนสืบค้นเพื่ออธิบายคำถามระดับการวิเคราะห์ทางชีววิทยา เช่น “ให้นักเรียนใช้ความรู้ เรื่อง ระบบประสาทพาราซิมพาเทติก อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสาร VX กับการเสียชีวิตของผู้ที่สัมผัสกับสารดังกล่าวจนเอนไซม์ Acetylcholine esterase ในน้ำเลือดลดลง” นักเรียนทั้งหมดสามารถสืบค้นและอธิบายความสำคัญของสาร VX และเอนไซม์ Acetylcholine esterase ได้ อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสาร VX กับเอนไซม์ Acetylcholine esterase ด้วยหลักการการสื่อ

ประสาท (Synapse) ของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบอีกว่ามีนักเรียนบางส่วนไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงผลการคิดวิเคราะห์ในประเด็นดังกล่าวได้

การสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Cellular respiration) ถือเป็นเรื่องพื้นฐานสำคัญในการเรียนสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยาในระดับมหาวิทยาลัย (Ross, Tronson, & Ritchie, 2008) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2555 และ 2556 เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน และจากความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 90 คน ที่ตอบแบบสอบถามหลังเรียนวิชาชีววิทยา ตามหลักสูตร โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา สะท้อนว่าเนื้อหาที่ยากที่สุดในการเรียน 3 อันดับ เรียงจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ การสลายสารอาหารระดับเซลล์ (ร้อยละ 58.89) ระบบประสาท (ร้อยละ 30) และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต (ร้อยละ 11.11) ตามลำดับ นอกจากนี้นักเรียนร้อยละ 90 ยังสะท้อนว่าตนเองขาดการคิดวิเคราะห์ เรียนรู้แบบท่องจำเป็นหลัก ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูยังไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ ยังเน้นการให้ความรู้แบบครูคอยป้อนให้นักเรียนจดจำทำ ใช้ มากกว่าการสร้าง พัฒนา ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ แก้ปัญหา รู้จักวิธีแสวงหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2549; สิทธิพล อาจอินทร์, 2554)

โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16 (สพม. 16) ดำเนินแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 มาอย่างต่อเนื่อง และประสบความสำเร็จในการพัฒนาสมรรถนะสำคัญของนักเรียนทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี และความสามารถในการคิด ซึ่งประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าด้านความสามารถในการคิดของปีการศึกษา 2555 และ 2556 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ร้อยละ 83.79 และ 83.92 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบร้อยละคุณภาพในระดับดีขึ้นไปกับสมรรถนะสำคัญของนักเรียนด้านอื่น ๆ พบว่า ด้านความสามารถในการคิดมีร้อยละคุณภาพในระดับดีขึ้นไปต่ำที่สุดทั้ง 2 ปีการศึกษา (มหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา, 2555; มหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา, 2556) เป็นไปในลักษณะเดียวกับผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.)

รอบการประเมินปีการศึกษา 2549 – 2553 ซึ่งพบว่าผลการจัดการศึกษาได้มาตรฐานคุณภาพ สมศ. ทั้ง 14 มาตรฐาน แต่มาตรฐานที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณ์ญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ ได้ค่าเฉลี่ย 3.55 ซึ่งจัดอยู่ลำดับที่ 12 จากการเรียงลำดับค่าเฉลี่ยของทั้ง 14 มาตรฐาน จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา [สมศ.], 2557) ซึ่งจากข้อมูลการสัมภาษณ์ครูวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีปัญหาในการคิดวิเคราะห์ มากที่สุด (บุญยง ชีระกุล, สัมภาษณ์, 3 มีนาคม 2558; อมรรัตน์ วิจิตรเวชการ, สัมภาษณ์, 4 มีนาคม 2558; กชกร โยธาทิพย์, สัมภาษณ์, 4 มีนาคม 2558) จากข้อมูลดังกล่าวครูจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนด้านการคิดวิเคราะห์มากขึ้น และจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องปรับบทบาทจากผู้ป้อนข้อมูลเป็นผู้ให้คำแนะนำ และผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เนื่องจากมีวิธีการที่นักเรียนสามารถหาความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) ซึ่งต้องใช้กระบวนการคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ (สสวท., 2554) สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยเชื่อว่าการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม

วัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จนค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายด้วยตนเอง และเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นวัฏจักร มีการพัฒนาวัฏจักรการเรียนรู้มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 3 ชั้น (3E learning cycle) เป็น 4 ชั้น (4E learning cycle) 5 ชั้น (5E learning cycle) และ Eisenkraft (2003) ได้ขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น มาเป็น 7 ชั้น (7E learning cycle) ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ 1) ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicitation) ถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสอนที่ดี ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจสร้างความรู้ที่มีความหมาย 2) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียน 4) ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นการนำความรู้ในขั้นที่ 3 มาใช้เป็นพื้นฐานการศึกษาหัวข้อที่กำลังศึกษาอยู่ 5) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำเอาความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ และ 7) ขั้นขยายความคิดรวบยอด (Extension) นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนมาให้เกิด

ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยจะมุ่งเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เนื่องจากจะทำให้ครูได้ค้นพบว่านักเรียนจะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหานั้น ๆ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้พัฒนาตนเองในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ (รติพร ศรีลาดเลา, 2551; รุ่งระวี ศิริบุญนาม, 2551; มัชฌิมา ซาแสงบง, 2553; พวงพยอม บุญพิคำ, 2553; จิรนนท์ จันทยุทธ, 2554; นันตพร วดีศิริศักดิ์, 2555; Qarareh, 2012; Reswari, 2013; Aziz, Rusilowati and Sukisno, 2013; Abdi, 2014)

การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนสามารถทำได้หลายวิธี การใช้คำถามในวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544; กระทรวงศึกษาธิการ, 2549; ศักดิ์ศรี ปาณะกุล, 2549; สุกัญญา ศรีสืบสาย, 2551) เนื่องจากคำถามเป็นสื่อในการเรียนรู้ที่ดี ทำให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดได้ด้วยตนเอง อาจจะเป็นการถามด้วยวาจาระหว่างครูกับนักเรียน หรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียน คำถามมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้คำถามว่าต้องการคำตอบอย่างไร เช่น คำถามตามระดับการคิดในพุทธิพิสัย 6 ระดับของ Bloom (1956) อ้างถึงใน อภรณ์ ใจเที่ยง (2546) และทิสนา แจมมณี (2553) ประกอบด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้คำถามสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ดีขึ้น (วารุณี พิมพ่วงศ์ทอง, 2547; สุพลา ทองแป้น, 2551; จานงค์ ทองช่วย, 2551; อุทัยวรรณ สอนสุภาพ, 2555; สุริสา ไวแสน, 2555; มนรัตน์ สมสุข, ชาติชาย ม่วงปฐม และจุฑามาศ จันทรศรีสุคต, 2556; อุทัยวรรณ สุวรไตร, 2556) อย่างไรก็ตามครูส่วนใหญ่มีการใช้คำถามในห้องเรียนน้อยมาก (Cho et al., 2012) หรือยังใช้คำถามระดับต่ำตามระดับขั้นการคิดในพุทธิพิสัย (Sardareh, Saad, Otman, & Me, 2014)

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าเป็นรูปแบบการสอนที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และสมรรถนะสำคัญของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 รวมถึงวิสัยทัศน์และพันธกิจของหลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในเรื่องที่สนใจ และนำมาเป็นข้อสรุป นอกจากนี้ผู้วิจัยยังให้ความสำคัญกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นคำถามที่

นักเรียนไม่สามารถหาคำตอบจากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง ต้องใช้การคิดอย่างลึกซึ้งในการแยกแยะข้อมูล และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่แยกแยะนั้นมาประมวลเป็นข้อสรุป เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนให้คิดเป็นระบบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ที่สูงขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์
2. เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ จะมีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

เป็นแนวทางสำหรับครูชีววิทยาในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้

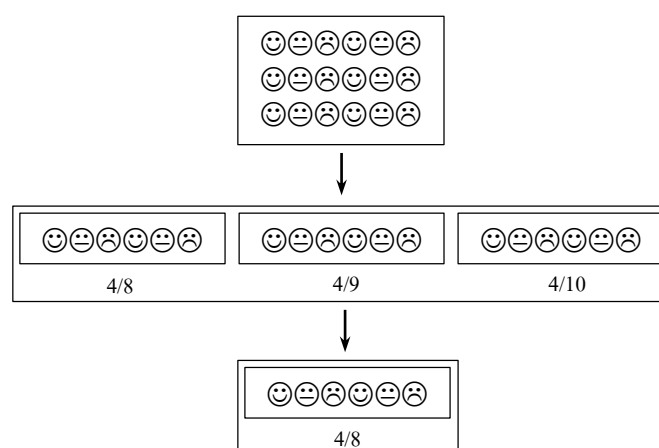
ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มที่ศึกษา
 - 1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 16 (สพม. 16) จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ ห้อง 8 จำนวน 29 คน ห้อง 9 จำนวน 30 คน และห้อง 10 จำนวน 29 คน รวมจำนวน 88 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย จำนวน 28 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 60 คน ซึ่งผ่านการคัดเลือกด้วยข้อสอบ โครงการห้องเรียนพิเศษ วิทยาศาสตร์ เครือข่ายภาคใต้ตอนล่าง และจัดห้องเรียน โดยวิธีการจับสลากแยกห้อง ห้องเรียนละ 29 – 30 คน โดยกำหนดให้มีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงใกล้เคียงกันทุกห้อง

1.2 กลุ่มที่ศึกษาคั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนานักเรียนที่ มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา สังกัด สพม. 16 ห้อง 8 จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (ดัดแปลงจาก สมชาย วรกิจเกษมสกุล, 2553)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variables) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร การเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มที่ศึกษา

3. ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียน

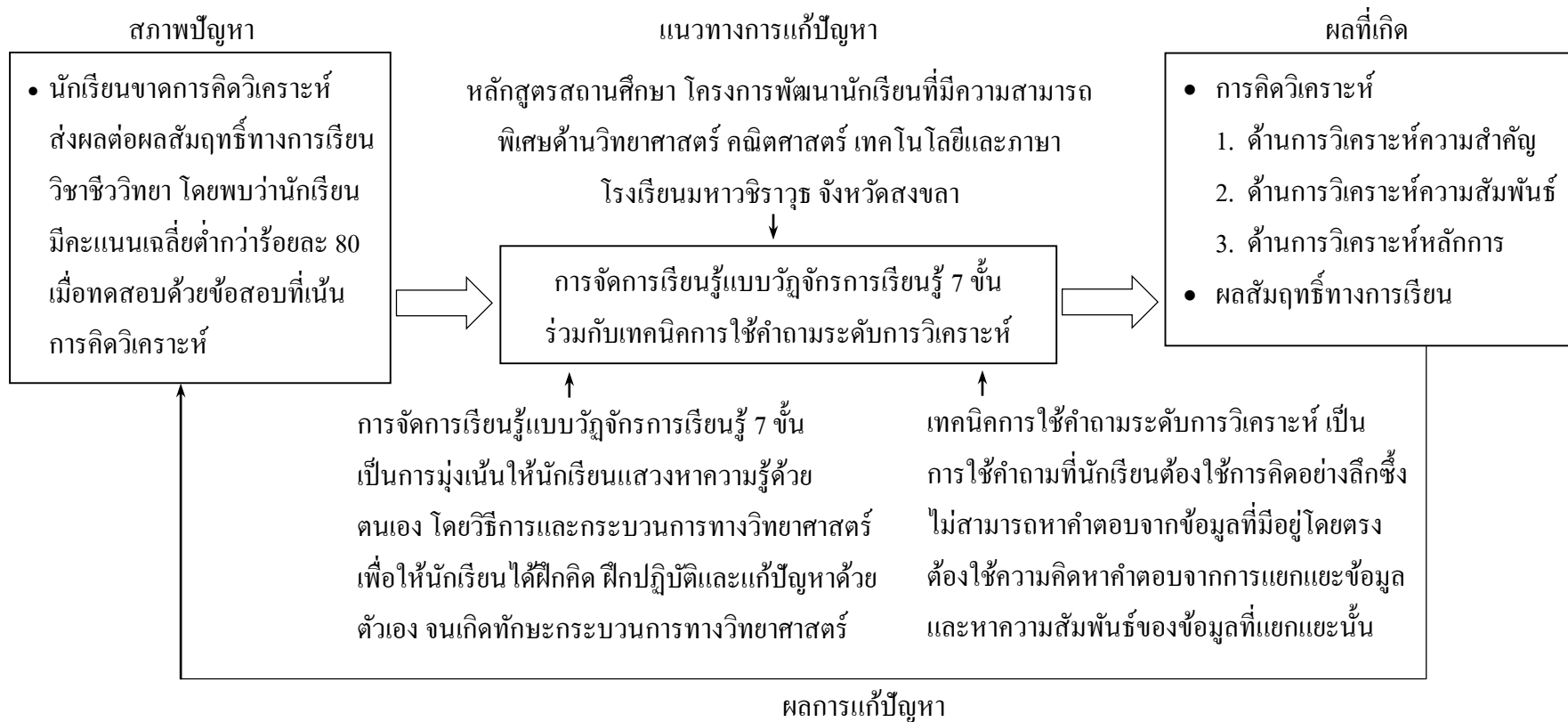
ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวชิราวุธ
จังหวัดสงขลา สังกัด สพม. 16

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวม 15 คาบ คาบละ 50 นาที โดย
ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบความคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง จนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 7 ชั้น ได้แก่

1.1 ชั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนให้แสดงความรู้เดิมเพื่อจะได้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร และจะวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างไรให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนมากที่สุด

1.2 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ โดยครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ชั่วๆ ให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน

1.3 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา สำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

1.4 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้อธิบาย วิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ เป็นต้น ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่

1.5 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม แนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม แบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

1.6 ชั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้

1.7 ชั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) เป็นขั้นที่ครูต้องจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ และถ่ายโอนการเรียนรู้

2. เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ตามระดับขั้นของการคิดในพุทธิพิสัย ซึ่งสามารถกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ ทำให้นักเรียนสามารถค้นคว้า หาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง ประกอบด้วยคำถาม 3 ประเภท ได้แก่

2.1 คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of elements) เป็นการถามให้นักเรียนวิเคราะห์มูลเหตุ ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ สิ่งที่ซ่อนเร้น และความสำคัญของเรื่องราวทั้งหมด

2.2 คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationships) เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนใช้ความสามารถในการค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

2.3 คำถามวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการจับแก่นเงื่อนของเรื่องราวนั้นว่ายึดถือหลักการใด หรือหลักปรัชญาใดเป็นแกนกลาง

3. การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นว่าเกี่ยวข้องกันโดยหลักการใด เพื่อการตัดสินใจ ค้นหาสาเหตุหรือสภาพที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ครอบคลุมความสามารถของนักเรียน 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทดสอบ หรือความรู้ความสามารถของนักเรียน หรือขนาดของความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ซึ่งวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมุ่งเน้นการวัดด้านพุทธิพิสัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ครอบคลุมหัวข้อวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา
2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
3. เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์
4. การคิดวิเคราะห์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา

วิสัยทัศน์ เป้าประสงค์ พันธกิจ ยุทธศาสตร์ และหลักการของหลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา (มหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา, 2552) มีรายละเอียดดังนี้

วิสัยทัศน์

นักเรียนมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา มีทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ มีสุขภาพพลานามัยดี มีคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นไทย

เป้าประสงค์

1. นักเรียนมีความรู้ ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา เทียบเคียงโรงเรียนชั้นนำของประเทศ สามารถสอบเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาได้ร้อยละ 100
2. มีคุณธรรม จริยธรรม และความเป็นไทย ดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข
3. นักเรียนมีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่สมบูรณ์แข็งแรง

พันธกิจ

1. พัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ความสามารถ ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และภาษาเป็นพิเศษ โดยเน้นฝึกทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ
2. พัฒนาแหล่งเรียนรู้ สื่อเทคโนโลยี เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ
3. พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษาให้สูงกว่าระดับปกติ
4. พัฒนาและเสริมสร้างคุณภาพ คุณธรรม จริยธรรม และจิตสำนึกแห่งความเป็นไทย
5. พัฒนาคู่มือความรู้ ความสามารถ ในการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ
6. พัฒนาการบริหารจัดการให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ

ยุทธศาสตร์

1. ร่วมมือกับสถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จัด โปรแกรมทางการเรียน ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา
2. สรรหาสื่อ เทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีคุณภาพมาใช้ในการจัดการเรียนรู้
3. พัฒนาแหล่งเรียนรู้ภายในให้มีคุณภาพและศึกษาแหล่งเรียนรู้ภายนอก
4. ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกิจกรรมด้านวิชาการ ดนตรี กีฬา สังคม และกิจกรรมทางศาสนา
5. สนับสนุนให้ผู้ปกครองและหน่วยงานมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมพัฒนานักเรียน
6. ส่งเสริมและสนับสนุนให้ครูและบุคลากรเข้ารับการอบรมร่วมกับสถาบันอุดมศึกษา และสถาบันทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ทั้งในประเทศและต่างประเทศ
7. พัฒนาระบบการบริหาร โดยเน้นการมีส่วนร่วม
8. พัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัย และตอบสนองความต้องการของนักเรียน

หลักการของหลักสูตร

1. มุ่งเน้นการพัฒนานักเรียนรอบด้านทั้งพุทธิศึกษา จริยศึกษา พลศึกษา และหัตถศึกษา
2. มุ่งเน้นการจัดสาระการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานให้ครอบคลุมหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ
3. มุ่งเน้นการจัดสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมให้หลากหลายสอดคล้องกับศักยภาพ ความถนัดและความสนใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเลือกเรียน รายวิชาเพิ่มเติมจากสถานศึกษา สถาบันอุดมศึกษา ศูนย์วิจัย และสถานประกอบการภายนอก โรงเรียนทั้งในและต่างประเทศได้
4. มุ่งเน้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้เลือกเรียนรายวิชาต่าง ๆ ตามศักยภาพ ความถนัด และความสนใจด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

5. มุ่งเน้นส่งเสริมการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีศักยภาพระดับเดียวกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของประเทศ

6. มุ่งเน้นการจัดกิจกรรมพัฒนานักเรียนที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกโรงเรียน เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามอุดมการณ์และเป้าหมายของโรงเรียน นักเรียนต้องปฏิบัติตามกิจกรรมพัฒนานักเรียนตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด จึงจะถือว่าสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

7. มุ่งเน้นการส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และการทำโครงการวิทยาศาสตร์ก่อนศึกษาสำเร็จตามหลักสูตร นักเรียนต้องเสนอผลการทำโครงการวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งเรื่อง

จะเห็นได้ว่า หลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา มีวิสัยทัศน์ที่จะพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ และมีพันธกิจที่จะฝึกทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ ซึ่งถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

คำอธิบายรายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1

ศึกษาและวิเคราะห์โครงสร้างและการทำงานของระบบการย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การรักษาคูลยภาพของร่างกายสิ่งมีชีวิต ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง โดยใช้กระบวนการการสืบค้นข้อมูล การสำรวจ ตรวจสอบ การสังเกต การอภิปราย และการสรุปผล เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ดูแลรักษาสสิ่งมีชีวิต มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับอาหาร การย่อยอาหาร และการสลายสารอาหารระดับเซลล์
2. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับการรักษาคูลยภาพของน้ำ ออสมิก ความเป็นกรด-เบส และแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาคูลยภาพของร่างกายไปใช้ในการดูแลสุขภาพของตนเอง และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ
4. สืบค้นข้อมูล และปฏิบัติการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ สามารถจัดหน่วยการเรียนรู้ได้ 6 หน่วย ตามผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้
สืบค้นข้อมูล และอธิบาย การสลาย สารอาหาร ระดับเซลล์	1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุป องค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์	1. การสลายสารอาหารระดับเซลล์
	2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปไกลโคไลซิส	2. การสลายกลูโคสระดับเซลล์ ขึ้นไกลโคไลซิส
	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปวัฏจักรเครบส์	3. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขึ้นวัฏจักรเครบส์
	4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	4. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขึ้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน
	5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน	5. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน
	6. นำความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ไปประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวัน	
	7. เปรียบเทียบกระบวนการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	
	8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์	6. การสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์

สาระสำคัญ

การสลายสารอาหารระดับเซลล์ หรือการหายใจระดับเซลล์ เป็นกระบวนการสลายโมเลกุลของสารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหาร ได้แก่ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล เพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานจากสารอาหารไว้ในรูปของสารที่มีพลังงานสูง เรียกว่า ATP (Adenosine triphosphate) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) และการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) โดยทั่วไปแล้วจะกล่าวถึงการสลายกลูโคสระดับเซลล์เป็นตัวอย่างเบื้องต้นของการเรียนรู้เรื่องการสลายสารอาหารระดับเซลล์

การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนเป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส (Glycolysis) พบที่ไซโทพลาซึม วัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) พบที่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron transport chain) พบที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย เมื่อกลไกสิ้นสุดลงจะได้พลังงานในรูป ATP จำนวนมาก พบได้ในเซลล์ทั่วไป

การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกันในไซโทพลาซึม 2 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส และกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งมี 2 แบบ คือ กระบวนการหมักกรดแลคติก และกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ เมื่อกลไกสิ้นสุดลงจะได้พลังงานในรูป ATP เพียงเล็กน้อย พบได้ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์ยีสต์ เซลล์แบคทีเรียบางชนิด เซลล์กล้ามเนื้อ เป็นต้น

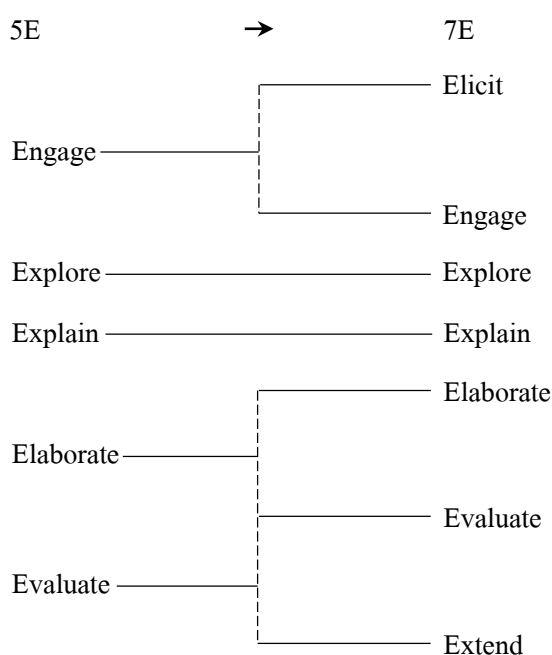
การสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์เป็นการสลายน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดอื่น ๆ กรดอะมิโน กรดไขมัน หรือกลีเซอรอล ให้กลายเป็นสารตัวกลางชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเข้าสู่ไกลโคไลซิส หรือถ้ามีออกซิเจนก็สามารถเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ และเกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้อีกด้วย สารอาหารบางชนิดมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เมื่อสลายแล้วจะให้สารตัวกลางเป็นจำนวนมาก เมื่อสารตัวกลางเหล่านั้นเข้าสู่ไกลโคไลซิสหรือวัฏจักรเครบส์จึงสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานไว้ในรูป ATP ได้มากกว่าการสลายน้ำตาลกลูโคสซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่านั่นเอง

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ โดยจะนำหน่วยการเรียนรู้ซึ่งจัดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 6 ข้อ และสาระสำคัญไปใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ต่อไป

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E learning cycle) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปเป็นวัฏจักร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) ซึ่งขยายมาจากวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยเพิ่มขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit) และขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Extend) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การขยายวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นเป็น 7 ขั้น (Eisenkraft, 2003)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ถือเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; ชาตรี เกิดธรรม, 2545; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; กุณฑร เพ็ชรทวีพรเดช, 2550; ทิพย์วิมล วังแก้วหิรัญ, 2551; ทิศนา แจมมณี, 2553) โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; ทิศนา แจมมณี, 2553) และตั้งคำถามหรือจัดสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้ หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้อง (ชาตรี เกิดธรรม, 2545; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; กุณฑร เพ็ชรทวีพรเดช, 2550; ทิพย์วิมล วังแก้วหิรัญ, 2551) สรุปเป็นหลักการ กฎเกณฑ์ สามารถนำการแก้ปัญหานั้นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และ

ทำให้เกิดวงจรการเรียนรู้ใหม่ (ชาติรี เกิดธรรม, 2545; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; กุณฑร เพ็ชรทวีพรเดช, 2550) สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ของ Piaget (1972) และ Vygotsky (1978) อ้างถึงใน ทิศนา แจมฉวี (2553) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ เกิดการรับรู้ความรู้ที่มีความหมาย และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ทั้งนี้การที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2549)

นักการศึกษาได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้หลายรูปแบบ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกันและคล้ายคลึงกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Romey (1968)	Kuslan and Stone (1969)	Renner and Stafford (1972)	แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle)			
			Karplus and Thier (1967)	Barman and Kotar (1989)	Bybee (1997)	Eisenkraft (2003)
1. อภิปรายก่อน การทดลอง	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. อภิปรายก่อน การทดลอง	1. สำรวจและ รวบรวม ข้อมูล	1. สำรวจ	1. สำรวจ	1. สร้างความสนใจ 2. สำรวจและค้นหา	1. ตรวจสอบความรู้เดิม 2. เข้าใจความสนใจ 3. สำรวจและค้นหา
2. ทำการทดลอง	3. ทำการทดลอง	2. สร้างความรู้ จากข้อมูล	2. แนะนำ มโนทัศน์	2. อธิบาย	3. อธิบายและลง ข้อสรุป	4. อธิบายและ ลงข้อสรุป
3. อภิปรายหลัง การทดลอง	4. อภิปรายหลัง การทดลอง 5. ขยายความรู้	3. ขยายขอบเขต ของความรู้	3. ประยุกต์ ใช้มโนทัศน์	3. ขยาย มโนทัศน์	4. ขยายความรู้	5. ขยายความรู้
				4. ประเมินผล	5. ประเมินผล	6. ประเมินผล 7. นำความรู้ไปใช้

สาระสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีสาระสำคัญสรุปได้ดังนี้ (ประสาธน์ เองเฉลิม, 2550)

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นที่ครูจะต้องตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น ข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ หรือการนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี การตรวจสอบความรู้เดิมมีประโยชน์ดังนี้ (Lawson, 1995)

1.1 ทำให้ครูได้รับรู้ถึงความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้วมาวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

1.2 ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว เกิดแรงจูงใจในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เดิมเป็นแนวทาง

1.3 เปิดโอกาสให้นักเรียนซึ่งมีความรู้เดิมแตกต่างกัน ได้ลงข้อสรุปกลายเป็นความรู้เดิมเดียวกัน และยังเป็นการสร้างเชื่อมโยงระหว่างโลกของความจริงภายนอกกับภายในห้องเรียนอีกด้วย

2. ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดความสนใจของนักเรียนหรือการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่นักเรียนเพิ่งเรียนรู้มา ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ชั่วๆ ให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน กรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจ เป็นเรื่องที่ทำให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา และดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง

กราฟ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุป และอภิปรายผลการทดลองโดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ชั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่

5. ขยายความรู้ ชั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม แนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม แบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

6. ประเมินผล ชั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้

7. นำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่ครูจะต้องจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ซึ่งเน้นขั้นตอนการสำรวจความรู้เดิมหรือดั่งประสบการณ์เดิม แล้วกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยหรือเกิดปัญหาใหม่ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ใหม่ เริ่มเกิดความไม่สมดุลทางความคิด แล้วใช้กระบวนการสำรวจค้นหาคำตอบ และปรับสมดุลทางความคิด อีกทั้งนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความคงทนและยาวนาน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Eisenkraft, 2003) สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ครูและนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจบทบาทของตนเองในแต่ละขั้นการเรียนรู้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังตารางที่ 3 (ประสาธต์ เนื่องเฉลิม, 2550)

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ตรวจสอบ ความรู้เดิม	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้ ประสบการณ์ เดิมของนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ตอบคำถามตามความเข้าใจของ ตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับ นักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. เข้าใจความสนใจ	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ - ดึงคำตอบที่ยังไม่ชัดเจนนัก มาคิด และอภิปรายร่วมกัน 	<ul style="list-style-type: none"> - ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระจายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอ ความคิด - นำเสนอประเด็น สถานการณ์ ที่สนใจ - อภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ
3. ขั้นสำรวจและ ค้นหา	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน ในการสำรวจตรวจสอบ - ชักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่ การสำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็น ของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ ชี้แนะแนวทางนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจ ตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ 	<ul style="list-style-type: none"> - คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของ กิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการ แก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือก กับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มี ความน่าเชื่อถือได้ - ใช้ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการสำรวจ ตรวจสอบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. ชั้นสำรวจและค้นหา (ต่อ)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ - มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์
4. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความ และบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ได้ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมา - ให้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย
5. ชั้นขยายความรู้	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปประยุกต์ใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย 	<ul style="list-style-type: none"> - นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตข้ออธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ชั้นขยายความรู้ (ต่อ)	- ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีพร้อม แสดงหลักฐาน และถามคำถาม เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้	
6. ชั้นประเมินผล	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิด รวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้ เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับ การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิดในประเด็น ต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้	- ตอบคำถาม โดยอาศัยประจักษ์ พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง จากกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็น ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป
7. ชั้นนำความรู้ ไปใช้	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถาม ตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้ เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะนำแนวทางในการนำความรู้เดิม ไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้	- นำความรู้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหา สาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำ ความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหาร
ระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับ
การวิเคราะห์ โดยสอดแทรกคำถามระดับการวิเคราะห์ไว้ในชั้นการเรียนรู้ จำนวน 5 ชั้น ซึ่ง
พิจารณาจากบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ได้แก่
1) ชั้นสร้างความสนใจ 2) ชั้นสำรวจและค้นหา 3) ชั้นขยายความรู้ 4) ชั้นประเมินผล และ 5) ชั้นนำ
ความรู้ไปใช้

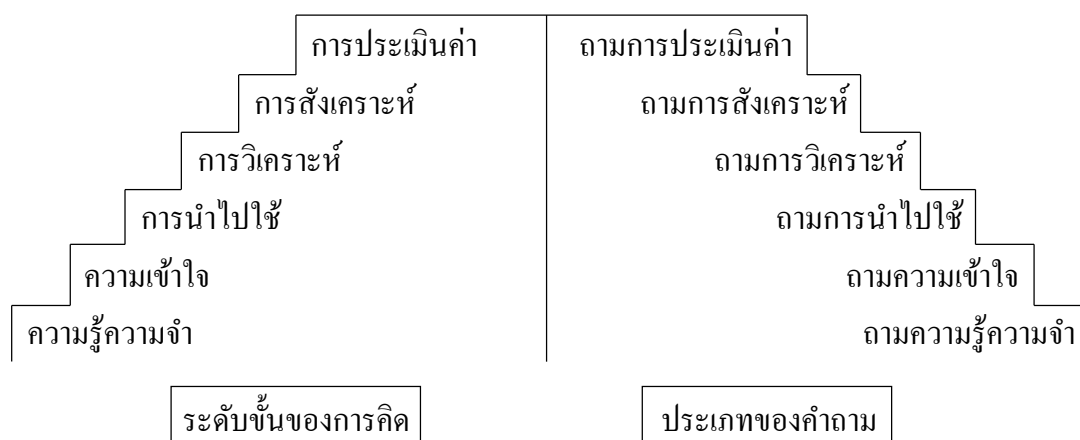
เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

เทคนิคการใช้คำถาม

เทคนิคการใช้คำถามเป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้คำถามหลากหลายประเภท ซึ่งเป็นคำถามที่ดี (พิมพันธ์์ เดชะคุปต์, 2544; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545) กระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน (พิมพันธ์์ เดชะคุปต์, 2544; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; อภาภรณ์ ใจเที่ยง, 2546) ทำให้เกิดการใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิวิจารณ์ สังเคราะห์ หรือ ประเมินค่า (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545) โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) ถือเป็น การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ (พิมพันธ์์ เดชะคุปต์, 2544; กระทรวงศึกษาธิการ, 2549; ศักดิ์ศรี ปาณะกุล, 2549; สุกัญญา ศรีสืบสาย, 2551) เทคนิคการใช้คำถามจึงเป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542)

นักวิชาการศึกษาจำแนกประเภทของคำถามไว้หลากหลายประเภท ขึ้นกับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก (พิมพันธ์์ เดชะคุปต์, 2544; อภาภรณ์ ใจเที่ยง, 2546) เช่น

1. ใช้แนวคิดของ Bloom (1956) อ้างถึงใน อภาภรณ์ ใจเที่ยง (2546) ซึ่งกำหนดระดับขั้น การคิดในพุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกคำถามได้ตามระดับขั้นของการใช้ความคิดในพุทธิพิสัย 6 ระดับ จากขั้นต่ำไปขั้นสูง ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งครูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทาง ในการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดในระดับที่สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ประเภทของคำถามตามระดับขั้นของการคิดในพุทธิพิสัย (พิมพันธ์์ เดชะคุปต์, 2544)

2. ใช้ความยากความง่ายเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกเป็นคำถามง่ายและคำถามยาก คำถามระดับต่ำและคำถามระดับสูง (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551)

3. ใช้ประเภทคำตอบของคำถามเป็นเกณฑ์ คือคำตอบแน่นอนกับคำตอบที่ไม่ใช่คำตอบแน่นอน สามารถจำแนกได้เป็นคำถามแคบและคำถามกว้าง (Cunningham, 1971 อ้างถึงใน กภ เลหาไพบูลย์, 2542)

4. ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งประเภทคำถามตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2531; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544)

คำถามระดับการวิเคราะห์

คำถามระดับการวิเคราะห์ เป็นคำถามที่ใช้ถามเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดลึกซึ้ง (ทิสนา เขมมณี, 2553) ในการแยกแยะเรื่องราว เนื้อหา หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง แต่ละส่วนย่อยเหล่านั้นสัมพันธ์กันอย่างไร และใช้หลักการ กฎ ทฤษฎีใดในการอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว (กภ เลหาไพบูลย์, 2542; ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2546; สุกัญญา ศรีสืบสาย, 2551; ทิสนา เขมมณี, 2553) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; สมนึก ภัททิยธนี, 2549) ดังนี้

1. คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ คำถามประเภทนี้เป็นการถามให้วิเคราะห์มูลเหตุต้นกำเนิด ผลลัพธ์ สิ่งที่ซ่อนเร้น และความสำคัญของเรื่องราวทั้งหมด คำถามมักจะมีคำว่า “ที่สุด” อยู่ด้วยเสมอ เช่น คิดหัวข้อใดสำคัญที่สุด การแก้ปัญหาวิธีใดดีที่สุด สอนแบบใดนักเรียนจึงอยากเรียนมากที่สุด เป็นต้น อย่างไรก็ตามลักษณะนี้ต้องใช้ความคิดอาศัยเหตุผลเชิงวิชาการหรือถามด้านคุณภาพเท่านั้น ไม่รวมถึงการถามด้านปริมาณมากที่สุดหรือน้อยที่สุด

2. คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนใช้ความสามารถในการค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นต่างติดต่อเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์อาจจะถามความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับเหตุ เนื้อเรื่องกับผล หรือเหตุกับผลก็ได้ เช่น อะไรเป็นต้นเหตุให้เกิดการเสนอแก้รัฐธรรมนูญใหม่ เหตุใดแสงจึงเร็วกว่าเสียง เหตุใดเมื่อตกใจจึงมักเป็นลม สิ่งใดเกี่ยวข้องกันมากที่สุด เป็นต้น

3. คำถามวิเคราะห์หลักการ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการจับเค้าเงื่อนของเรื่องราวที่ว่ายึดถือหลักการใด หรือหลักปรัชญาใดเป็นแกนกลาง อาศัยหลักการใดเป็นสื่อสารสัมพันธ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจ คำถามประเภทนี้มักลงท้ายด้วยคำว่า “ยึดหลักการใด” หรือ “มีหลักการใด” อยู่เสมอ เช่น มีหลักการเตรียมตัวอย่างไร จึงจะสอบปริญญาโทได้ รยอนต๊วงได้โดยอาศัยหลักการใด เป็นต้น

คำถามที่ดีและเทคนิคการใช้

คำถามที่ดีต้องมีความหมายชัดเจน ไม่คลุมเครือ ข้อความกะทัดรัด สมบูรณ์ เหมาะสมกับระดับของนักเรียน มีระดับความยากง่ายพอเหมาะ ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิด เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม มีเทคนิคการใช้ดังนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542; พิมพันธ์ เฉชะอุปต์, 2544; อากรณี ใจเที่ยง, 2546)

1. เตรียมคำถามล่วงหน้า เพราะจะทำให้สามารถถามได้เรียงลำดับตามความยากง่ายและลำดับเนื้อหา ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการถาม
 2. สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองในห้องเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนรู้สึกอยากมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม
 3. ถามอย่างมั่นใจ โดยใช้ภาษาชัดเจน กะทัดรัด ใช้ท่าทางและน้ำเสียงเร้าใจผู้ตอบ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากตอบมากขึ้น
 4. ไม่ควรเจาะจงผู้ตอบ หรือถามตามลำดับ เพราะการรู้ตัวก่อนจะทำให้ผู้ตอบไม่สนใจคำถามอื่น ๆ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนหลาย ๆ คนได้ตอบ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดี
 5. ไม่ควรเร่งรัดคำตอบจากนักเรียน เมื่อถามคำถามไปแล้วควรมีเวลารอคอย (Wait time) ประมาณ 3 วินาที เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนหยุดคิดค้นคำตอบบ้าง
 6. ขณะที่ผู้ตอบหยุดคิดหรือลังเลที่จะตอบคำถามออกไป ครูควรให้กำลังใจ ไม่ควรคาดคั้นคำตอบหรือแสดงความเบื่อหน่าย หรือเรียกผู้อื่นตอบแทน เพราะจะทำให้นักเรียนเสียกำลังใจ แต่ถ้าตอบคำถามแรกไม่ได้ควรใช้คำถามปูพื้นก่อน
 7. ไม่ควรถามซ้ำนักเรียนคนเดิมบ่อยครั้ง เพราะจะทำให้ให้นักเรียนคนอื่น ๆ น้อยใจที่ครูไม่เห็นความสำคัญของตน จึงทำให้ไม่สนใจบทเรียน
 8. ถ้านักเรียนได้คำตอบที่ไม่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่ค่อยมีเหตุผล ครูควรหาวิธีที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ โดยอาจใช้คำถามใหม่หรืออธิบายเพิ่มเติม
 9. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามครู
 10. ควรวิเคราะห์คำถามที่ถามไปแล้วเพื่อปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้ในโอกาสต่อไป
- ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของ Bloom (1956) อ้างถึงใน อากรณี ใจเที่ยง (2546) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเน้นการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ที่ดีทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคำถามวิเคราะห์หลักการ เพื่อให้สอดคล้องกับระดับขั้นของการคิดวิเคราะห์ในพุทธิพิสัย

การคิดวิเคราะห์

ความหมายของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ (Bloom, 1956 อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, วรรณ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สิ้นธพานนท์, 2555; ทิศนา แคมมณี, 2544; เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2549; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน [สพฐ.], 2549; ลักขณา สิริวัฒน์, 2549; สุวิทย์ มูลคำ, 2550; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ (ลักขณา สิริวัฒน์, 2549; สุวิทย์ มูลคำ, 2550; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น (Bloom, 1956 อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ, 2555; ทิศนา แคมมณี, 2544; เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2549; สพฐ., 2549; ลักขณา สิริวัฒน์, 2549; สุวิทย์ มูลคำ, 2550; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) ว่าเกี่ยวข้องกันโดยหลักการใด (ลักขณา สิริวัฒน์, 2549; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551) เพื่อการตัดสินใจ (สพฐ., 2549; ลักขณา สิริวัฒน์, 2549) ค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2549; สุวิทย์ มูลคำ, 2550)

ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์มี 3 ลักษณะ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ (Bloom, 1956 อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2551; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543; รุจิร ภูสาระ, 2546; สมนึก ภัททิยชนี, 2549; สพฐ., 2549; สุวิทย์ มูลคำ, 2550) โดยการวิเคราะห์แต่ละลักษณะมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการพิจารณาหรือจำแนก แยกแยะองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ ได้ชัดเจนว่าจะ ไรคือสาเหตุ สาเหตุสำคัญ ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และ เหตุผลสนับสนุน ประกอบด้วย

1.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการให้นักเรียนวินิจฉัยว่าสิ่งนั้น เหตุการณ์นั้น ๆ จัดเป็น ชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด เช่น ข้อความนี้เป็นข้อความชนิดใด ผักชีเป็นพืชชนิดใด เป็นต้น

1.2 วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญ สิ่งใดไม่สำคัญ เป็นการค้นหา สาเหตุสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่าง ๆ เช่น สาเหตุสำคัญของเรื่องนี้คือ อะไร ควรตั้งชื่อเรื่องว่าอะไร สิ่งใดสำคัญที่สุด มีบทบาทมากที่สุดจากสถานการณ์ เป็นต้น

1.3 วิเคราะห์เสถียร เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้นหรืออยู่เบื้องหลังจาก สิ่งที่เห็น ไม่ได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความจริงซ่อนอยู่ เช่น ภาพนี้หมายถึงใคร ข้อความนี้ หมายถึงใครหรือสถานการณ์ใด เรื่องนี้ควรยกย่องหรือตำหนิใคร เรื่องนี้ให้ข้อคิดอะไร เป็นต้น

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยการระบุความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลเพื่อนำมาอุปมาอุปไมย ได้แก่

2.1 วิเคราะห์ชนิด เป็นการมุ่งให้คิดว่า เป็นความสัมพันธ์แบบใด สิ่งใดสอดคล้องกันหรือไม่สอดคล้องกัน มีสิ่งใดเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ เช่น มีข้อความใดไม่สมเหตุสมผล เพราะอะไร ถ้ากล่าวใดสรุปผิด สองสิ่งนี้เหมือนกันอย่างไร หรือแตกต่างกันอย่างไร เป็นต้น

2.2 วิเคราะห์ขนาด เป็นการพิจารณาว่า สิ่งใดเกี่ยวข้องมากที่สุด สิ่งใดเกี่ยวข้องน้อยที่สุด เช่น สิ่งใดสัมพันธ์กับสถานการณ์ หรือเรื่องราวมากที่สุด การเรียงลำดับมากหรือน้อยของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

2.3 วิเคราะห์ขั้นตอน เป็นการพิจารณาว่าเมื่อเกิดสิ่งนี้แล้ว เกิดผลลัพธ์อะไรตามมาบ้าง ตามลำดับ เช่น การเรียงลำดับขั้นตอนเหตุการณ์ วงจรของสิ่งของต่าง ๆ สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาจากลำดับขั้นตอน เป็นต้น

2.4 วิเคราะห์จุดประสงค์และวิธีการ เช่น การกระทำดังกล่าวมีจุดประสงค์หรือจุดมุ่งหมายอย่างไร เป็นต้น

2.5 วิเคราะห์สาเหตุและผล เช่น สิ่งใดเป็นสาเหตุของเรื่องนี้ หากไม่ทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร หากทำอย่างนี้ ผลจะเป็นอย่างไร ข้อความใดเป็นเหตุผลแก่กัน หรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

2.6 วิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปมัย เช่น บินเร็วเหมือนนก ระบายบอประชาธิปไตยเหมือนการทำงานของอวัยวะในร่างกาย เป็นต้น

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นการหาหลักความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด มีเทคนิค หรือยึดคติใด ประกอบด้วย

3.1 วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ เช่น การทำวิจัยมีกระบวนการทำงานอย่างไร โครงสร้างของสังคมไทยเป็นอย่างไร เป็นต้น

3.2 วิเคราะห์หลักการ เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปเป็นคำตอบหลักได้ เช่น หลักการของเรื่องนี้มีว่าอะไร หลักการในการจัดการเรียนรู้ของครูควรเป็นอย่างไร หลักการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญได้แก่อะไร เป็นต้น

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์มีองค์ประกอบสำคัญ คือ ต้องมีสิ่งที่กำหนดให้วิเคราะห์ หลักการหรือกฎเกณฑ์สำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้วิเคราะห์ และการค้นหาความจริงหรือความสำคัญ (สุวิทย์ มูลคำ, 2550) โดยใช้ความสามารถในการตีความ ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่วิเคราะห์ ทักษะการสังเกตและตั้งคำถาม และความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล

(เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2549) ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ 5 ขั้นตอน (ชาติ แจ่มนุช, 2545; วณิช สุธารัตน์, 2547; สุวิทย์ มูลคำ, 2550) สรุปได้ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดเรื่องราว ข่าวสาร หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นต้นเรื่องที่จะใช้ในการวิเคราะห์ เช่น พืช สัตว์ ดิน หิน รูปภาพ บทความ เรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์จากข่าว ของจริง หรือสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นต้น
2. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดประเด็นข้อสงสัยจากปัญหาของสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริง สาเหตุ หรือความสำคัญจากเรื่อง
3. กำหนดหลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นการกำหนดข้อกำหนดสำหรับแยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์การจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน เป็นต้น
4. พิจารณาแยกแยะ เป็นการพินิจวิเคราะห์ ทำการแยกแยะ กระจายสิ่งที่กำหนดให้ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยอาจใช้เทคนิคคำถาม 5W 1H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) และ How (อย่างไร)
5. สรุปคำตอบ เป็นการรวบรวมประเด็นสำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบ หรือตอบปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้

การวัดการคิดวิเคราะห์

การวัดการคิดวิเคราะห์สามารถเลือกใช้เทคนิคการวัดได้อย่างหลากหลาย เช่น การวัดโดยใช้แบบทดสอบ การสังเกตพฤติกรรมโดยตรง การสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล ตลอดจนการตรวจผลงานจากแฟ้มสะสมงานหรือพัฒนางาน สำหรับการใส่แบบทดสอบ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-pencil test) และแบบทดสอบปฏิบัติการ (Performance test) แต่ที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือแบบทดสอบข้อเขียน เนื่องจากใช้ง่ายและสะดวกสำหรับครู โดยสามารถสร้างแบบทดสอบประเภทปรนัย (Objective test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้เวลาในการสร้างมากแต่ตรวจง่าย เช่น แบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice test) เป็นต้น หรือแบบทดสอบประเภทอัตนัย (Subjective test) ซึ่งเป็นแบบที่สร้างง่ายแต่ตรวจยาก เช่น การตอบสั้น (Short answer) การตอบตามที่กรอบกำหนด (Restricted essay test) การเขียนตอบอย่างอิสระ (Extended essay test) เป็นต้น (ทิสนา เขมมณี และคณะ, 2544)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการใช้เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์โดยใช้แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยจัดทำขึ้นเป็นข้อเขียนประเภทอัตนัยแบบตอบสั้น เนื่องจากเป็นข้อสอบที่ให้เกิด

และเขียนคำตอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด มีขอบข่ายของคำตอบที่ชัดเจน อีกทั้งสามารถสร้างและใช้งานได้ง่าย ครอบคลุมการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทดสอบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2541) หรือความรู้ความสามารถของนักเรียน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) หรือขนาดของความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข, 2548) ซึ่งวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแนวทางในการวัดและประเมินผลเพื่อศึกษาความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของนักเรียน ประกอบด้วยการวัด 3 ด้าน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544; Bloom, 1956 อ้างถึงใน อารมณ์ ใจเที่ยง, 2546) ได้แก่

1. ด้านพุทธิพิสัย คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองหรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า
2. ด้านจิตพิสัย คือ มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว เป็นต้น
3. ด้านทักษะพิสัย คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติ จนมีทักษะ มีความชำนาญในการดำเนินงานต่าง ๆ

โดยทั่วไปแล้วการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544; สสวท., 2546) ประกอบด้วย

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนคติหรือมโนทัศน์ หลักการ กฎ ข้อตกลง ลำดับชั้น เกณฑ์การแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ศัพท์ วิทยาศาสตร์ และทฤษฎี
2. พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจำแนกหรืออธิบายความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา และสามารถแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนคติ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

3. พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้องค์ประกอบต่อไปนี้

3.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการใช้แสวงหาความรู้และแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทำการทดลอง สังเกตขณะทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล และสรุปผลการทดลอง

3.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะในการใช้เลขจำนวน ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการทำนาย ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

3.3 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเกิดจากประสบการณ์และการเรียนรู้ซึ่งแสดงออกให้เห็นเป็นพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น ลักษณะท่าทาง ความคิดเห็น ความรู้สึกที่จะตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งทั้งในทางบวกและทางลบ

4. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สามารถใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก เช่น ลักษณะการสร้าง รูปแบบการตอบ เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายคะแนน ลักษณะของการตรวจให้คะแนน เป็นต้น (บรรดล สุชาติ, 2542; สมนึก ภัททิยธนี, 2549; พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552)

การจำแนกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลักษณะของการตรวจให้คะแนน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบแบบอัตนัย และแบบทดสอบแบบปรนัย (บรรดล สุชาติ, 2542) มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้ตรวจเป็นสำคัญ ผู้ตรวจต่างคนกันอาจให้คะแนนไม่ตรงกันหรือไม่สอดคล้องกัน ลักษณะการให้คะแนนจึงไม่คงที่ จุดเด่นของแบบทดสอบชนิดนี้คือ ในแต่ละข้อคำถามสามารถวัดความรู้ความสามารถได้หลายด้าน นักเรียนมีโอกาสแสดงความรู้ความสามารถได้อย่างเต็มที่ จึงเหมาะสำหรับใช้วัดความสามารถขั้นสูง แบบทดสอบอัตนัยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ข้อสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการตอบมากกว่าแบบจำกัดคำตอบ ลักษณะของคำถามที่สร้างขึ้นมีความยืดหยุ่นและให้เสรีภาพ

ในการตอบมาก คำตอบจึงกว้างมาก และส่งผลต่อความเที่ยงตรงในการตรวจให้คะแนนที่อาจให้ผลการตรวจที่ไม่สอดคล้องกัน แบบทดสอบนี้เหมาะสำหรับใช้วัดความรู้ความสามารถขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

1.2 ข้อสอบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบ เป็นข้อสอบที่มีการจำกัดกรอบเนื้อหาและความยาวของคำตอบ หรือเป็นข้อสอบที่มีการกำหนดแนวทางในการตอบค่อนข้างตายตัว โดยกำหนดขอบเขตของประเด็นในการตอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด คำตอบจึงสั้นและแคบกว่าข้อสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ การตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์การตรวจที่ค่อนข้างชัดเจนกว่าเนื่องจากคำตอบอยู่ในกรอบแนวคิดเดียวกัน สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของการตอบได้ง่ายกว่า จึงส่งผลให้การตรวจให้คะแนนมีความเที่ยงสูงกว่าแบบไม่จำกัดคำตอบ ข้อสอบแบบนี้เหมาะสำหรับวัดความรู้ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล การบรรยายถึงหลักการต่าง ๆ

2. แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบมีกฎเกณฑ์ตายตัว ใครตรวจก็ให้คะแนนตรงกัน ตรวจกี่ครั้งก็ให้คะแนนตรงกัน แต่ละข้อคำถามวัดความสามารถเรื่องใดเรื่องหนึ่งเพียงเรื่องเดียว นักเรียนไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวางเหมือนแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบปรนัยแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1 ข้อสอบปรนัยแบบถูกผิด (True-false) ลักษณะข้อสอบประกอบด้วยข้อความหรือประโยคที่ต้องการให้ผู้ตอบตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบที่เป็นไปได้สองอย่างว่าข้อความหรือประโยคที่กำหนดมาให้นั้นถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ จริงหรือเท็จ ข้อสอบแบบนี้สามารถใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ขึ้นความรู้ความจำ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความจริง นิยาม หรือหลักการต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถวัดความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลได้อีกด้วย

2.2 ข้อสอบปรนัยแบบจับคู่ (Matching) เป็นข้อสอบปรนัยประเภทหนึ่งที่ทำให้นักเรียนจับคู่ระหว่างสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกัน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องการถามเกี่ยวกับบุคคล เวลา สถานที่ เหตุการณ์ และการกระทำ เป็นข้อสอบที่สร้างง่าย ใช้สะดวก ใช้พื้นที่ในการสร้างหรือเขียนน้อย อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดคือมักนำไปใช้ได้ในเรื่องที่มีขอบเขตวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ขึ้นความรู้ความจำเป็นส่วนใหญ่ และนักเรียนอาจเดาได้จากเนื้อหาหรือคำตอบที่ไม่สอดคล้องกันได้

2.3 ข้อสอบปรนัยแบบเติมคำ (Completion) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ ประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

3. ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple choice) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในส่วนที่เป็นตอนเลือกจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้

นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดัดนิยมนำตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน คูณกัน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จะเห็นได้ว่าข้อสอบแต่ละประเภทต่างมีข้อดีและข้อจำกัด ดังนั้นในการเลือกใช้แบบทดสอบชนิดใดจึงขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด หรือเป้าหมายของการนำผลการวัดไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ เนื่องจากจัดว่าเป็นแบบทดสอบที่ดี สามารถตรวจให้คะแนนได้รวดเร็วและแม่นยำแม้ว่าผู้สอบมีจำนวนมาก มีประสิทธิภาพสูงในการจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) สามารถใช้วัดความรู้ความจำจนถึงการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งมีเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์ว่าคำถามหรือตัวเลือกใดเหมาะสมหรือบกพร่องหรือไม่ (ชวาล แพร์ตกุล, 2552) โดยมุ่งเน้นการวัดด้านพุทธิพิสัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

รติพร ศรีลาเดลา (2551) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์โดยรวมและรายด้าน และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เฉพาะด้านความคิดเชิงวิพากษ์ หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รุ่งระวี ศิริบุญนาม (2551) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น การเรียนรู้แบบ KWL และการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบ KWL และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติ นอกจากนี้ นักเรียนที่เรียนรู้แบบ KWL มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มัชฌิมา ซาแสงบง (2553) พัฒนาการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักร

การเรียนรู้ 7 ชั้น พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และมีเจตคติต่อการเรียนอยู่ในระดับมาก

พวงพยอม บุญพิศา (2553) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์โดยรวมและเป็นรายด้านหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จิรนนท์ จันทุทธ (2554) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อการเรียนเรื่อง พันธะเคมี และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น กับแบบปกติ พบว่า นักเรียนที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น เรื่อง พันธะเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อการเรียน และการคิดวิเคราะห์ โดยรวมและรายด้าน 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นันทพร วศิรีศักดิ์ (2555) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ TGT และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ TGT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Qarareh (2012) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Reswari (2013) เปรียบเทียบการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น โดยใช้สื่อการเรียนรู้ เรื่อง แรงดันของของเหลว พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Aziz et al. (2013) ศึกษาการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัยของนักเรียน ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Abdi (2014) ศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

วารุณี พิมพ์วงศ์ทอง (2547) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยการใช้คำถามตามรูปแบบของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่เรียน โดยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยการใช้คำถามตามรูปแบบของบลูมหลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุพลา ทองแป้น (2551) ศึกษาผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จันทน์ ทองช่วย (2551) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนที่เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อุทัยวรรณ สอนสุภาพ (2555) ศึกษาผลของการเรียนแบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคกลุ่มสืบค้นเสริมด้วยการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนแบบ

ร่วมมือโดยใช้เทคนิคกลุ่มสืบค้นเสริมด้วยการใช้คำถามมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุริสา ไวแสน (2555) ศึกษาการจัดการเรียนรู้เรื่อง สารละลายกรด-เบส โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนมิติ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนมิติมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อยู่ในระดับดี ร้อยละ 83.33 และระดับดีมาก ร้อยละ 16.67

มนรัตน์ สมสุข และคณะ (2556) ศึกษาผลของวิธีการทางประวัติศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางประวัติศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุทัยวรรณ สุวร ไตร (2556) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาเสริมด้วยการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้รูปแบบซิปปาเสริมด้วยการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Cho et al. (2012) สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคการใช้คำถามของอาจารย์สาขาแพทยศาสตร์ศึกษา จำนวน 99 ห้องเรียน และวิเคราะห์ว่ามีการนำเทคนิคการใช้คำถามไปใช้ในห้องเรียนอย่างไร โดยใช้แบบสอบถามและบันทึกภาพเคลื่อนไหวขณะจัดการเรียนรู้ พบว่า อาจารย์ส่วนใหญ่เห็นว่าเทคนิคการใช้คำถามในห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญและขอมส่งผลเชิงบวกในแง่ของการให้ความร่วมมือของนักเรียนในชั้นเรียน ความตั้งใจในการเรียน และความเข้าใจเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติในแต่ละห้องเรียนมีการใช้คำถาม 0 – 29 ข้อ โดยมีค่ามัธยฐานเท่ากับ 1 ในจำนวนนี้มีห้องเรียนที่ไม่มีการใช้คำถามจำนวน 40 ห้อง คิดเป็นร้อยละ 40.4

Sardareh et al. (2014) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้คำถามในห้องเรียนของครูที่สอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่สองในโรงเรียนชั้นประถมศึกษาของประเทศมาเลเซียซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning, AfL) พบว่า ครูยังใช้คำถามระดับต่ำตามระดับขั้นการคิดในพุทธิพิสัย และยังใช้หลักสูตรการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ นั่นคือยังยึดติดกับแนวคิดในการใช้คำถามแบบเดิม ดังนั้นการใช้คำถามในห้องเรียนจึงยังไม่

บรรลุข้อตกลงในการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ไม่มีการกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถามหรือสะท้อนตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีส่วนร่วมกับการตอบคำถามในห้องเรียน มีเพียงนักเรียนบางกลุ่มและครูเองเท่านั้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น และเทคนิคการใช้คำถามตามระดับขั้นการคิดในพุทธิพิสัยสามารถใช้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มที่ศึกษา
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 16 (สพม. 16) จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ ห้อง 8 จำนวน 29 คน ห้อง 9 จำนวน 30 คน และห้อง 10 จำนวน 29 คน รวมจำนวน 88 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย จำนวน 28 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 60 คน ซึ่งผ่านการคัดเลือกด้วยข้อสอบโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคใต้ตอนล่าง และจัดห้องเรียนโดยวิธีการจับฉลากแยกห้อง ห้องเรียนละ 29-30 คน โดยกำหนดให้มีนักเรียนชายและนักเรียนหญิงใกล้เคียงกันทุกห้อง

กลุ่มที่ศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา สังกัด สพม. 16 ห้อง 8 จำนวน 29 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One group pretest – posttest design) (ไพศาล วรคำ, 2555) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง

การสุ่ม	กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
-	E	O	X	O

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

E แทน กลุ่มที่ศึกษา

O แทน มีการสังเกต

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ใบงาน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

- 1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ศึกษารายละเอียดเนื้อหา เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ในแบบเรียน รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

1.3 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบาย และผลการเรียนรู้ รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา

1.4 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตาม หลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	เวลา (คาบ)
1. การสลายสารอาหารระดับเซลล์	1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์	13	2
2. การสลายกลูโคสระดับเซลล์ ชั้นไกลโคไลซิส	2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุป ไกลโคไลซิส	20	3
3. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ชั้นวัฏจักรเครบส์	3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุป วัฏจักรเครบส์	20	3
4. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ชั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุป การถ่ายทอดอิเล็กตรอน	13	2
5. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน	5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน	7	1

ตารางที่ 5 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	เวลา (คาบ)
5. การสลายกลูโคสระดับ เซลล์แบบไม่ใช้ ออกซิเจน (ต่อ)	6. นำความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหาร ระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	13	2
	7. เปรียบเทียบกระบวนการสลายกลูโคส ระดับเซลล์แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	7	1
6. การสลายสารอาหาร ชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์	8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุป การสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์	7	1
	รวม	100	15

1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิค
การใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ จำนวน 6 แผน รวมเวลาทั้งหมด 15 คาบ มีองค์ประกอบดังนี้

1.5.1 ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา

1.5.2 สาระสำคัญ

1.5.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.5.4 สาระการเรียนรู้

1.5.5 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

2) ขั้นสร้างความสนใจ

3) ขั้นสำรวจและค้นหา

4) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

5) ขั้นขยายความรู้

6) ขั้นประเมินผล

7) ขั้นนำความรู้ไปใช้

โดยขั้นที่ 2 3 5 6 และ 7 เน้นเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

1.5.6 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1.5.7 การวัดและประเมินผล

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาคือตรวจสอบการใช้คำ การเว้นวรรคตอน และการอ้างอิงที่มาของรูปภาพในใบความรู้

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดผลประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม แล้วนำมาเปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนให้นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

1.8 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ปรับปรุงการเขียนสาระการเรียนรู้ให้กระชับ และเพิ่มเติมอ้างอิงที่มาของรูปภาพในงาน

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 9 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้

มีความถูกต้องและเหมาะสม แต่ควรควรถามคำถามซ้ำ ๆ และอ่านคำถามซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจคำถามอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีนักเรียนอาสาสมัครอธิบายคำตอบ จึงใช้วิธีการให้จับคู่กับเพื่อนแล้วร่วมกันอธิบายคำตอบแทน

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

2.2 วิเคราะห์หลักสูตร คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในบทเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ตามหลักสูตรสถานศึกษา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏจังหวัดสงขลา และวิธีการออกแบบทดสอบจากเอกสารและตำราวิชาการที่เกี่ยวข้อง

2.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับก่อนเรียน เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังตารางที่ 6 และมุ่งเน้นการวัดด้านพุทธิพิสัย เกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 6 จำนวนข้อในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ (ฉบับก่อนเรียน) จำแนกตามจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนข้อ
1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์	13	8
2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปไกลโคไลซิส	20	12
3. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปวัฏจักรเครบส์	20	12
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการถ่ายทอด อิเล็กตรอน	13	8
5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปการสลายกลูโคสระดับเซลล์ แบบไมโซออกซิเจน	7	4

ตารางที่ 6 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนข้อ
6. นำความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	13	8
7. เปรียบเทียบกระบวนการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	7	4
8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์	7	4
รวม	100	60

2.4 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 60 ข้อ เป็นแบบคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียน

2.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน เสนอให้คณะกรรมการที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ตรวจสอบการสะกดคำ การอ้างอิงที่มาของรูปภาพ และเขียนคำชี้แจงให้ชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น

2.6 นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (Index of item objective congruence, IOC)

2.5 พิจารณาเลือกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) ทั้งนี้พบว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ทุกข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับขนาดของรูปภาพและแผนภูมิแท่งให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

2.6 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน

2.7 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 27% เปิดหาค่าจากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของจุง เตห์ ฟาน (Chung-Teh Fan) แล้วคัดเลือกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00

(พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) พบว่า มีแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับก่อนเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 41 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.76 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.82 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับหลังเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 39 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.71 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.87 คัดเลือกมาใช้ฉบับละ 30 ข้อ ซึ่งครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้

2.8 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับคัดเลือกมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีของ Kuder-Richardson จากสูตร KR 20 (พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับก่อนเรียน เท่ากับ 0.79 และฉบับหลังเรียน เท่ากับ 0.83

2.9 จัดพิมพ์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. แบบวัดการคิดวิเคราะห์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการวัดการคิดวิเคราะห์

3.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างแบบทดสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบ การวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวัดการคิดวิเคราะห์

3.3 สร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียน ประเภทอัตนัยแบบตอบสั้น จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์และบทความที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยา ให้ครอบคลุมลักษณะของการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนข้อในแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนจำแนกตามลักษณะของการคิดวิเคราะห์

ลักษณะของการคิดวิเคราะห์	จำนวนข้อ
1. การวิเคราะห์ความสำคัญ	4
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	4
3. การวิเคราะห์หลักการ	4
รวม	12

3.4 สร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับหลังเรียน จำนวน 12 ข้อ เป็นแบบคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียน

3.5 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์เสนอให้คณะกรรมการที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ ตรวจสอบการสะกดคำชื่อวิทยาศาสตร์ และศัพท์เทคนิค

3.6 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องเพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง

3.7 พิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง ทั้งนี้พบว่าแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ทุกข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้เพิ่มเติมการอ้างอิงที่มาของภาพ ตรวจสอบคำตอบของแบบวัดการคิดวิเคราะห์แต่ละข้อที่เป็นไปได้เพิ่มเติม และลดการใช้คำฟุ่มเฟือยในคำถาม

3.8 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน

3.9 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์มาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) พบว่ามีแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.33 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.47 และแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับหลังเรียนที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 11 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.32 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.50 คัดเลือกมาใช้ฉบับละ 9 ข้อ ซึ่งครอบคลุมลักษณะของการคิดวิเคราะห์

3.10 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่ได้รับคัดเลือกมาหาความเชื่อมั่น โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียน เท่ากับ 0.76 และฉบับหลังเรียน เท่ากับ 0.78

3.11 จัดพิมพ์แบบวัดการคิดวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

4. ใบงาน เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

5. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้เพื่อบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ โดยผู้วิจัยทำการบันทึกหลังการจัด

การเรียนรู้ทุกครั้งตามกรอบการบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหา/อุปสรรค และข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

วิธีดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ขออนุญาตผู้อำนวยการ โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา เพื่อดำเนินการวิจัยภายในโรงเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา
2. ชี้แจงข้อมูลสำหรับการเข้าร่วมการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา และให้นักเรียนลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยความเต็มใจ
3. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้
4. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ และแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียน
5. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตรวจสอบการทำกิจกรรมในใบงานของนักเรียน และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง
6. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ และแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน
7. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดการคิดวิเคราะห์มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และวิเคราะห์เนื้อหาของแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และคำตอบของนักเรียนในใบงาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ และแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยหาค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน (Paired t-test)
2. แบบบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ และใบงาน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา จำแนกข้อมูลเป็นหัวข้อ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}) โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (\text{พิสนุ ฟองศรี, 2551})$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{พิสนุ ฟองศรี, 2551})$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดการคิดวิเคราะห์ จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad (\text{พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554})$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 หาค่าความยากง่ายของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ จากสูตร

$$p = \frac{\sum X_H + \sum X_L - 2nX_{\min}}{2n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (\text{พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554})$$

เมื่อ p	แทน	ดัชนีค่าความยาก
$\sum X_H$	แทน	ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มสูง
$\sum X_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดของข้อนั้น
X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดของข้อนั้น
n	แทน	จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม

2.3 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ จากสูตร

$$r = \frac{\sum X_H - \sum X_L}{n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (\text{พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554})$$

เมื่อ r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
$\sum X_H$	แทน	ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มสูง
$\sum X_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดของข้อนั้น
X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดของข้อนั้น
n	แทน	จำนวนผู้ตอบในแต่ละกลุ่ม

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหาร ระดับเซลล์ โดยโดยใช้วิธีของ Kuder-Richardson จากสูตร

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\} \quad (\text{พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554})$$

เมื่อ r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
k	แทน	จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

\sum	แทน ผลรวม
p	แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
q	แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
S^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค จากสูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\} \quad (\text{พรณี ลีกิจวัฒน์, 2554})$$

เมื่อ	α	แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
	S_i^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จากสูตร

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} ; df = n - 1 \quad (\text{ไพศาล วรรค้ำ, 2555})$$

เมื่อ	t	แทน สถิติทดสอบค่าที
	\bar{d}	แทน ผลต่างเฉลี่ยของกลุ่มคะแนน
	S_d	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างกลุ่มคะแนน
	n	แทน จำนวนคู่คะแนนหรือขนาดกลุ่มที่ศึกษา

บทที่ 4

ผลการวิจัย

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกันดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	สถิติทดสอบสมมติฐาน
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
**	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .01

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ประเด็น คือ

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์
2. ผลการเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้
7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

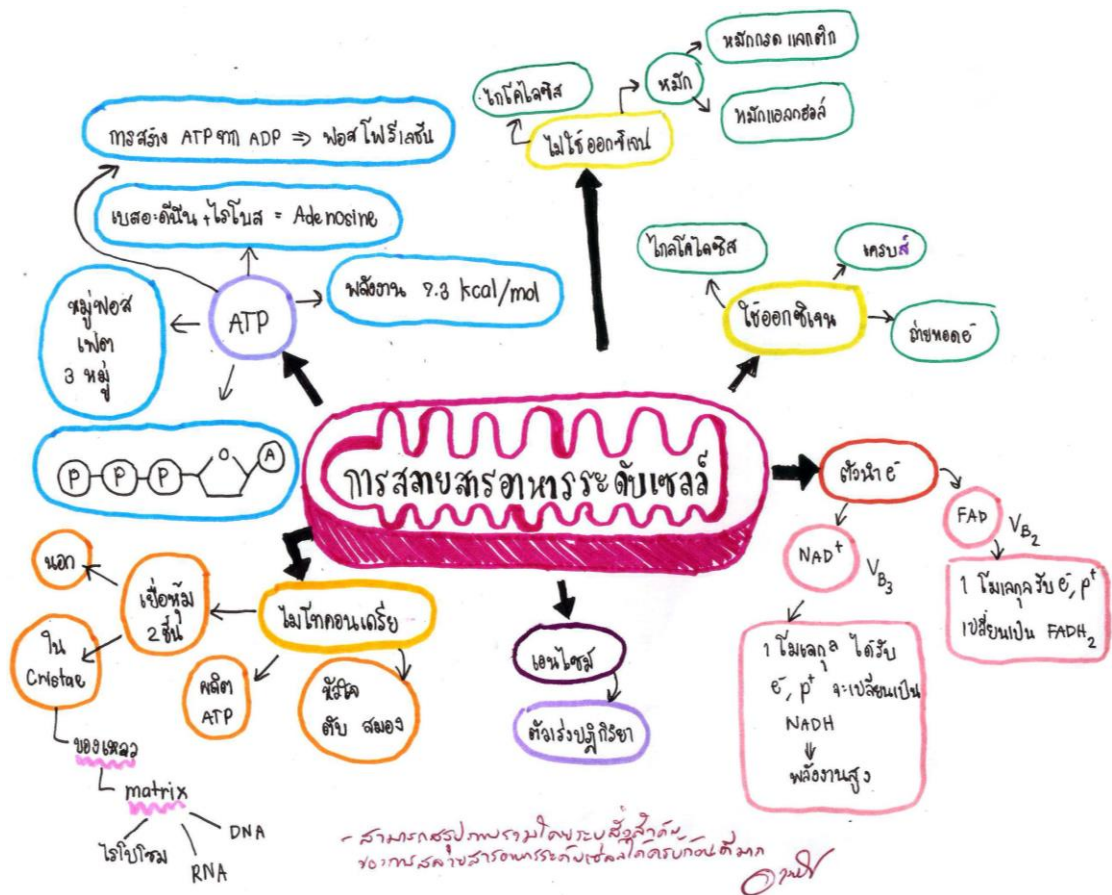
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	t
ก่อนเรียน	30	13.21	2.69	7.549**
หลังเรียน	30	20.72	5.28	

** $p < .01$

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับ 20.72 คะแนน ($\bar{X} = 20.72, SD = 5.28$) และก่อนเรียนเท่ากับ 13.21 คะแนน ($\bar{X} = 13.21, SD = 2.69$) จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจำเป็นต้องจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เช่น การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ เมื่อครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมว่า “นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับคำกล่าวที่ว่า มนุษย์รับประทานอาหารเพราะต้องการพลังงานในการดำเนินชีวิต” นักเรียนทั้งหมดตอบว่า “เห็นด้วย” แต่เมื่อให้นักเรียนดูภาพอาหารชนิดต่าง ๆ และถามต่อไปว่า “หลังจากรับประทานอาหารในภาพเสร็จใหม่ ๆ นักเรียนจะรู้สึกอย่างไร ระหว่าง 1) กระปรี้กระเปร่า อยากทำกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้น หรือ 2) เหนื่อย ง่วงนอน และไม่อยากทำกิจกรรมใด ๆ” ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่ครุ่นคิดก่อนที่จะเลือกคำตอบที่ 2 ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกไม่สมดุลทางความคิดว่า “สรุปแล้วมนุษย์ได้พลังงานจากกระบวนการใด” โดยเฉพาะนักเรียนส่วนน้อยซึ่งเลือกคำตอบที่ 1 จะทบทวนความคิดอีกครั้ง และยอมรับว่าคำตอบที่ 2 เป็นจริงในที่สุด จากนั้นเมื่อครูสร้างความสนใจด้วยเรื่องการสลายพันธะเคมีในน้ำตาลกลูโคสเพื่อดึงพลังงานพันธะมาใช้ประโยชน์ในเซลล์ นักเรียนจึงพยายามเชื่อมโยงความรู้เดิมต่าง ๆ เช่น การย่อยอาหารของคน โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารผ่านเข้าออกเซลล์ เป็นต้น กับความรู้ใหม่ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ โดยมีความกระตือรือร้นที่จะสำรวจและค้นหาคำตอบมากยิ่งขึ้นว่ากระบวนการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับเซลล์อย่างไร และพบว่านักเรียนสามารถอธิบายประเด็นต่าง ๆ ในใบงานได้ถูกต้อง สามารถลงข้อสรุปเป็นแผนที่ความคิด

ดั่งภาพที่ 5 และยังสามารถอธิบายความสำคัญของน้ำตาลกลูโคสในสถานการณ์ใหม่ ๆ จากข้อสรุปที่ได้อีกด้วย ประเด็นที่น่าสนใจคือนักเรียนสามารถคิดคำถามเพิ่มเติมได้อย่างสร้างสรรค์ เช่น เซลล์แบคทีเรียไม่มีไมโทคอนเดรียจะสลายน้ำตาลกลูโคสแบบใช้ออกซิเจนได้หรือไม่ เซลล์สามารถสลายน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ได้หรือไม่ นอกจาก NAD⁺ และ FAD แล้ว มีตัวนำอิเล็กตรอนอื่น ๆ อีกหรือไม่ เป็นต้น นอกจากนี้นักเรียนยังใช้ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้เพื่อถ่ายโอนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับการสร้างความรู้ใหม่ โดยสามารถอธิบายว่าเมื่อเลือดแดงที่โตเต็มที่ซึ่งไม่มีไมโทคอนเดรีย จึงไม่สามารถเกิดการสลายน้ำตาลกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน แต่ยังสามารถดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยการสลายน้ำตาลกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ พร้อมอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลได้นำเชื่อถือ



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแผนที่ความคิดสรุปภาพรวมของการสลายสารอาหารระดับเซลล์ของนักเรียน

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบอีกว่าการตอบคำถามในใบงานที่ว่า “NAD⁺ และ FAD มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกันอย่างไร” นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายหลักการที่ใช้อธิบายความคล้ายคลึงกันได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน โดยแยกแยะข้อมูลสำคัญจากข้อความและรูปภาพในใบความรู้ที่ 1 แล้วนำข้อมูลสำคัญที่แยกแยะได้มาเปรียบเทียบกัน และสรุปหลักการได้ว่ามี Adenosine monophosphate (น้ำตาล เบสอะดีนีน และฟอสเฟต) เหมือนกัน ดังภาพที่ 6 นอกจากนี้จากการใช้คำถามเพิ่มเติมในขั้นประเมินผลว่า “NAD⁺ และ FAD มีโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันอย่างไร” นักเรียนยังสามารถตอบได้ว่ามีโครงสร้างของน้ำตาล Ribitol และวิตามินที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน

8. NAD⁺ และ FAD มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกันอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)

น้ำตาล เบสอะดีนีน และฟอสเฟต (Adenosine monophosphate)

ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากคำถามในใบงาน

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
ความสำคัญ	6	3.52	1.09	4.38	1.24	2.866**
ความสัมพันธ์	6	2.83	1.36	3.72	0.96	3.176**
หลักการ	6	2.72	1.22	4.14	0.99	4.849**
รวม	18	9.07	2.25	12.24	2.37	6.121**

** $p < .01$

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนเท่ากับ 12.24 คะแนน ($\bar{X} = 12.24, SD = 2.37$) และก่อนเรียนเท่ากับ 9.07 คะแนน ($\bar{X} = 9.07, SD = 2.25$) จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์แต่ละลักษณะได้แก่ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ พบว่า นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทุกลักษณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยก่อนเรียนนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญสูงสุด ($\bar{X} = 3.52, SD = 1.09$) รองลงมาคือ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ($\bar{X} = 2.83, SD = 1.36$) และการคิดวิเคราะห์หลักการ ($\bar{X} = 2.72, SD = 1.22$) ตามลำดับ ส่วนหลังเรียนนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ความสำคัญสูงสุด ($\bar{X} = 4.38, SD = 1.24$) รองลงมาคือการคิดวิเคราะห์หลักการ ($\bar{X} = 4.14, SD = 0.99$) และการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ($\bar{X} = 3.72, SD = 0.96$) ตามลำดับ

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า การกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงการคิดวิเคราะห์ออกมาอย่างเต็มที่มีนั้น จำเป็นต้องเลือกสื่อที่เร้าความสนใจนักเรียนได้ดี เช่น ข่าวในรูปแบบวีดิทัศน์ เรื่อง “เด็ก ม.6 จมน้ำ เสียชีวิต เพื่อนเผยมีบางอย่างดิ่งลงไปต่อหน้าต่อตา” เป็นข่าวที่เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาซึ่งเป็นวัยใกล้เคียงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ชื่อเรื่องก็ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นที่แท้จริงของการเสียชีวิต และยังสามรถเชื่อมโยงกับการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสื่อในชั้นเร้าความสนใจของการจัดการเรียนรู้ได้ อย่างไรก็ตามการกระตุ้นให้นักเรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงในวีดิทัศน์กับความรู้เดิมของแต่ละคนย่อมแตกต่างกัน ครูจึงเลือกใช้วิธีการตรวจสอบความรู้เดิมโดยให้นักเรียนพิจารณาประโยคต่าง ๆ ว่าถูกต้องหรือไม่ ได้แก่ ถ้าไม่มีออกซิเจนจะไม่เกิดการถ่ายเทออกซิเจน (ถูก) ถ้าไม่มีออกซิเจนการสลายกลูโคสจะให้พลังงานน้อยลง (ถูก) และถ้าไม่มีออกซิเจนจะทำให้เซลล์ตายทันที (ผิด) ทำให้นักเรียนทุกคนได้ร่วมกันลงข้อสรุปกลายเป็นความรู้เดิมเดียวกันก่อนใช้วีดิทัศน์ดังกล่าวเป็นสื่อในชั้นเร้าความสนใจ

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ทำให้นักเรียนได้แสดงผลการคิดวิเคราะห์ที่สำคัญในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น การจัดการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ชั้น ไกลโคไลซิส นักเรียนได้แสดงผลการคิดวิเคราะห์ดังนี้

1) ชั้นทบทวนความรู้เดิม นักเรียนได้วิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญในโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแก๊สออกซิเจนกับการเผาไหม้กระดาษ A4

2) ชั้นสร้างความสนใจ นักเรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเผาไหม้กรดไขมัน A4 กับน้ำตาลกลูโคสว่าเหมือนหรือต่างกัน โดยครูช่วยกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์หลักการเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว

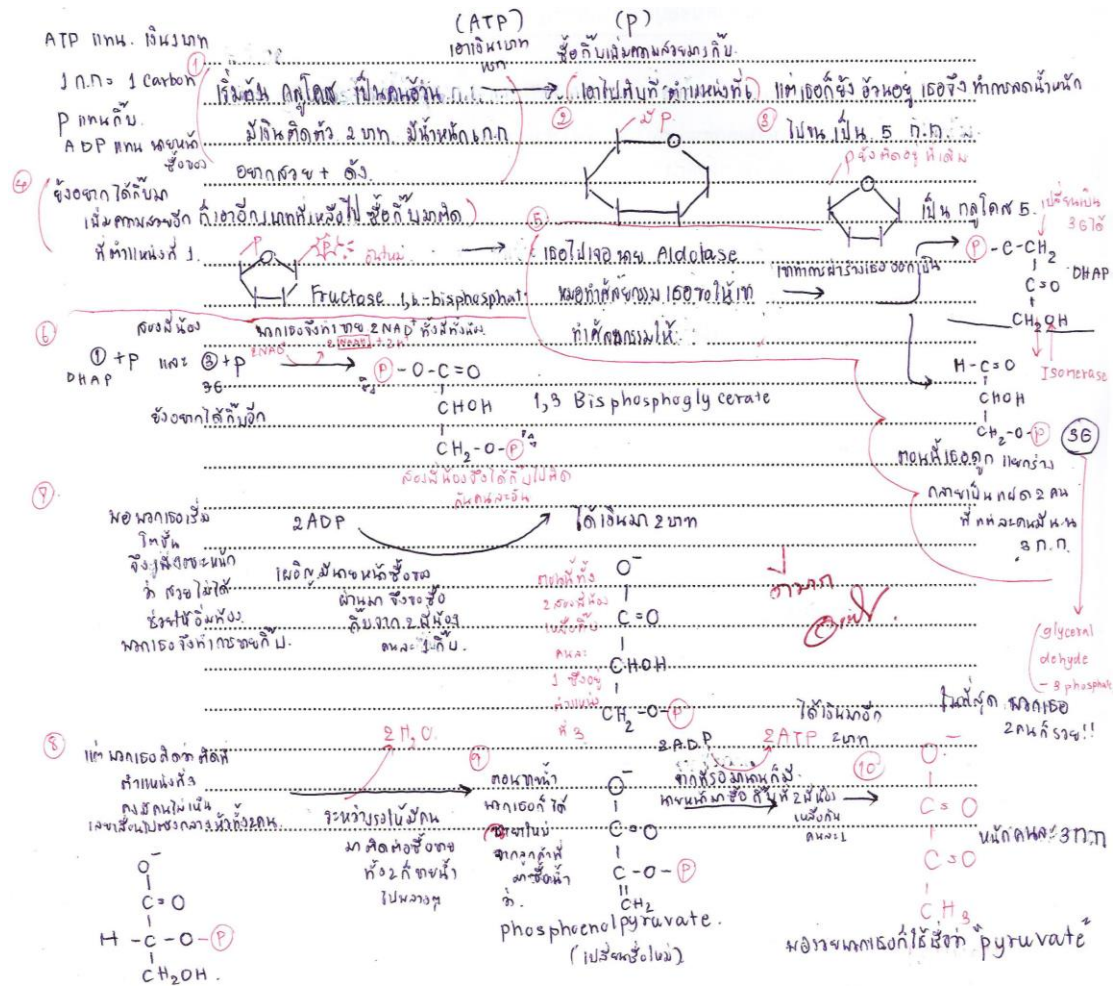
3) ชั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้รับการกระตุ้นให้คิดวิเคราะห์จากคำถามระดับการวิเคราะห์ในใบงานเพื่อลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลในใบความรู้ ดังภาพที่ 7

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำว่า ไกลโคไลซิส โดยยึดหลักการเปลี่ยนแปลงจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของกลูโคส (วิเคราะห์ความสำคัญ)
 ระยะเวลาเปลี่ยนแปลงกลูโคสที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ไปได้เป็น pyruvate ที่คาร์บอน 3 อะตอม จำนวน 2 โมเลกุล /
2. ไกลโคไลซิสแบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยใช้หลักการใด (วิเคราะห์หลักการ)
 ทั่วไปใช้พลังงาน ATP ในกระบวนการ
 ทรานส์. ทรานส. รวมพลังงานรูป ATP /
3. ผลิตภัณฑ์ตัวใดในปฏิกิริยาสุทธิของไกลโคไลซิสมีความสำคัญต่อการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมากที่สุด (วิเคราะห์ความสำคัญ)
 2ATP /
4. จากภาพที่ 2 ชั้นตอนหมายเลขใดเกิดปฏิกิริยาโดยอาศัยพลังงานจากเซลล์เหมือนกัน (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)
 ชั้นที่ 1 และ 3 /
5. จากภาพที่ 3 ชั้นตอนที่ 7 และ 10 มีความคล้ายคลึงกันอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)
 ได้พลังงาน ATP ออกมา 2 ATP /

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการลงข้อสรุปของนักเรียนจากคำถามระดับการวิเคราะห์ในใบงาน

4) ชั้นอธิบาย นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอหน้าชั้นเรียน คิดคำถามที่สร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่น ๆ นำเสนอ

5) ขันขยายความรู้ นักเรียนได้วิเคราะห์ขั้นตอนที่สำคัญของไกลโคไลซิส ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอน และหลักการของความสัมพันธ์นั้น ๆ มาแตงนิทานสั้น ๆ เพื่อสรุปขั้นตอนของไกลโคไลซิส ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างนิทานสั้น ๆ สรุปขั้นตอนของไกลโคไลซิส ของนักเรียน

6) ขันประเมินผล นักเรียนได้นำความคิดรวบยอดไปใช้ในการตอบคำถามเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง รวมถึงการเสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป

7) ขันนำความรู้ไปใช้ นักเรียนได้คิดหาแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ว่า การอมน้ำยาบ้วนปากที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบส่งผลต่อปฏิกิริยาใดในไกลโคไลซิสของแบคทีเรียในช่องปาก

นอกจากนี้ในชั้นเร้าความสนใจของกระบวนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสลายกลูโคส ระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขึ้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ครูได้ใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ครอบคลุมทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ตำแหน่งใดของไมโทคอนเดรียมีความสำคัญต่อการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของ NADH และ $FADH_2$ (วิเคราะห์ความสำคัญ) 2) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนของ Eukaryote แตกต่างจาก Prokaryote หรือไม่ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์) และ 3) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นใน Eukaryote มีหลักการใดแตกต่างจาก Prokaryote (วิเคราะห์หลักการ) พบว่าคำถามเหล่านี้ทำให้นักเรียนได้เป็นศูนย์กลางของการเรียน โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการสำรวจ และค้นหาคำตอบโดยใช้กระบวนการคิดขั้นสูง เพื่อระบุสิ่งสำคัญ ความสัมพันธ์ของสิ่งสำคัญนั้น ๆ และหลักการที่ทำให้สิ่งสำคัญดังกล่าวสัมพันธ์กัน จึงสามารถตอบคำถามในห้องเรียน อธิบาย และลงข้อสรุปในใบงานได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ในชั้นอื่น ๆ ตามบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เช่น ชั้นสำรวจและค้นหา ชั้นขยายความรู้ ชี้นำความรู้ไปใช้ เป็นต้น

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนา นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา สังกัด สพม. 16 ห้อง 8 จำนวน 29 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน ฉบับละ 30 ข้อ (แบบคู่ขนาน) แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ประเภทอัตนัย แบบตอบสั้น ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ฉบับละ 9 ข้อ (แบบคู่ขนาน) ใบงาน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีประเด็นอภิปราย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีลักษณะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; ชาตรี เกิดธรรม, 2545; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; กุณฑร เพ็ชรทวีพรเดช, 2550; ทิศนา แจมมณี, 2553) กระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวจึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเป็นความรู้ที่คงทน นอกจากนี้คำถามระดับการวิเคราะห์ซึ่งนำมาใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ยังเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากช่วยให้นักเรียนสามารถแยกแยะเนื้อหาว่าประกอบด้วยส่วนย่อยสำคัญอะไรบ้าง แต่ละส่วนย่อยเหล่านั้นสัมพันธ์กันอย่างไร และใช้หลักการใดในการอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; อภรณ์ ใจเที่ยง, 2546; สุกัญญา ศรีสืบสาย, 2551; ทิศนา แจมมณี, 2553) เทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์จึงส่งผลให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ เช่น ข้อเท็จจริง หลักการ กฎเกณฑ์ ข้อตกลง ลำดับขั้น ทฤษฎี เป็นต้น เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ (Klopfer, 1971 อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบูลย์, 2542; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, 2544; สสวท., 2546) ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของรติพร ศรีลาดเลา (2551) รุ่งระวี ศิริบุญนาม (2551) มัชฌิมา ซาแสงบง (2553) พวงพยอม บุญพิศา (2553) จิรนนท์ จันทยุทธ (2554) Qarareh (2012) Aziz et al. (2013) และ Abdi (2014) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของอุทัยวรรณ สุวรรโตร (2556) ซึ่งศึกษาผลของการสอนรูปแบบซิปปาเสริมด้วยการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสอนรูปแบบซิปปาเสริมด้วยการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวารุณี พิมพ์วงศ์ทอง (2547) จำนวนัก

ทองช่วย (2551) สุพลา ทองแป้น (2551) สุริสา ไวแสน (2555) อุทัยวรรณ สอนสุภาพ (2555) และ มนรัตน์ สมสุข และคณะ (2556) ซึ่งพบว่าการนำเทคนิคการใช้คำถามตามระดับขั้นการคิดของ บลูมมาใช้ร่วมกับวิธีสอนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ มีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบความรู้เดิม ทำให้ครูรับรู้ถึงความรู้เดิม ที่นักเรียนมีอยู่แล้วมาวางแผนปรับสถานการณ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ได้อย่าง เหมาะสม ทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับความรู้อื่นๆ เกิดแรงจูงใจในการคิด แก้ปัญหามากขึ้น (Lawson, 1995) ช่วยให้การจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ประเด็นปัญหาที่รับรู้ได้มากขึ้น และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ทั้ง 7 ขั้น ตามแนวคิด ของ Eisenkraft (2003) ล้วนเป็นขั้นตอนการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการของสิ่งที่เรียนรู้ นอกจากนี้การใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ยังเป็นเทคนิคสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการคิดของนักเรียน เพื่อให้ สามารถศึกษาค้นคว้า หาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง (ภพ เลหาไพบุลย์, 2542) การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของรติพร ศรีลาดเลา (2551) รุ่งระวี ศิริบุญนาม (2551) มัชฌิมา ซาแสงบง (2553) พวงพยอม บุญพิคำ (2553) จิรนนท์ จันทยุทธ (2554) และนันทพร วศิศิริศักดิ์ (2555) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ส่งผลให้การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ งานวิจัยของอุทัยวรรณ สุวรรณ (2556) ซึ่งนำเทคนิคการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ มาใช้ร่วมกับการสอนรูปแบบซิปปาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอุทัยวรรณ สอนสุภาพ (2555) สุริสา ไวแสน (2555) และ มนรัตน์ สมสุข และคณะ (2556) ซึ่งพบว่าการนำเทคนิคการใช้คำถามตาม ระดับขั้นการคิดของบลูมมาใช้ร่วมกับวิธีสอนสามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

1.1 จากผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ พบว่ามีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ดังนั้นครูหรือผู้ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ ควรส่งเสริมให้นำไปปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ให้สูงขึ้น

1.2 ครูต้องชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจนิยามและลำดับขั้นของการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่ครั้งแรกของการจัดการเรียนรู้โดยการยกตัวอย่างประกอบให้ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอนตั้งแต่การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และสามารถไต่ระดับไปจนถึงการวิเคราะห์หลักการซึ่งเป็นลักษณะของการคิดวิเคราะห์ที่มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนต่ำที่สุดจากการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ลักษณะ เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าเมื่อนักเรียนเข้าใจนิยามและลำดับขั้นของการคิดวิเคราะห์แล้วสามารถคิดวิเคราะห์หลักการได้ดียิ่งขึ้น โดยสังเกตจากการตอบคำถามระดับการวิเคราะห์หลักการในใบงานต่าง ๆ การตอบคำถามระดับการวิเคราะห์หลักการในห้องเรียน และผลการคิดวิเคราะห์หลักการหลังเรียน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ ของชีววิทยา เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ครอบคลุมทุกเนื้อหาและในบริบทอื่น ๆ เช่น ศึกษาในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่ใช่ นักเรียน โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา เป็นต้น

2.2 ควรนำเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ไปใช้ร่วมกับรูปแบบหรือเทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เพื่อทำให้เกิดความหลากหลายในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่แปลกใหม่ และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดวิเคราะห์ได้มากขึ้น

บรรณานุกรม

- กชกร โยธาทิพย์. (2558, 4 มีนาคม). ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา. สัมภาษณ์.
- กรมวิชาการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: อักษรไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). รายงานการสังเคราะห์แนวคิดและวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษณา เพ็ชรทวีพรเดช. (2550). สูดยอควิธีสอนวิทยาศาสตร์นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงวิเคราะห์ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ชัคเชสตีเดีย.
- จำนงค์ ทองช่วย. (2551). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การสอนรูปแบบซิปปาร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- จิรนนท์ จันทยุทธ. (2554). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อการเรียนเรื่องพันธะเคมี และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชวาล แพร่ตฤณ. (2552). เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2545). เทคนิคการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ชาติ แจ่มนุช. (2545). สอนอย่างไรให้คิดเป็น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ลิ้นช้าง.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการศึกษา: ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ทิพย์วิมล วังแก้วหิรัญ. (2551). การจัดการกระบวนการเรียนรู้. สงขลา: เหมการพิมพ์สงขลา.
- ทิสนา แคมมณี. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

- ทศนา แคมมณี. (2553). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทศนา แคมมณี, ศิริชัย กาญจนวาสี, พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, ศรีนคร วิทยะสิรินันท์, นวนจิตต์ เขาวีรติพงษ์ และปัทมสิริ ชีรานุรักษ์. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- นันทพร วดีศิริศักดิ์. (2555). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบ TGT และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หน่วยของชีวิตและชีวิตพืช กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนครพนม.
- บรรดล สุขปิติ. (2542). *การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์*. นครปฐม: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏนครปฐม.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- บุญนุช ชีระกุล. (2558, 3 มีนาคม). *ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา*. สัมภาษณ์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคโนโลยีพรีนติ้ง.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2550). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น*. *วิชาการ*, 10(4), 25-30.
- พรณี ลีกิจวัฒน์. (2554). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา Research methods in education* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: มิน เซอร์วิส ซัพพลาย.
- พวงพยอม บุญพิคำ. (2553). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เฮาส์ออฟเคอร์มิสท์.

- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนรู้การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิค การสอน 2*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- พิสนุ ฟองศรี. (2551). *วิจัยชั้นเรียน: หลักการและเทคนิคปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research)* (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ภพ เลหา ไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนรัตน์ สมสุข, ซาดิซาย ม่วงปทุม และจุฑามาศ จันทร์ศรีสุกต. (2556). ผลของวิธีการทางประวัติศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาประวัติศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ใน *การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14* (1286-1294).
ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา. (2552). *หลักสูตร โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา พุทธศักราช 2551 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สงขลา: โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา. (2555). *รายงานประจำปีของสถานศึกษา ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา*. เข้าถึงได้จาก <http://www.mvsk.ac.th/school/report/55/SAR55.pdf>
- มหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา. (2556). *รายงานประจำปีของสถานศึกษา ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา*. เข้าถึงได้จาก <http://www.mvsk.ac.th/school/news/2014/20140625SAR.pdf>
- มัชฌิมา ซาแสงบง. (2553). *การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- รติพร ศรีลาดเลา. (2551). การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รุ่งระวี ศิริบุญนาม. (2551). การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด-เบส และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น การเรียนรู้แบบ KWL และการเรียนรู้แบบปกติ. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รุจิร ภูสาระ. (2546). การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: บুদ্ধพอยท์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลักขณา ศรีวัฒน์. (2549). การคิด. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วนิช สุธารัตน์. (2547). ความคิดและความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วารุณี พิมพ์วงศ์ทอง. (2547). ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยการใช้คำถามตามรูปแบบของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ศักดิ์ศรี ปาณะกุล. (2549). การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์. วารสารรามคำแหง, 23(4), 131-139.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว.
- สมชาย วรภิเกษมสกุล. (2553). ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). อุตรธานี: อักษรศิลป์การพิมพ์.
- สมนึก ภัททิยชนิ. (2549). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กทม: ประสานการพิมพ์.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน [สพฐ.]. (2549). *แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา [สมศ.]. (2557). *ผลประเมินคุณภาพภายนอก*. เข้าถึงได้จาก <http://www.onesqa.or.th/th/index.php>
- สิทธิพล อาจอินทร์. (2554). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. *วารสารวิจัย มข.*, 16(1), 72-82.
- สุกัญญา ศรีสืบสาย. (2551). *การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการการอ่านและการคิด*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรณ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์. (2555). *พัฒนาทักษะการคิด ตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุพลา ทองแป้น. (2551). *ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สุริสา ไวแสน. (2555). *การศึกษาการจัดการเรียนรู้เรื่อง สารละลายกรด-เบส โดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนคติ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติ: ในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้ : เพื่อพัฒนากระบวนการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- อมรรัตน์ วิจิตรเวชการ. (2558, 4 มีนาคม). ครูผู้สอนวิชาเคมี โครงการพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและภาษา โรงเรียนมหาชิรวุฒ จังหวัดสงขลา. สัมภาษณ์.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2546). *หลักการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- อุทัยวรรณ สอนสุภาพ. (2555). ผลของการเรียนแบบร่วมมือ โดยใช้เทคนิคกลุ่มสืบค้นเสริมด้วยการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- อุทัยวรรณ สุวรไทร. (2556). ผลของรูปแบบซิปปาเสริมด้วยการใช้คำถามเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- Abdi, A. (2014). The effect of inquiry-based learning method on students' academic achievement in science course. *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 37-41.
- Aziz, Z., Rusilowati, A. & Sukisno, M. (2013). Penggunaan model pembelajaran learning cycle 7E untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMP pada pokok bahasan usaha dan energi. *Unnes Physics Education Journal*, 2(3), 31-39.
- Barman, C. R. & Kotar, M. (1989). Teaching teachers: The learning cycle. *Science and Children*, 26(7), 30-32.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of education objectives handbook I: Cognitive domain*. New York : David McKay.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Cho, Y. H., Lee, S. Y., Jeong, D. W., Im, S. J., Choi, E. J., Lee, S. H., Baek, S. Y., Kim, Y. J., Lee, J. G., Yi, Y. H., Bae, M. J. & Yune, S. J. (2012) Analysis of questioning technique during classes in medical education. *BMC Medical Education*, 12(39), 1-7.
- Cunningham, R. T. (1971). *Developing teacher competencies*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Karplus, R. & Thier, H. (1967). *A new look at elementary school science*. Chicago: Rand-McNally.
- Klopfers, L. E. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.
- Kuslan, L. I. & Stone, A. H. (1969). *Teaching Children Science: An Inquiry Approach*. California: Wadsworth Publishing.

- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. California: Wadsworth Publishing.
- Piaget, T. (1972). Intellectual evolution for adolescence to adulthood. *Human Development*, 19, 1-12.
- Qarareh, A. O. (2012). The effect of using the learning cycle method in teaching science on the educational achievement of the sixth graders. *International Journal of Education Science*, 4(2), 123-132.
- Ragdale, F. R. & Pedretti, K. M. (2004). Making the rate: Enzyme dynamics using pop-it beads. *The American Biology Teacher*, 66(9), 621-626.
- Renner, J. W., & Stafford, D. G. (1972). *Teaching Science in the Secondary School*. New York: Harper & Row.
- Reswari, G. P. (2013). *The effect of 7E learning cycle model on the improvement of MTS students' cognitive learning outcomes and science processes skills on the material of liquid pressure*. Master's thesis, Natural Science Education, Faculty of Educational Science, Indonesia University of Education.
- Romey, W. (1968). *Inquiry techniques for teaching science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Ross, P. M., Tronson, D. A. & Ritchie, R. J. (2008). Increasing conceptual understanding of glycolysis & the Krebs cycle using role-play. *The American Biology Teacher*, 70(3), 163-168.
- Sardareh, S. A., Saad, M. R. M., Otman, A. J. & Me, R. C. (2014). ESL teachers' questioning technique in an assessment for learning, context: promising or problematic?. *International Education Studies*, 7(9), 161-174.
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The developmental of higher psychological processes. In M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Suberman (Eds.), *The developmental of higher psychological processes* (pp. 84-91). London: Harvard University Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|--|--|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพเก้า ณ พัทลุง | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.การุณ ทองประจุกแก้ว | อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์
ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ |
| 3. ดร.สิทธิชัย วิชัยดิษฐ | อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอน
วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ |

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์
- การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้
- การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์กับลักษณะของการคิดวิเคราะห์
- การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
- การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น
ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์
แผนที่ 1 เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มี องค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกัน	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะ อันพึงประสงค์	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	4	4	13	4.33	0.58	เหมาะสม มาก
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	50	47	47	144	4.8	0.41	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 2 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์ ชั้นไคโลโคไลซิส

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปลความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	4	4	5	13	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์ การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	47	48	48	143	4.77	0.43	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 3 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ชั้นวัฏจักรครบสี่

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปลความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกัน	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะ อันพึงประสงค์	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ในการจัดการเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	48	49	47	144	4.8	0.41	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์แผนที่ 4 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา				\bar{X}	SD	การแปลความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			รวม			
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	47	49	50	146	4.87	0.35	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 5 เรื่อง การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปลความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	5	4	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
5. สาระการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	49	49	49	147	4.9	0.31	เหมาะสม มากที่สุด

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ แผนที่ 6 เรื่อง การสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ ระดับเซลล์

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปลความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
1. แผนการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
2. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้มีความ สอดคล้องกัน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ และคุณลักษณะ อันพึงประสงค์	5	4	4	13	4.33	0.58	เหมาะสมมาก
5. สาระการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ในการจัดการเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	5	15	5	0	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการพิจารณา			รวม	\bar{X}	SD	การแปล ความหมาย
	ของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)						
	1	2	3				
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วย ตนเอง	4	4	4	12	4	0	เหมาะสม มาก
8. สื่อ/แหล่งเรียนรู้มีความ เหมาะสม สอดคล้องกับผล การเรียนรู้และกระบวนการ จัดการเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผลระบุ เครื่องมือวัดไว้อย่างชัดเจน	5	5	5	15	5	0	เหมาะสม มากที่สุด
10. การวัดและประเมินผล ครอบคลุมจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	14	4.67	0.58	เหมาะสม มากที่สุด
รวม	49	48	46	143	4.77	0.43	เหมาะสม มากที่สุด

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับก่อนเรียน กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			ΣR	IOC
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	1	1	3	1.00
11	1	1	1	3	1.00
12	1	1	1	3	1.00
13	1	1	1	3	1.00
14	1	1	1	3	1.00
15	1	1	1	3	1.00
16	1	1	1	3	1.00
17	1	1	1	3	1.00
18	1	1	1	3	1.00
19	1	1	1	3	1.00
20	1	0	1	2	0.67
21	1	1	1	3	1.00
22	1	1	1	3	1.00

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
23	1	1	1	3	1.00
24	1	1	1	3	1.00
25	1	1	1	3	1.00
26	1	1	1	3	1.00
27	1	1	1	3	1.00
28	1	1	1	3	1.00
29	1	1	1	3	1.00
30	1	1	1	3	1.00

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับหลังเรียน กับจุดประสงค์การเรียนรู้

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	1	1	3	1.00
11	1	1	1	3	1.00
12	1	1	1	3	1.00
13	1	1	1	3	1.00
14	1	0	1	2	0.67
15	1	1	1	3	1.00
16	1	1	1	3	1.00
17	1	0	1	2	0.67
18	1	1	1	3	1.00
19	1	1	1	3	1.00
20	1	1	1	3	1.00
21	1	1	1	3	1.00
22	1	1	1	3	1.00
23	1	1	1	3	1.00
24	1	1	1	3	1.00
25	1	1	1	3	1.00

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
26	1	1	1	3	1.00
27	1	1	1	3	1.00
28	1	1	1	3	1.00
29	1	1	1	3	1.00
30	1	1	1	3	1.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์กับลักษณะของการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนกับลักษณะของการคิดวิเคราะห์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับหลังเรียน
กับลักษณะของการคิดวิเคราะห์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			$\sum R$	IOC
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00
6	1	1	1	3	1.00
7	1	1	1	3	1.00
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับก่อนเรียน

ข้อที่	p	r
1	0.71	0.44
2	0.25	0.32
3	0.51	0.25
4	0.76	0.33
5	0.51	0.73
6	0.30	0.82
7	0.57	0.38
8	0.30	0.43
9	0.71	0.44
10	0.63	0.27
11	0.25	0.32
12	0.37	0.27
13	0.25	0.32
14	0.58	0.63
15	0.36	0.53
16	0.37	0.27
17	0.51	0.73
18	0.71	0.44
19	0.36	0.53
20	0.65	0.54
21	0.25	0.78
22	0.25	0.32
23	0.42	0.62

ตารางที่ 20 (ต่อ)

ข้อที่	p	r
24	0.71	0.44
25	0.65	0.54
26	0.71	0.44
27	0.37	0.27
28	0.65	0.54
29	0.25	0.32
30	0.25	0.32

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์ ฉบับหลังเรียน

ข้อที่	p	r
1	0.42	0.62
2	0.25	0.78
3	0.58	0.63
4	0.57	0.38
5	0.36	0.53
6	0.50	0.50
7	0.36	0.53
8	0.37	0.27
9	0.51	0.73
10	0.65	0.54
11	0.30	0.43
12	0.30	0.43
13	0.42	0.62
14	0.30	0.43
15	0.25	0.32
16	0.51	0.25
17	0.58	0.63
18	0.44	0.39
19	0.63	0.87
20	0.36	0.53
21	0.51	0.25
22	0.57	0.38
23	0.36	0.53
24	0.58	0.63
25	0.44	0.39
26	0.71	0.44

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ข้อที่	p	r
27	0.50	0.50
28	0.37	0.27
29	0.30	0.43
30	0.25	0.78

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียน

ข้อที่	p	r
1	0.55	0.37
2	0.47	0.47
3	0.33	0.27
4	0.77	0.33
5	0.50	0.47
6	0.58	0.43
7	0.40	0.20
8	0.70	0.20
9	0.53	0.33

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดการคิดวิเคราะห์
ฉบับหลังเรียน

ข้อที่	p	r
1	0.55	0.30
2	0.40	0.47
3	0.48	0.43
4	0.50	0.33
5	0.57	0.33
6	0.68	0.30
7	0.72	0.50
8	0.43	0.40
9	0.32	0.30

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
- ตัวอย่างใบงาน
- ตัวอย่างแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้
- แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบวัดการคิดวิเคราะห์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
 ครูอรพิน บากา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เวลา 2 คาบ

1. ผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา

สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์

2. สาระสำคัญ

การสลายสารอาหารระดับเซลล์ หรือการหายใจระดับเซลล์ (Cellular respiration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เพื่อสลายโมเลกุลของสารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหารแล้วเก็บเกี่ยวพลังงานไว้ในรูปของ ATP (Adenosine triphosphate) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) และการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration)

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ความรู้

อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์ได้

ทักษะ/กระบวนการ

สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์ได้

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- มีวินัย
- ใฝ่เรียนรู้
- มุ่งมั่นในการทำงาน
- ซื่อสัตย์สุจริต

4. การหายใจระดับเซลล์

การสลายสารอาหารระดับเซลล์ หรือการหายใจระดับเซลล์ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์เพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานพันธะเคมีในโมเลกุลของสารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหารให้อยู่ในรูปสารประกอบที่มีพลังงานสูง เรียกว่า ATP ด้วยกระบวนการสร้าง ATP เรียกว่า ฟอสโฟรีเลชัน (Phosphorylation)

ไมโทคอนเดรียเป็นโครงสร้างภายในเซลล์ที่เกิดฟอสโฟรีเลชัน มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ เยื่อหุ้มชั้นนอก (Outer membrane) และเยื่อหุ้มชั้นใน (Inner membrane) ซึ่งมีของเหลวภายในเรียกว่า Matrix นอกจากนี้ยังเกิดฟอสโฟรีเลชันในไซโทพลาสซึมอีกด้วย

การสลายสารกลูโคสระดับเซลล์แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration) เป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส (Glycolysis) พบที่ไซโทพลาสซึม วัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) พบที่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron transport chain)

2. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) เป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกันในไซโทพลาสซึม 2 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส และกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งมี 2 แบบ คือ กระบวนการหมักกรดแลกติก และกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

ในกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์มีตัวรับอิเล็กตรอนเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่สำคัญ ได้แก่

1. NAD^+ (Nicotinamide adenine dinucleotide) เป็นตัวนำอิเล็กตรอนพร้อมด้วยโปรตอน มีวิตามิน B_3 (Niacin) เป็นองค์ประกอบ

2. FAD (Flavin adenine dinucleotide) เป็นตัวนำอิเล็กตรอนพร้อมด้วยโปรตอน มีวิตามิน B_2 (Riboflavin) เป็นองค์ประกอบ

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม

1. ครูถามความคิดเห็นของนักเรียนว่า “นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับคำกล่าวที่ว่า มนุษย์รับประทานอาหารเพราะต้องการพลังงานในการดำเนินชีวิต” ซึ่งนักเรียนควรตอบว่า “เห็นด้วย”

2. ครูให้นักเรียนดูภาพอาหารชนิดต่าง ๆ จากสื่อ PowerPoint เช่น ต้มยำทะเล หมักอย่างส้มตำ กล้วยน้ำว้า เป็นต้น แล้วถามนักเรียนว่า “หลังจากรับประทานอาหารที่เห็นในภาพ นักเรียน

จะรู้สึกอย่างไรหลังรับประทานเสร็จใหม่ ๆ ระหว่าง 1) กระปรี้กระเปร่า อยากทำกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้น เพราะได้รับพลังงานจากอาหารมากขึ้น หรือ 2) เหนื่อย ไม่อยากทำกิจกรรมต่าง ๆ เพราะเสียพลังงานไปกับการย่อยอาหาร” ซึ่งนักเรียนควรเลือกคำตอบที่ 2

3. ครูเชื่อมโยงไปที่หัวข้อการย่อยอาหาร โดยถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมตามลำดับดังนี้

- “ถ้าเป็นเช่นนั้นแล้ว ในขั้นการย่อยอาหาร เราได้รับพลังงานจริงหรือไม่” (นักเรียนควรตอบได้ว่า “ไม่จริง”)
- “แล้วการย่อยอาหารของคนเป็นแบบการย่อยภายในเซลล์หรือภายนอกเซลล์” (นักเรียนควรตอบได้ว่า “ภายนอกเซลล์”)
- “เมื่อสิ้นสุดการย่อยอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะได้สารอาหารชนิดใดบ้าง และสารอาหารเหล่านั้นจะถูกลำเลียงไปที่ใด” นักเรียนควรตอบได้ว่า “ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล ซึ่งจะถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์”

ขั้นรู้ความสนใจ

4. ครูให้นักเรียนดูภาพ โครงสร้างของน้ำตาลกลูโคสจากสื่อวีดิทัศน์ เรื่อง Infrared radiation of glucose molecule แล้วถามด้วยคำถามระดับการวิเคราะห์ดังนี้

- “นักเรียนคิดว่าพลังงานที่คนเราต้องการอยู่ในส่วนใดของโครงสร้างนี้ (วิเคราะห์ความสำคัญ)” นักเรียนควรตอบได้ว่า “อยู่ที่พันธะเคมีระหว่างอะตอมของธาตุ ซึ่งเรียกว่า พลังงานพันธะ”
- “ทำอย่างไรเราจึงจะได้พลังงานพันธะเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ (วิเคราะห์หลักการ)” นักเรียนควรตอบได้ว่า “ต้องสลายพันธะเคมีดังกล่าว เพื่อปลดปล่อยพลังงานพันธะ”
- “นักเรียนคิดว่าการสลายพันธะเคมีในโมเลกุลของสารอาหารมีความสัมพันธ์กับเซลล์อย่างไร (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)” นักเรียนอาจมีคำตอบที่หลากหลาย ครูต้องพยายามยั่วยุคนักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้น

5. ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำเข้าสู่การสำรวจตรวจสอบคำตอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้

ขั้นสำรวจและค้นหา

6. ครูให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อน แล้วช่วยกันสืบค้นข้อมูล จากใบความรู้ที่ 1 โดยใช้คำถามระดับการวิเคราะห์ในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1 เป็นแนวทางให้นักเรียนอธิบายประเด็นต่าง ๆ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

7. ครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนที่ความคิดลงในใบงานที่ 1 ตอนที่ 2 เพื่อสรุปภาพรวมของการสลายสารอาหารระดับเซลล์อย่างอิสระ แล้วแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน

ขั้นขยายความรู้

8. ครูแสดงคำถามระดับการวิเคราะห์ในสื่อ PowerPoint ว่า “เพราะเหตุใดนักกีฬาจึงไม่รับประทานอาหารชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการแข่งขัน ยกเว้นที่อยู่ในรูปของเครื่องดื่มที่มีกลูโคสหรือคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 2.5 (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)”

9. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอาสาสมัครอธิบายคำตอบ แต่ถ้าไม่มีนักเรียนอาสาสมัครให้นักเรียนจับคู่กับเพื่อนช่วยกันอธิบายคำตอบ แล้วหาอาสาสมัครช่วยกันอธิบายคำตอบ โดยครูเป็นผู้ชี้แนะในการได้มาซึ่งคำตอบ โดยใช้สื่อ PowerPoint

ขั้นประเมินผล

10. ประเมินด้านความรู้ และด้านทักษะ/กระบวนการของนักเรียนจากการตรวจใบงานที่ 1 ร่วมกัน และประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนจากแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ขั้นนำความรู้ไปใช้

11. ให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน แล้วมอบหมายงานให้ไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้คำถามระดับการวิเคราะห์เป็นแนวทางว่า “เซลล์เม็ดเลือดแดงที่โตเต็มที่จะสามารถดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ซึ่งต้องใช้พลังงานได้อย่างไร ทั้งที่ไม่พบไมโทคอนเดรียภายในเซลล์ (วิเคราะห์หลักการ)” กำหนดส่งเป็นไฟล์แนบนามสกุล .docx ทางเฟซบุ๊กกลุ่ม 31246 Biology 1-2558 กำหนดส่งก่อนถึงคาบเรียนครั้งถัดไป

6. สื่อ/แหล่งเรียนรู้

1. สื่อ PowerPoint เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
2. สื่อวีดิทัศน์ เรื่อง Infrared radiation of glucose molecule จากลิงค์ <https://www.youtube.com/watch?v=2ts5a-dwREs>
3. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
4. ใบงานที่ 1 เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
5. แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

8. การวัดและประเมินผล

ความรู้

วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์	ผู้ประเมิน
การตอบคำถามในห้องเรียนและตรวจคำตอบจากใบงาน	คำถามและใบงานที่ 1	ตอบคำถามและสื่อความหมายได้ ถูกต้องร้อยละ 80	ครูและนักเรียน

ทักษะ/กระบวนการ

วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์	ผู้ประเมิน
ตรวจผลการสืบค้นข้อมูล	ใบงานที่ 1 ตอนที่ 1	ตอบคำถามได้ อย่างน้อย 8 ข้อ	ครูและนักเรียน

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์	ผู้ประเมิน
สังเกตพฤติกรรม การเรียน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ได้คะแนนในระดับดีขึ้นไป	ครูและนักเรียน

ใบความรู้ที่ 1

รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
 ครูอรพิน บากา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เวลา 2 คาบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

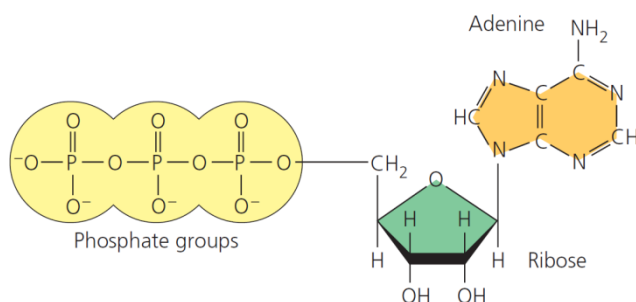
สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์

ความหมาย

การสลายสารอาหารระดับเซลล์ หรือการหายใจระดับเซลล์ (Cellular respiration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ ได้แก่ ไซโทพลาซึม และไมโทคอนเดรีย เพื่อเปลี่ยนรูปพลังงานพันธะเคมีในโมเลกุลของสารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหาร ได้แก่ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน กรดไขมัน และกลีเซอรอล ให้อยู่ในรูปสารประกอบที่มีพลังงานสูง เรียกว่า ATP (Adenosine triphosphate) ในที่นี้จะกล่าวถึงการสลายกลูโคสระดับเซลล์เป็นตัวอย่างเบื้องต้นของการเรียนรู้เรื่องการสลายสารอาหารระดับเซลล์

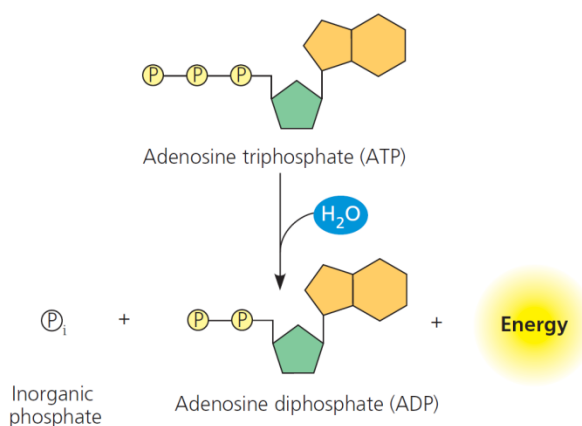
ATP

เป็นสารพลังงานสูงภายในเซลล์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ 2 ชนิด คือ เบสอะดีนีนกับน้ำตาลไรโบส ซึ่งเรียกว่า Adenosine และต่อกับหมู่ฟอสเฟต 3 หมู่ (ภาพที่ 1) หมู่ฟอสเฟตแรกที่จับกับน้ำตาลไรโบสมีพลังงานพันธะต่ำ ส่วนพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ฟอสเฟตแรกกับหมู่ที่ 2 และหมู่ที่ 2 กับหมู่ที่ 3 มีพลังงานพันธะสูง เมื่อสลายแล้วจะให้พลังงาน 7.3 กิโลแคลอรี/โมล

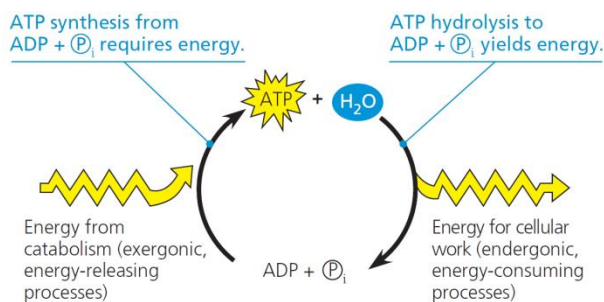


ภาพที่ 1 โครงสร้างของ ATP (Reece et al., 2011)

ขณะที่สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ เซลล์จะมีการสลาย ATP เปลี่ยนเป็น ADP (Adenosine diphosphate) และหมู่ฟอสเฟต (ภาพที่ 2) หรือเปลี่ยนเป็น AMP (Adenosine monophosphate) และหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่ เพื่อให้ได้พลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของร่างกายตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องมีการสร้าง ATP ใหม่ขึ้นทดแทน กระบวนการสร้าง ATP จาก ADP และหมู่ฟอสเฟตนี้ เรียกว่า **ฟอสโฟรีเลชัน (Phosphorylation)** ซึ่งเกิดเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกับการสลาย ATP (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 การสลาย ATP (Reece et al., 2011)

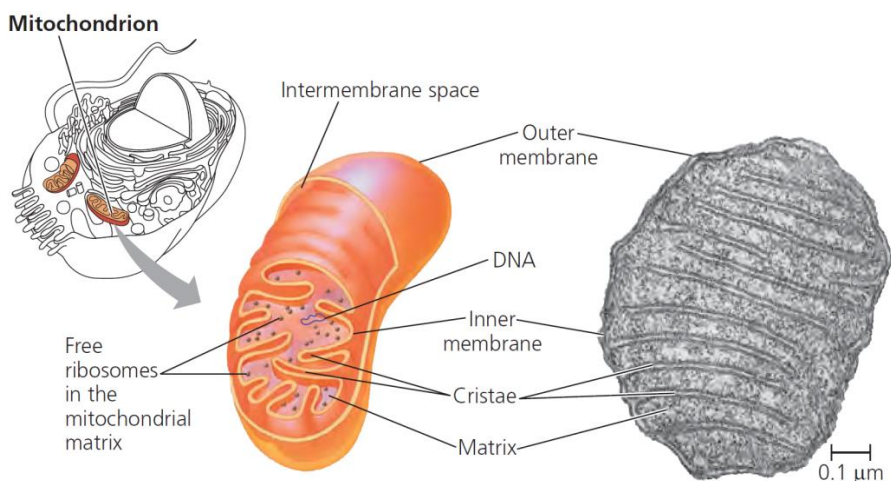


ภาพที่ 3 วัฏจักรการสร้างและสลาย ATP (Reece et al., 2011)

ไมโทคอนเดรีย

เป็นองค์ประกอบหนึ่งภายในเซลล์ที่เกิดการผลิตสารประกอบ ATP โดยกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์ จึงพบมากในเซลล์ที่มีเมแทบอลิซึมสูง เช่น หัวใจ ไต ตับ สมอ อสุจิ ไข่หอยเม่น เป็นต้น มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ เยื่อหุ้มชั้นนอก (Outer membrane) และเยื่อหุ้มชั้นใน (Inner membrane) ซึ่งมีลักษณะพับทบกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว เรียกว่า Cristae เยื่อหุ้มชั้นในจะห่อหุ้มของเหลวภายในที่เรียกว่า **แมทริกซ์ (Matrix)** ซึ่งประกอบด้วยไรโบโซม ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และ

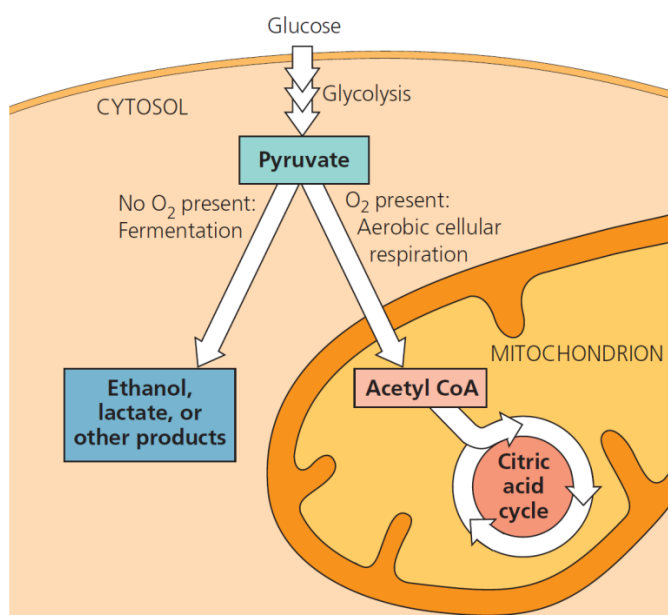
เอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (ภาพที่ 4) นอกจากนี้การผลิตสารประกอบ ATP ยังพบได้ในไซโทพลาซึมของเซลล์อีกด้วย



ภาพที่ 4 โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย (Reece et al., 2011)

รูปแบบการสลายกลูโคสระดับเซลล์

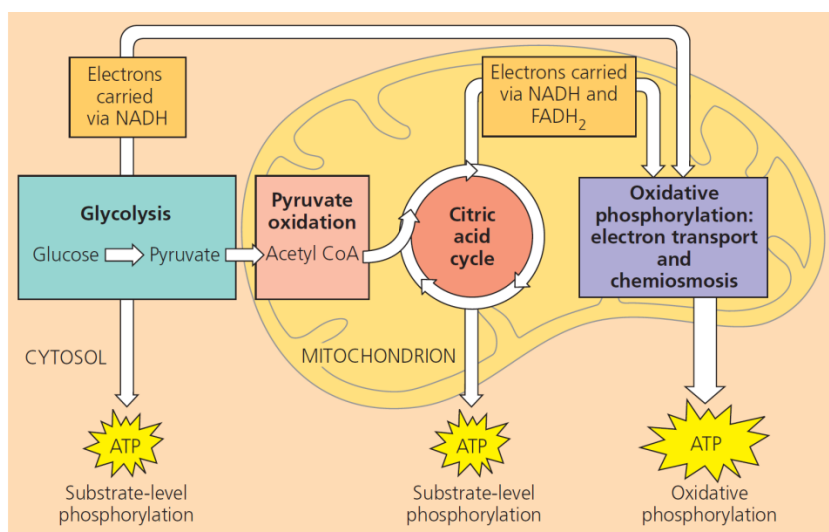
การสลายสารกลูโคสระดับเซลล์แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ (ภาพที่ 5) ได้แก่



ภาพที่ 5 รูปแบบของการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (Reece et al., 2011)

1. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน (Aerobic respiration)

เป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส (Glycolysis) พบที่ไซโทพลาซึม วัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle) พบที่เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (Electron transport chain) พบที่เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย (ภาพที่ 6) เมื่อกลไกสิ้นสุดลงจะได้พลังงานในรูปแบบสารประกอบ ATP จำนวนมาก พบได้ในเซลล์ทั่วไป



ภาพที่ 6 ตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ของการสลายกลูโคสระดับเซลล์ (Reece et al., 2011)

2. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration)

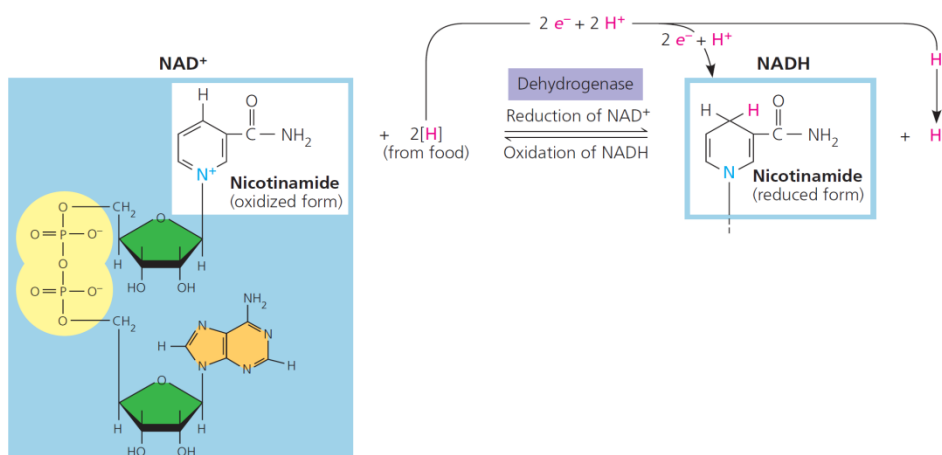
เป็นการสลายโมเลกุลของกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจนรับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย เกิดกลไกต่อเนื่องกันในไซโทพลาซึม 2 ขั้นตอน คือ ไกลโคไลซิส และกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งมี 2 แบบ คือ กระบวนการหมักกรดแลคติก และกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ เมื่อกลไกสิ้นสุดลงจะได้พลังงานในรูปแบบสารประกอบ ATP เพียงเล็กน้อย พบได้ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์ยีสต์ เซลล์แบคทีเรียบางชนิด เซลล์กล้ามเนื้อ เป็นต้น

ตัวนำอิเล็กตรอน

ในกระบวนการสลายสารอาหารระดับเซลล์มีตัวรับอิเล็กตรอนและนำเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่สำคัญ ได้แก่ NAD⁺ และ FAD มีรายละเอียดดังนี้

NAD⁺ (Nicotinamide adenine dinucleotide)

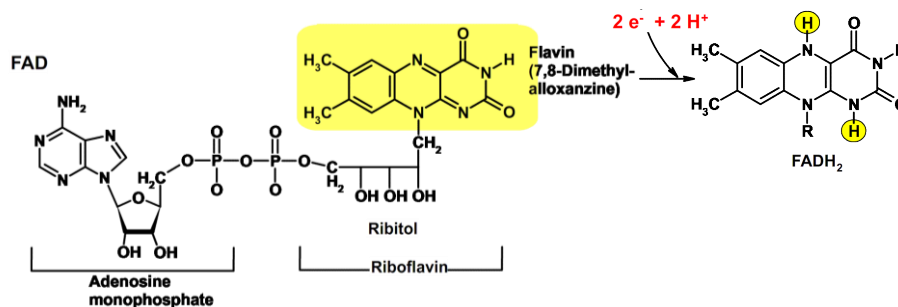
เป็นตัวนำอิเล็กตรอนพร้อมด้วยโปรตอน และเนื่องจากอะตอมของไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของ NAD มีประจุบวก จึงเขียนว่า NAD⁺ มีวิตามิน B₃ (Niacin) เป็นองค์ประกอบ เมื่อ NAD⁺ 1 โมเลกุล ใช้อิเล็กตรอนและโปรตอน ก็จะเปลี่ยนเป็น NADH (ภาพที่ 7) NADH เป็นสารมีพลังงานสูง มีสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน หรือตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) เข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อนำพลังงานที่อยู่ใน NADH มาใช้ในการสร้าง ATP ต่อไป



ภาพที่ 7 การรับอิเล็กตรอนและโปรตอนของ NAD⁺ 1 โมเลกุล (Reece et al., 2011)

FAD (Flavin adenine dinucleotide)

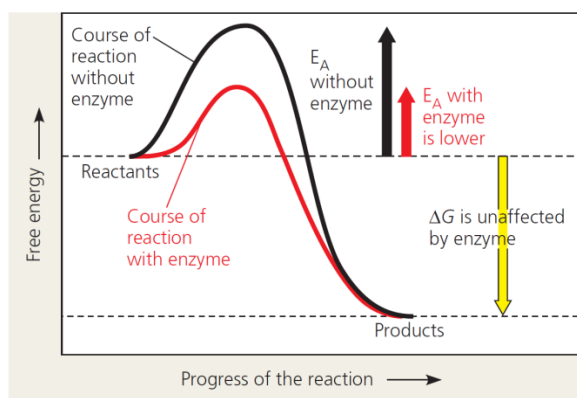
เป็นตัวนำอิเล็กตรอนพร้อมด้วยโปรตอน มีวิตามิน B₂ (Riboflavin) เป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 8) ซึ่งเมื่อ FAD 1 โมเลกุล ใช้อิเล็กตรอนและโปรตอน จะเปลี่ยนเป็น FADH₂ (ภาพที่ 9) FADH₂ มีสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอน เมื่อเข้าสู่กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนพลังงานที่สะสมอยู่จะถูกนำมาใช้ในการสร้าง ATP



ภาพที่ 8 การรับอิเล็กตรอนและโปรตอนของ FAD 1 โมเลกุล (Barral et al., 2012)

เอนไซม์

คือโปรตีนประเภทก่อกมลชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalyst) โดยลดพลังงานกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (ภาพที่ 9) ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะเป็นผู้ผลิตเอนไซม์ขึ้นมาใช้งานเอง

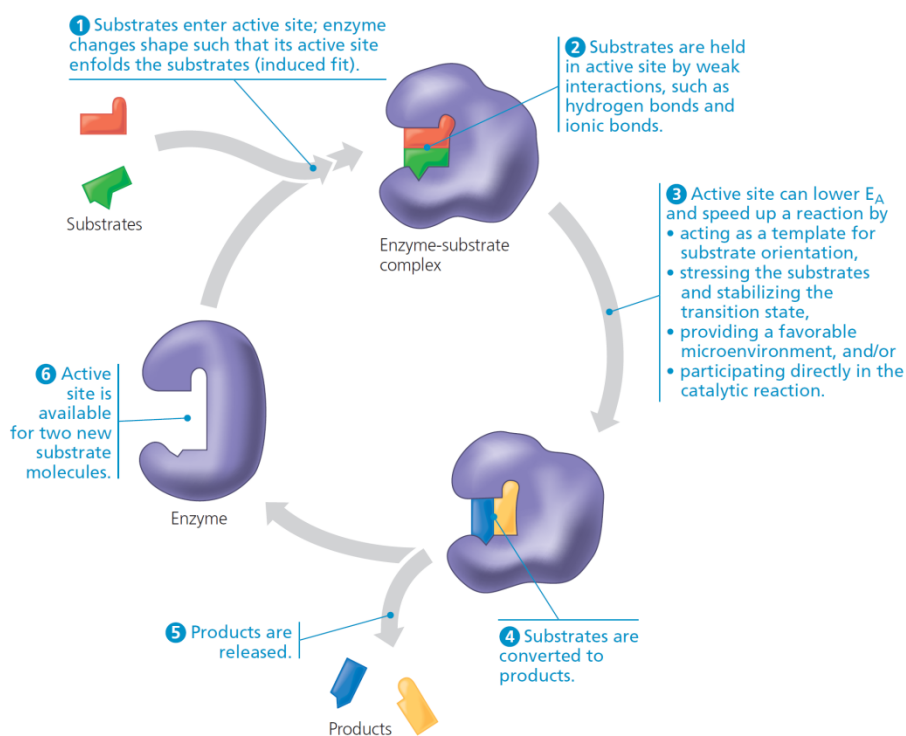


ภาพที่ 9 ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อมีและไม่มีเอนไซม์เข้าร่วมเร่งปฏิกิริยา (Reece et al., 2011)

ขณะที่เกิดปฏิกิริยาสารตั้งต้นจะเข้าไปจับกับเอนไซม์ที่บริเวณจำเพาะของเอนไซม์ ซึ่งเรียกว่า **บริเวณเร่ง (Active site)** เนื่องจากสายของโปรตีนที่ประกอบขึ้นเป็นเอนไซม์แต่ละชนิด จะมีการพับไปมาจนเกิดรูปร่างเฉพาะตัว ทำให้บริเวณเร่งของเอนไซม์แต่ละชนิดมีความจำเพาะกับสารตั้งต้น หากบริเวณเร่งมีรูปร่างที่เข้ากับสารตั้งต้นได้ สารตั้งต้นนั้นก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าหากรูปร่างของสารตั้งต้นไม่เข้ากับบริเวณเร่ง เอนไซม์อาจไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นได้ สารตั้งต้นที่มีรูปร่างจำเพาะเท่านั้น จึงจะสามารถเข้าจับกับบริเวณเร่งของเอนไซม์ หลังจากเกิดปฏิกิริยาเคมีแต่ละครั้ง เมื่อเกิดสารผลิตภัณฑ์แล้ว ผลิตภัณฑ์และเอนไซม์จะแยกออกจากกัน เอนไซม์จึงสามารถเร่งปฏิกิริยาของสารตั้งต้นโมเลกุลอื่นต่อไปเรื่อย ๆ (ภาพที่ 10) โดยทั่วไปเอนไซม์ชนิดหนึ่ง ๆ จะสามารถเร่งปฏิกิริยาเคมีได้เฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น เอนไซม์ซูเครส เร่งปฏิกิริยาย่อยซูโครสได้สารผลิตภัณฑ์คือ กลูโคสและฟรักโทส เป็นต้น ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจึงมีเอนไซม์จำนวนมากเพื่อให้สามารถเร่งปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยาทั้งหมดภายในเซลล์นั้นได้ อย่างไรก็ตามเอนไซม์บางชนิดออกอาจมีบริเวณเร่งได้มากกว่าหนึ่งบริเวณ

ในอดีตนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า บริเวณเร่งมีรูปร่างเข้ากันได้กับสารตั้งต้น และไม่มี การเปลี่ยนแปลงรูปร่างทั้งก่อนและหลังการจับกับสารตั้งต้น เรียกว่า **ทฤษฎีแม่กุญแจกับลูกกุญแจ (Lock and key theory)** แต่จากการศึกษารูปร่างของเอนไซม์ก่อนและหลังการรวมตัวกับสารตั้งต้น

พบว่าบริเวณเร่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ เมื่อสารตั้งต้นจับกับบริเวณเร่งจะทำให้บริเวณเร่งเปลี่ยนรูปร่างให้เข้ากับสารตั้งต้นได้ เรียกว่า ทฤษฎีเหนี่ยวนำให้เหมาะสม (Induced fit theory)



ภาพที่ 10 บริเวณเร่งและการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Reece et al., 2011)

การทำงานของเอนไซม์นอกจากมีความจำเพาะเจาะจงแล้ว เอนไซม์บางชนิดยังมีสมบัติเร่งปฏิกิริยาย้อนกลับได้ กล่าวคือ เอนไซม์เปลี่ยนสารตั้งต้นให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์และสามารถเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ให้เป็นสารตั้งต้นดั้งเดิมได้ อูณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ความเข้มข้นของสารตั้งต้น และเอนไซม์ ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

เอกสารอ้างอิง

- Barral, A.M., Carpenter, B., Goodman, A., Hoekstra, J., Kram, B., McLaughlin, D., Riggs, W., Rule, G., Wakim, S. & Warner, K. (2012). *Modern biology*. Retrieved from <http://www.savingstudentsmoney.org/OLI/modernbiopost.html>
- Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Jackson, R.B. (2011). *Campbell biology* (9th ed.). San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.

ใบงานที่ 1

รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
 ครูอรพีน บากา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เวลา 2 คาบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

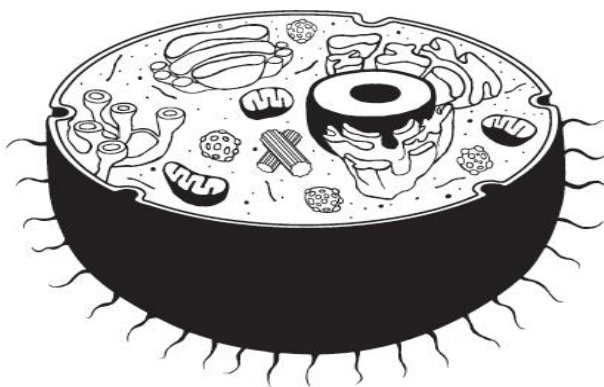
สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์

ตอนที่ 1

คำชี้แจง ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากใบความรู้ที่ 1 แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- ศัพท์เทคนิคภาษาไทยและภาษาอังกฤษของกระบวนการเปลี่ยนพลังงานพันธะเคมีในโมเลกุลของสารอาหารที่ได้จากกระบวนการย่อยอาหารให้อยู่ในรูปสารประกอบพลังงานสูง คืออะไร

- ระบายสีตำแหน่งภายในเซลล์ที่เกิดกระบวนการในข้อ 1 (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)



ที่มาของภาพ

McEnaney, B. (2011, May 31). *Animal cells diagram*. Retrieved from <http://redcuipercysun.blogspot.com/2011/05/animal-cell-diagram-grade-8.html>

- ถ้าเปรียบเทียบเซลล์เป็นโทรศัพท์มือถือ โมโทคอนเดรียเปรียบเทียบกับอะไรในโทรศัพท์มือถือ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

4. องค์ประกอบภายในเซลล์ที่อยู่ในรูปสารเคมีซึ่งมีความสำคัญกับกระบวนการดังกล่าวได้แก่
อะไรบ้าง (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....
.....

5. สรุปนิยามศัพท์ต่อไปนี้

5.1 Phosphorylation

5.2 Matrix

5.3 Catalyst

6. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจนมีหลักการอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ) และเกิด
ที่ตำแหน่งใดบ้าง (วิเคราะห์ความสำคัญ)

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

7. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนมีหลักการอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)

.....
.....

8. จากภาพที่ 7 และ 8 NAD^+ และ FAD มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกันอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)

.....

9. การสลายกลูโคสระดับเซลล์รูปแบบใดมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนมากที่สุด
เพราะเหตุใด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....
.....

10. หลักการใดที่อธิบายได้ว่าทฤษฎี Lock and key theory แตกต่างจาก Induced fit theory
(วิเคราะห์หลักการ)

.....

ตอนที่ 2

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนที่ความคิดเพื่อสรุปภาพรวมของการสลายสารอาหารระดับเซลล์

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558
 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
 ครูอรพิน บากา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เวลา 2 คาบ

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับการประเมินโดยพิจารณาตามระดับคุณภาพดังนี้

- ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับดีมาก
- ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับดี
- ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับพอใช้
- ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับต้องปรับปรุง

ชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับการประเมิน			
	4	3	2	1
1. มีวินัย				
2. ใฝ่เรียนรู้				
3. มุ่งมั่นในการทำงาน				
4. ซื่อสัตย์สุจริต				

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
 (.....)
/...../.....

หมายเหตุ การสังเกตพฤติกรรมคุณลักษณะอันพึงประสงค์จะสังเกตอย่างต่อเนื่องตลอดการเรียน
 แต่ละภาคเรียน และให้คำแนะนำนักเรียนในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมอันพึงประสงค์

แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

รายวิชา ว31246 ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

ครูอรพิน บากา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

เวลา 2 คาบ

ผลการจัดการเรียนรู้

1. กระบวนการจัดการเรียนรู้และสื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน ทำให้ครู.....
สามารถจัดกิจกรรมได้ตามเวลาที่กำหนดทุกกิจกรรม.....
2. นักเรียนร้อยละ 90 ให้ความร่วมมือกับการจัดการเรียนรู้ดีมาก มีความอยากรู้อยากเห็น และ.....
มีความสุขที่ได้ร่วมตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในชั้นขยายความรู้.....
3. มีความรู้ความเข้าใจตรงตามสาระการเรียนรู้ เกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ และมีทักษะ.....
กระบวนการตามที่จุดประสงค์กำหนด.....
4. นักเรียนร้อยละ 100 สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อตอบคำถามในใบงานได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80.....
และนักเรียนร้อยละ 25 สามารถเขียนแผนที่ความคิดได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ส่วนร้อยละ 75.....
สามารถเขียนแผนที่ความคิดได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ ไม่ได้ระบุหัวข้อสำคัญของหัวข้อ.....

ปัญหา/อุปสรรคที่พบ

1. ชั้นตรวจสอบความรู้เดิมมีนักเรียนทั้งชายและหญิงซึ่งนั่งหลังห้องไม่สนใจภาพนิ่งของอาหาร.....
ชนิดต่าง ๆ ใน PowerPoint และคุยกัน.....
2. ชั้นสำรวจและค้นหา มีนักเรียนชาย 1 คน ไม่มีคู่ และไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มกับเพื่อนได้ เนื่องจาก.....
มีปัญหาด้านอารมณ์และบุคลิกภาพ จึงไม่เป็นที่ยอมรับของเพื่อน.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

1. เปิดวิดีโอ เรื่อง “อาหารไทยอร่อยที่สุดในโลก Fast Thai food” จากลิงค์ <https://www.youtube.com/watch?v=BJRTcrCR58ts> ซึ่งมีทั้งภาพและเสียงต่อเนื่องจากภาพนิ่ง ทำให้นักเรียนทั้งห้อง.....
หยุดคุย และเมื่อดูวิดีโอจบทุกคนต่างสนใจตอบคำถามที่ครูถาม.....
2. ได้พูดคุยกับนักเรียนหญิงคู่ที่นั่งติดกับนักเรียนชายที่ยังไม่มีกลุ่มให้ยอมรับเพื่อนเป็นสมาชิกเพื่อ.....
ช่วยสืบค้นข้อมูล แต่นักเรียนชายแจ้งความประสงค์จะทำงานด้วยตนเอง.....

ลงชื่อ

(ครูอรพิน บากา)

18 สิงหาคม 2558

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
ฉบับก่อนเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละข้อเพียงคำตอบเดียว แล้วเขียนเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ตรงกับช่องตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ถ้านักเรียนเลือกตอบ ข ให้ปฏิบัติดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
		×		

4. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย – ทับคำตอบเดิม ดังนี้ × แล้วจึงเขียนเครื่องหมาย × ลงในช่องสี่เหลี่ยมช่องใหม่ที่ตรงกับความต้องการของนักเรียน ดังตัวอย่าง
ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่จาก ข เป็น ง ให้ปฏิบัติดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
		×		×

5. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้นำแบบทดสอบพร้อมกระดาษคำตอบคืนแก่กรรมการควบคุมห้องสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์

1. FAD ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนบริเวณใดภายในเซลล์
 - ก. ไซโทพลาซึม
 - ข. เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
 - ค. เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
 - ง. ช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย

2. ข้อใดกล่าวถูกต้องถ้าไม่พบวิตามิน B₂ และ B₃ ในไซโทพลาซึมและไมโทคอนเดรียของเซลล์
 - ก. เซลล์ได้พลังงานในรูป ATP เพียงเล็กน้อย
 - ข. การสลายสารอาหารระดับเซลล์จะเกิดเร็วขึ้น
 - ค. มี ATP เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรียเพียงเล็กน้อย
 - ง. ไม่มี ATP เกิดขึ้นในไซโทพลาซึมและไมโทคอนเดรีย

3. เซลล์ใดต่อไปนี้จะมีจำนวนไมโทคอนเดรียน้อยที่สุด

ก. เซลล์ผิวหนัง	ข. เซลล์ประสาท
ค. เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ	ง. เซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจ

4. จากการศึกษาเซลล์ประสาทของหมีก ตรวจสอบ NADH และ FADH₂ ในโครงสร้างหนึ่งของเซลล์เป็นจำนวนมาก โครงสร้างดังกล่าวคืออะไร

ก. ไรโบโซม	ข. กอลจิบอดี
ค. ไซโทพลาซึม	ง. ไมโทคอนเดรีย

จุดประสงค์การเรียนรู้ 2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปไกลโคไลซิส

5. ข้อใดไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไกลโคไลซิส

ก. ATP	ข. NADH
ค. FADH ₂	ง. Pyruvate

13. ข้อใดกล่าวถึงวัฏจักรเครบส์ได้ถูกต้อง
- การเปลี่ยนสาร 6C ให้กลายเป็น 3C
 - การสลาย Acetyl CoA ให้กลายเป็น CO_2
 - การสลาย Malate ให้กลายเป็น Acetyl CoA
 - การเปลี่ยน Pyruvate ให้ได้พลังงานในรูป ATP
14. ในวัฏจักรเครบส์จะเกิด CO_2 กี่โมเลกุล ถ้าเริ่มต้นจากกลูโคส 3 โมเลกุล
- 2
 - 4
 - 8
 - 12
15. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของ Pyruvate ก่อนเข้าสู่วัฏจักรเครบส์
- ถูกออกซิไดซ์เป็น Acetate
 - CoA ใช้อะตอมของ S เข้าจับ
 - FAD ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน
 - Carboxyl group หลุดออกกลายเป็น CO_2
16. จากการศึกษาพบว่า Malonate สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Succinate dehydrogenase ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน Succinate ให้เป็น Fumarate ในวัฏจักรเครบส์ของ Eukaryotic cell ได้ ถ้าร่างกายอยู่ในสภาวะที่มี Malonate สูง เซลล์ใดต่อไปนี้จะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด
- เซลล์สุจิ
 - เซลล์ประสาท
 - เซลล์เม็ดเลือดแดง
 - เซลล์บุผิวของกระเพาะอาหาร

จุดประสงค์การเรียนรู้ 4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

17. ผลที่ได้จาก Chemiosmosis ในขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนคืออะไร
- H^+
 - ATP
 - NADH
 - FADH_2

18. สารตั้งต้นของการถ่ายทอดอิเล็กตรอนคืออะไร

1. O_2
2. H^+
3. NADH
4. $FADH_2$

- | | |
|------------|------------|
| ก. 1 และ 2 | ข. 1 และ 3 |
| ค. 2 และ 4 | ง. 3 และ 4 |

19. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนของ $FADH_2$ 3 โมเลกุล จะให้พลังงานในรูป ATP เท่ากับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของ NADH 12 โมเลกุล

- | | |
|-------|-------|
| ก. 9 | ข. 12 |
| ค. 18 | ง. 24 |

20. NADH 3 โมเลกุล และ $FADH_2$ 3 โมเลกุล จากวัฏจักรเครบส์ เมื่อผ่านการถ่ายทอดอิเล็กตรอน จะให้พลังงานในรูป ATP รวมทั้งหมดกี่โมเลกุล

- | | |
|-------|-------|
| ก. 6 | ข. 15 |
| ค. 18 | ง. 20 |

จุดประสงค์การเรียนรู้ 5. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบไมใช้ออกซิเจน

21. ข้อใดคือความคล้ายคลึงกันระหว่างกระบวนการหมักกรดแลกติกกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์

1. การปลดปล่อย CO_2
2. ตัวรับอิเล็กตรอน
3. ATP สุทธิที่ได้

- | | |
|------------|--------------|
| ก. 1 | ข. 1 และ 2 |
| ค. 2 และ 3 | ง. 1 2 และ 3 |

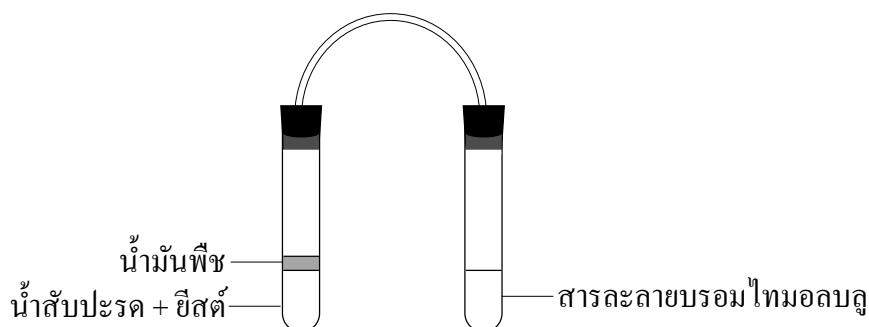
22. เหตุการณ์ใดจะไม่เกิดขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างหักโหมในขณะที่การสลายน้ำตาลเพื่อให้ได้ ATP เกิดขึ้นเร็วกว่าการลำเลียงออกซิเจนจากเลือดไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ
- การรับอิเล็กตรอนของ NAD^+
 - การให้อิเล็กตรอนจาก NADH
 - การเปลี่ยน Pyruvate ให้กลายเป็น Lactate
 - การลดจำนวนอะตอมคาร์บอนของ Pyruvate

จุดประสงค์การเรียนรู้ 6. นำความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 23-26

การทดลองเรื่อง การหมักของยีสต์

- วิธีการทดลอง
- จัดอุปกรณ์ดังภาพ
 - นำหลอดทดลองที่มีน้ำสับประรด + ยีสต์ ไปจุ่มในบีกเกอร์ที่มีน้ำอุ่นสักครู่
 - สังเกตผลการทดลอง

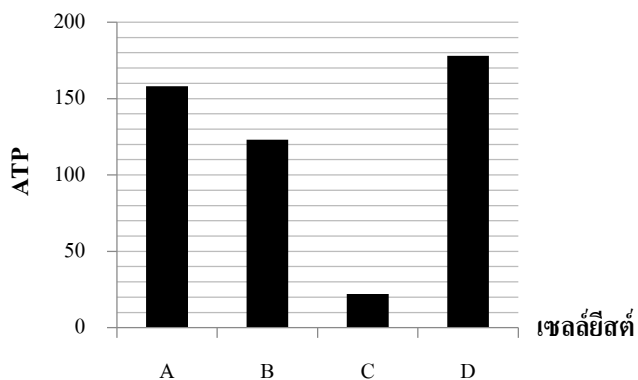


ที่มา:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช
 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

23. สารละลายบรอมไทมอลบลูทำปฏิกิริยากับสารใดจึงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม
- O_2
 - H^+
 - CO_2
 - NAD^+

28. จากการสลายกลูโคสของเซลล์ยีสต์สายพันธุ์เดียวกัน 4 เซลล์ เซลล์ละ 5 โมเลกุล ในสภาพที่มีออกซิเจนแตกต่างกัน ได้พลังงานในรูป ATP ดังแสดงในแผนภูมิแท่ง



ตัวแปรตามของการทดลองนี้คืออะไร

- ก. ATP
ข. กลูโคส
ค. เซลล์ยีสต์
ง. ออกซิเจน

จุดประสงค์การเรียนรู้ 8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปการสลายสารอาหารชนิดอื่น ๆ
ระดับเซลล์ (ข้อ 57-60)

29. ในการสลายไขมันระดับเซลล์แบบใช้ออกซิเจน ถ้ามีการขัดขวางกระบวนการ β -oxidation จะมีผลต่อปริมาณสารตัวกลางชนิดใด
- ก. Pyruvate
ข. Acetyl CoA
ค. Oxaloacetate
ง. Glyceraldehyde 3-phosphate
30. การสลายกรดอะมิโนชนิดหนึ่งได้สารตัวกลาง Acetyl CoA 4 โมเลกุล เมื่อสิ้นสุดกระบวนการสลายสารแบบใช้ออกซิเจนจะได้พลังงานในรูป ATP ทั้งหมดกี่โมเลกุล
- ก. 24
ข. 30
ค. 36
ง. 48

*** สิ้นสุดแบบทดสอบ ***

เฉลยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
ฉบับก่อนเรียน

- | | | |
|-------|-------|-------|
| 1. ข | 11. ค | 21. ค |
| 2. ง | 12. ค | 22. ง |
| 3. ก | 13. ข | 23. ค |
| 4. ง | 14. ง | 24. ค |
| 5. ค | 15. ค | 25. ค |
| 6. ข | 16. ค | 26. ข |
| 7. ค | 17. ข | 27. ง |
| 8. ค | 18. ง | 28. ก |
| 9. ง | 19. ค | 29. ข |
| 10. ก | 20. ข | 30. ง |

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
ฉบับหลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับนี้ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละข้อเพียงคำตอบเดียว แล้วเขียนเครื่องหมายกากบาท (×) ลงในช่องสี่เหลี่ยมที่ตรงกับช่องตัวอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ถ้านักเรียนเลือกตอบ ข ให้ปฏิบัติดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
		×		

4. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย – ทับคำตอบเดิม ดังนี้ × แล้วจึงเขียนเครื่องหมาย × ลงในช่องสี่เหลี่ยมช่องใหม่ที่ตรงกับความต้องการของนักเรียน ดังตัวอย่าง
ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่จาก ข เป็น ง ให้ปฏิบัติดังนี้

ข้อ	ก	ข	ค	ง
		×		×

5. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้นำแบบทดสอบพร้อมกระดาษคำตอบคืนแก่กรรมการควบคุมห้องสอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้ 1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และสรุปองค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์

1. ไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ และกระบวนการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นในส่วนของเซลล์ตามลำดับ
 1. เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
 2. เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
 3. ไซโทพลาซึม

ก. 1 2 และ 3	ข. 2 1 และ 3
ค. 3 1 และ 2	ง. 3 2 และ 1

2. NAD^+ ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนบริเวณใดภายในเซลล์
 1. ไซโทพลาซึม
 2. เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
 3. เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย

ก. 1 และ 2	ข. 1 และ 3
ค. 2 และ 3	ง. 1 2 และ 3

3. ATP จำนวน 15 โมเลกุล ประกอบด้วยฟอสเฟตทั้งหมดกี่อะตอม

ก. 15	ข. 30
ค. 45	ง. 60

4. จากการศึกษาระดับประสาทของกบ ตรวจพบ FADH_2 ในโครงสร้างหนึ่งของเซลล์เป็นจำนวนมาก โครงสร้างดังกล่าวคืออะไร

ก. นิวเคลียส	ข. กอลจิบอดี
ค. ไซโทพลาซึม	ง. ไมโทคอนเดรีย

จุดประสงค์การเรียนรู้ 2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และสรุปไกลโคไลซิส

5. ข้อใดไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไกลโคไลซิส

ก. H_2O	ข. ATP
ค. NAD^+	ง. Pyruvate

6. ข้อใดให้นิยามของคำว่าไกลโคไลซิสได้ดีที่สุด
- การเปลี่ยนสาร 6C ให้กลายเป็น 3C
 - การสลายกลูโคสให้กลายเป็นไพรูเวท
 - การสลายสารอาหารที่เกิดขึ้นในไซโทพลาซึม
 - การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้เล็กที่สุด
7. ถ้าเริ่มต้นจากน้ำตาลมอลโทส 2 โมเลกุล เมื่อผ่านกระบวนการย่อยและสลายในไกลโคไลซิส จะได้พลังงานในรูป ATP สุทธิกี่โมเลกุล
- 4
 - 6
 - 8
 - 10
8. Glycerdehyde 3-phosphate ตั้งต้นที่โมเลกุล จึงจะทำให้ได้ NADH จำนวน 20 โมเลกุล เมื่อสิ้นสุดไกลโคไลซิส
- 5
 - 10
 - 15
 - 20
9. จากการเลี้ยงเชื้อราชนิดหนึ่งในหลอดทดลองด้วยอาหารที่มีส่วนประกอบแตกต่างกัน แล้วตรวจสอบ Pyruvate ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ได้ผลดังตาราง

ตาราง ผลการเลี้ยงเชื้อรา A ในหลอดทดลองด้วยอาหารที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ

หลอดทดลอง	ส่วนประกอบของอาหาร	Pyruvate ภายในเซลล์
1	น้ำ + วัุ้น	+
2	น้ำ + วัุ้น + NaF	-
3	น้ำ + วัุ้น + น้ำตาล Dextrose	+++
4	น้ำ + วัุ้น + น้ำตาล Dextrose + NaF	-
5	น้ำ + น้ำตาล Dextrose	++

หมายเหตุ - = ไม่เกิด + = เกิดเล็กน้อย ++ = เกิดปานกลาง +++ = เกิดมาก

ถ้าเพิ่มการทดลองอีกหนึ่งหลอดโดยใส่อาหารที่มีส่วนประกอบดังนี้

น้ำ + น้ำตาล Dextrose + NaF

นักเรียนคิดว่าผลการตรวจสอบ Pyruvate ภายในเซลล์จะเป็นอย่างไร

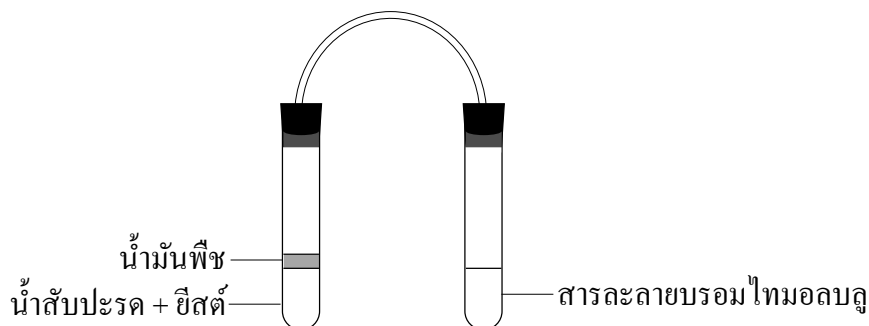
-
- +
- ++
- +++

จุดประสงค์การเรียนรู้ 6. นำความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน
ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 23-26

การทดลองเรื่อง การหมักของยีสต์

- วิธีการทดลอง
1. จัดอุปกรณ์ดังภาพ
 2. นำหลอดทดลองที่มีน้ำสับปะรด + ยีสต์ ไปจุ่มในบีกเกอร์ที่มีน้ำอุ่นสักครู่
 3. สังเกตผลการทดลอง



ที่มา:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช
2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

23. เมื่อสารละลายบรอมโทมอลบลูทำปฏิกิริยากับ CO_2 จะเปลี่ยนเป็นสีอะไร

- | | |
|--------------|----------------|
| ก. ม่วง | ข. ชมพู |
| ค. สใไม่มีสี | ง. เหลืองอมส้ม |

24. เพราะเหตุใดต้องเติมน้ำมันพืชลงบนผิวหน้าของน้ำสับปะรดและยีสต์

- ก. เพื่อเร่งกระบวนการไกลโคไลซิส
- ข. เพื่อเร่งปฏิกิริยาการหมักของยีสต์
- ค. ป้องกันไม่ให้ O_2 จากอากาศลงไป
- ง. ป้องกันการปนเปื้อนของสารละลายบรอมโทมอลบลู

25. เพราะเหตุใดจึงต้องนำหลอดทดลองที่มีน้ำสับประรด + ยีสต์ ไปจุ่มในน้ำอุ่น
- ช่วยลดอุณหภูมิที่สูงขึ้นในหลอดทดลอง
 - อุณหภูมิมีผลให้เอนไซม์เร่งปฏิกิริยาได้ดีขึ้น
 - ป้องกันไม่ให้เซลล์ยีสต์ตายจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น
 - ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส
26. ตัวแปรตามของการทดลองครั้งนี้วัดได้อย่างไร
- ปริมาณของยีสต์ที่เพิ่มขึ้น
 - ปริมาณของน้ำตาลที่ลดลง
 - การแตกเป็นหยดเล็ก ๆ ของน้ำมันพืช
 - การเปลี่ยนสีของสารละลายบรอมไทมอลบลู

จุดประสงค์การเรียนรู้ 7. เปรียบเทียบกระบวนการสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน

27. การสลายกลูโคสระดับเซลล์แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจนเหมือนกันในประเด็นใด
- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| ก. ไกลโคไลซิส | ข. จำนวน CO_2 ที่ได้ |
| ค. การถ่ายเทอิเล็กตรอน | ง. ตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาทั้งหมด |

เฉลยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์
ฉบับหลังเรียน

- | | | |
|-------|-------|-------|
| 1. ง | 11. ค | 21. ค |
| 2. ก | 12. ค | 22. ก |
| 3. ค | 13. ง | 23. ง |
| 4. ง | 14. ก | 24. ค |
| 5. ค | 15. ก | 25. ข |
| 6. ข | 16. ข | 26. ง |
| 7. ค | 17. ค | 27. ก |
| 8. ง | 18. ค | 28. ข |
| 9. ก | 19. ข | 29. ค |
| 10. ข | 20. ง | 30. ก |

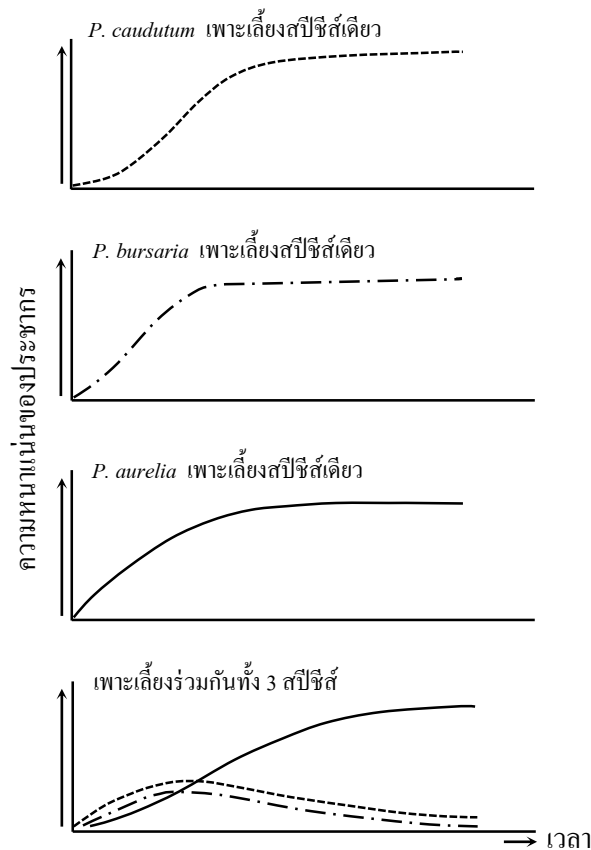
แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับก่อนเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบอัตนัยแบบตอบสั้น จำนวน 9 ข้อ
ข้อละ 2 คะแนน ครอบคลุมลักษณะของการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่
 - 1.1 ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ
 - 1.2 ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์
 - 1.3 ด้านการวิเคราะห์หลักการ
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ในแต่ละข้อของแบบทดสอบ
4. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้นำแบบทดสอบคืนแก่กรรมการควบคุมห้องสอบ

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1-3

จากการเลี้ยงพารามีเซียม 3 สปีชีส์ ได้แก่ *Paramecium aurelia*, *P. bursaria* และ *P. caudatum* ซึ่งกินแบคทีเรียเป็นอาหาร ได้ผลดังกราฟ



คัดแปลงจาก:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2554). หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐาน ชีววิทยา (สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

1. พารามีเซียมสปีชีส์ใดมีความสามารถในการปรับตัวได้น้อย (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

2. ปัจจัยใดคือสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความหนาแน่นของประชากรพารามีเซียมบางสปีชีส์ลดลงเมื่อเพาะเลี้ยงร่วมกันทั้ง 3 สปีชีส์ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

3. การพิจารณาความสามารถในการปรับตัวของพารามีเซียมทั้ง 3 สปีชีส์ใช้หลักการใด (วิเคราะห์หลักการ)

.....

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 4-6

แมงกะพรุนจัดเป็นสัตว์ชนิดหนึ่งในไฟลัม Cnidaria สามารถว่ายน้ำได้อย่างอิสระ ประกอบด้วยโครงสร้างเป็นรูปร่างประหนึ่งคว่ำคล้ายร่มช่วยในการเคลื่อนที่เมื่อมีการหดตัว และคลายตัวเป็นจังหวะ และมีหนวด (Tentacle) ซึ่งมีเข็มพิษช่วยในการล่าเหยื่อ แม้จะทราบแล้วว่าแมงกะพรุนไม่มีระบบประสาทส่วนกลาง แต่พบว่าส่วนใหญ่แล้วจะมีร่างแหประสาท (Nerve net) กระจุกตัวกันอย่างหลวม ๆ ในเนื้อเยื่อผิว (Epidermis) และยังมีโครงสร้างคล้ายปมประสาท (Ganglion-like structure) อีกด้วย ร่างแหประสาทช่วยให้แมงกะพรุนสามารถตรวจจับสิ่งเร้าต่าง ๆ รวมถึงการสัมผัสจากสัตว์อื่น ๆ และจะถ่ายทอดกระแสประสาทเหล่านั้นต่อเนื่องไปรอบ ๆ วงแหวนประสาท (Nerve ring) ผ่านไปยังโครงสร้างคล้ายตา เรียกว่า Rhopalia ซึ่งอยู่บริเวณขอบของตัวแมงกะพรุน จนไปถึงเซลล์ประสาทอื่น ๆ โครงสร้างคล้ายตาดังกล่าวประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Ocelli ใช้สำหรับการตอบสนองต่อแสง Statocysts ใช้สำหรับการตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วงของโลก และ Pacemaker neurons ใช้สำหรับการควบคุมจังหวะการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน

4. โครงสร้างใดมีความสำคัญต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของแมงกะพรุนมากที่สุด และพบโครงสร้างดังกล่าวได้บริเวณใด (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

5. จากข้อ 4 ถ้าแมงกะพรุนไม่มีโครงสร้างดังกล่าว จะเกิดผลต่อโครงสร้างที่เป็นรูปร่างและการเคลื่อนที่ของแมงกะพรุนอย่างไร (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

6. วงแหวนประสาทมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของแมงกะพรุนอย่างไร (วิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

ศึกษาข้อมูลและฉลากโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหาร 3 ชนิดที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามข้อ 7-9

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโซเดียมมากกว่า 0.5 กรัม หรือเกลือ 1.25 กรัม ต่อน้ำหนักอาหาร 100 กรัม ถือว่ามีเกลือหรือโซเดียมอยู่มาก ขณะที่โซเดียมน้อยกว่า 0.1 กรัม (เกลือ 0.25 กรัม) ถือว่ามีเกลือหรือโซเดียมอยู่น้อย

ผลิตภัณฑ์อาหาร A

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภคต่อซอง : 1 ถ้วย (60 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อซอง : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 260 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี)			
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
ไขมันทั้งหมด	9	ก.	14%
ไขมันอิ่มตัว	4.5	ก.	22%
โคเลสเตอรอล	0	มก.	0%
โปรตีน	7	ก.	
คาร์โบไฮเดรต	37	ก.	
ใยอาหาร	3	ก.	12%
น้ำตาล	3	ก.	
โซเดียม	900	มก.	82%
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
วิตามินเอ	6%	วิตามินบี1	0%
วิตามินบี2	8%	แคลเซียม น้อยกว่า	8%
เหล็ก	1%		
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของบุคคลแตกต่างกัน ผู้ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรรับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9, โปรตีน = 4, คาร์โบไฮเดรต = 4			

ผลิตภัณฑ์อาหาร B

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1/3 ถ้วยตวง (30 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อซอง : 2.5			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 100 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 50 กิโลแคลอรี)			
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
ไขมันทั้งหมด	6	ก.	9%
ไขมันอิ่มตัว	1	ก.	5%
โคเลสเตอรอล	20	มก.	7%
โปรตีน	12	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	0	ก.	0%
ใยอาหาร	0	ก.	0%
น้ำตาล	0	ก.	
โซเดียม	450	มก.	10%
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
วิตามินเอ	6%	วิตามินบี1	0%
วิตามินบี2	8%	แคลเซียม น้อยกว่า	2%
เหล็ก	4%		
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของบุคคลแตกต่างกัน ผู้ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรรับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9, โปรตีน = 4, คาร์โบไฮเดรต = 4			

ผลิตภัณฑ์อาหาร C

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ถ้วยตวง (150 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อกล่อง : 1			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 110 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 56 กิโลแคลอรี)			
			ร้อยละของปริมาณ ที่แนะนำต่อวัน*
ไขมันทั้งหมด	6	ก.	9%
ไขมันอิ่มตัว	2.5	ก.	13%
โคเลสเตอรอล	20	มก.	7%
โปรตีน	6	ก.	
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	8	ก.	3%
ใยอาหาร	0	ก.	0%
น้ำตาล	8	ก.	
โซเดียม	90	มก.	4%
			ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*
วิตามินเอ	6%	วิตามินบี1	2%
วิตามินบี2	8%	แคลเซียม	น้อยกว่า 2%
เหล็ก	2%		
* ร้อยละของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน สำหรับคนไทยอายุ ตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของบุคคลแตกต่างกัน ผู้ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรรับประทานอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า	65	ก.
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า	20	ก.
โคเลสเตอรอล	น้อยกว่า	300	มก.
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด		300	ก.
ใยอาหาร		25	ก.
โซเดียม	น้อยกว่า	2,400	มก.
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9, โปรตีน = 4, คาร์โบไฮเดรต = 4			

7. ให้นักเรียนจำแนกผลิตภัณฑ์อาหารที่กำหนดตามเกณฑ์ต่อไปนี้ (วิเคราะห์ความสำคัญ)

7.1 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโซเดียมอยู่มาก ได้แก่

7.2 ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโซเดียมอยู่น้อย ได้แก่

8. ถ้าพิจารณาจากแร่ธาตุและวิตามิน นักเรียนจะเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใด
ตามลำดับ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

9. นายปรกรณ์ต้องการลดน้ำหนักจึงเลือกผลิตภัณฑ์อาหาร B นักเรียนคิดว่านายปรกรณ์ใช้
หลักการใดบ้างในการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ดังกล่าว (วิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

.....

*** สิ้นสุดแบบทดสอบ ***

เฉลยแบบวัดการคิดวิเคราะห์
ฉบับก่อนเรียน

1. **แนวตอบ** 1) *P. bursaria*
2) *P. caudutum*

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0
ตอบเกินจากคำตอบ 1 รายการ	-1

2. **แนวตอบ** การแก่งแย่งอาหาร หรือ
การแก่งแย่งแบคทีเรีย หรือ
การแก่งแย่งแบคทีเรียเป็นอาหาร

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูก	2
ตอบถูก (ไม่มีคำว่าแบคทีเรียหรืออาหาร)	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

3. **แนวตอบ** 1) ความหนาแน่นของประชากร
2) เทียบกับเวลา

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

4. แนวตอบ 1) ร่างแหประสาท
2) เนื้อเยื่อผิว

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

5. แนวตอบ 1) โครงสร้างที่เป็นวงไม่สามารถหดตัวและคลายตัวเป็นจังหวะ
2) แมงกะพรุนจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

6. แนวตอบ 1) เป็นทางผ่านของกระแสประสาท
2) จากร่างแหประสาทไปยังโครงสร้างคล้ายตา

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียงคำตอบ 1)	1
ไม่ตอบ ตอบถูกเพียงคำตอบ 2) หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

7. แนวตอบ 7.1 A และ B

7.2 C

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

8. แนวตอบ C B A

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูก	2
ตอบ C A B หรือ B C A	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

9. แนวตอบ 1) คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

2) พลังงานจากไขมัน

3) ไขมันอิ่มตัว

4) คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

5) น้ำตาล

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูก 4-5 คำตอบ	2
ตอบถูก 2-3 คำตอบ	1
ตอบถูก 1 คำตอบ ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ฉบับหลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ เป็นแบบทดสอบอัตนัยแบบตอบสั้น จำนวน 9 ข้อ
ข้อละ 2 คะแนน ครอบคลุมลักษณะของการคิดวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่
 - 1.1 ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ
 - 1.2 ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์
 - 1.3 ด้านการวิเคราะห์หลักการ
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 30 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ในแต่ละข้อของแบบทดสอบ
4. เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว ให้นำแบบทดสอบคืนแก่กรรมการควบคุมห้องสอบ

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-3

กระดูกที่สามารถระบุเพศและนำเชื้อถือได้มากที่สุด คือกระดูกกะโหลกศีรษะและกระดูกเชิงกราน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าฮอร์โมนเทสโทสเทอโรนจะกระตุ้นให้ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้กระดูกในเพศชายมีขนาดใหญ่และแข็งแรงกว่าเพศหญิง และส่งผลให้มีความสัมพันธ์กับหน้าที่การทำงานในแต่ละเพศ เช่น กระดูกเชิงกรานบริเวณ Pelvis inlet ของเพศหญิงจะกว้างกว่าเพศชาย เนื่องจากมีหน้าที่หลักคือการคลอดลูกนั่นเอง การระบุเพศนี้จะมี ความถูกต้องก็ต่อเมื่อกระดูกแต่ละส่วนเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ซึ่งหากเป็นกระดูกของเด็กทารกหรือ เด็กเล็กจะระบุเพศได้ยากกว่า เนื่องจากในเด็กจะพบฮอร์โมนชนิดนี้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ และจะต้องพิจารณาถึงเชื้อชาติของเจ้าของกระดูกนั้นก่อน ซึ่งแบ่งได้ 3 เชื้อชาติใหญ่ คือ คอเคซอยด์ (ยุโรป) มองโกลอยด์ (เอเชีย) และนิกรอยด์ (แอฟริกา) โดยเชื้อชาติคอเคซอยด์ จะมีกระดูกใหญ่กว่า เชื้อชาติมองโกลอยด์และนิกรอยด์

1. การระบุเพศจากกระดูกจะต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

2. การระบุเพศจากกระดูกของเด็กเล็กเพศชายเชื้อชาติคอเคซอยด์และผู้ใหญ่เพศหญิงเชื้อชาติ นิกรอยด์ให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

.....

3. กระดูกของเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันเนื่องด้วยหลักการใด (วิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 4-6

Tetrodotoxin (TTX) เป็นชื่อเรียกพิษที่อยู่ในตัวปลาปักเป้า สกัดได้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1909 โดย ดร. โยชิซุมิ ทะฮะระ สารพิษชนิดนี้จะเข้าไปจับกับช่องโซเดียมของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาท ทำให้ไม่สามารถส่งสัญญาณประสาทได้ กล้ามเนื้อจึงเป็นอัมพาต และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจก็เป็นอัมพาตตามไปด้วย ทำให้ผู้ได้รับพิษไม่สามารถหายใจได้และเสียชีวิต แท้จริงแล้วการสร้างพิษในปลาปักเป้าไม่ได้เกิดจากเซลล์ของตัวเอง นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าเกิดจากการที่ปลาปักเป้าไปกินแพลงก์ตอนบางชนิดในกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตที่มีพิษ หรือกินหอยหรือหนอนที่กินแพลงก์ตองดังกล่าวเข้าไป ทำให้เกิดสารพิษสะสม หรืออาจเกิดจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของปลา สารพิษชนิดนี้มีความรุนแรงกว่าไซยาไนด์ถึง 1,200 เท่า และสามารถทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงไม่สามารถทำลายพิษได้ด้วยการใช้ความร้อนปกติในการปรุงอาหาร และไม่มียาแก้พิษใด ๆ ต่อต้านได้

4. สารพิษ TTX เป็นอันตรายต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง เพราะมีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างไรบ้าง จงระบุเป็นข้อ ๆ (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

.....

5. แหล่งกำเนิดของสารพิษ TTX ที่พบในปลาปักเป้า มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตชนิดใด (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

6. ช่องโซเดียมของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทมีความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ด้วยหลักการใด จงอธิบาย (วิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

.....

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 7-9

ฟาโกไซโทซิส หรือเรียกว่า Cell eating เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยเซลล์สามารถยื่นไซโทพลาซึมออกมาล้อมอนุภาคของสารขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำก่อนที่จะนำเข้าสู่เซลล์ในรูปของฟิวคเวคิวโอล จากนั้นอาจรวมตัวกับไลโซโซมภายในเซลล์เพื่อย่อยสลายสารด้วยเอนไซม์ภายในไลโซโซม พบได้ในเซลล์อะมีบา และเซลล์เม็ดเลือดขาว

พิโนไซโทซิส หรือเรียกว่า Cell drinking เป็นการลำเลียงอนุภาคของสารที่อยู่ในรูปของสารละลายเข้าสู่เซลล์ โดยการทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เว้าเข้าไปในไซโทพลาซึมทีละน้อยจนกลายเป็นถุงเล็ก ๆ เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ปิดสนิท ถุงนี้จะหลุดเข้าไปกลายเป็นเวสิเคิลอยู่ในไซโทพลาซึม พบได้ในเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์อะมีบา เซลล์ไต เซลล์บุผนังหลอดเลือด เป็นต้น

7. อะมีบามีลักษณะเด่นอย่างไร (วิเคราะห์ความสำคัญ)

.....

.....

.....

.....

8. การลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ในรูปของแควคิวโอลที่พบในเซลล์อะมีบาเกี่ยวข้องกับโครงสร้างใดของเซลล์ (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

.....

.....

.....

9. การใช้คำว่า Cell eating แทนฟาโกไซโทซิส และ Cell drinking แทนพิโนไซโทซิส น่าจะยึดหลักการใด เพราะเหตุใด (วิเคราะห์หลักการ)

.....

.....

.....

*** สิ้นสุดแบบทดสอบ ***

เฉลยแบบวัดการคิดวิเคราะห์

ฉบับหลังเรียน

1. **แนวตอบ** 1) การเจริญเติบโตเต็มที่ของกระดูก หรือวัยของเจ้าของกระดูก
2) เชื้อชาติของเจ้าของกระดูก

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

2. **แนวตอบ** 1) แตกต่างกัน
2) กระดูกของเด็กเล็กเพศชายเชื้อชาติคอเคซอยด์จะระบุเพศได้ยากกว่า

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

3. **แนวตอบ** 1) บทบาทของฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน
2) หน้าที่การทำงานในแต่ละเพศ

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

4. **แนวตอบ**
- 1) ทำให้ไม่สามารถหายใจได้และเสียชีวิต
 - 2) มีความรุนแรงกว่าไซยาไนด์ถึง 1,200 เท่า
 - 3) ไม่มียาแก้พิษใด ๆ ต่อด้านได้
 - 4) ทนความร้อนสูงจึงไม่สามารถทำลายได้ด้วยความร้อนปกติในการปรุงอาหาร

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 4 คำตอบ	2
ตอบถูก 2-3 คำตอบ	1
ตอบถูก 1 คำตอบ ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

5. **แนวตอบ**
- 1) แพลงก์ตอน หรือ ไดโนแฟลกเจลเลต
 - 2) แบคทีเรีย

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0
ตอบเกินจากคำตอบ 1 รายการ	-1
ตอบเกินจากคำตอบ ≥ 2 รายการ	-2

6. **แนวตอบ**
- 1) หลักการการส่งสัญญาณประสาท
 - 2) โดยช่องโซเดียมของเยื่อหุ้มเซลล์ประสาททำให้เกิดการส่งสัญญาณประสาทไปกระตุ้นให้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจทำงานได้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

7. **แนวตอบ** 1) สามารถลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์แบบฟาโกไซโทซิส โดยยื่นไซโทพลาซึมไปล้อมรอบสาร
- 2) สามารถลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์แบบพิโนไซโทซิส โดยเว้าเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในไซโทพลาซึมจนสารเข้าสู่เซลล์ได้
- หรือสามารถลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ได้ทั้งแบบฟาโกไซโทซิส และพิโนไซโทซิส

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบถ้วน	2
ตอบถูกเพียงบางส่วน	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

8. **แนวตอบ** 1) เยื่อหุ้มเซลล์
- 2) ไซโทพลาซึม

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0

9. **แนวตอบ** 1) สถานะของสาร หรือการละลายน้ำ หรือขนาดอนุภาคของสาร
- 2) เพราะฟาโกไซโทซิสเป็นการกินอนุภาคของสารขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนพิโนไซโทซิสเป็นการดื่มอนุภาคของสารที่อยู่ในรูปของสารละลาย

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบถูกครบทั้ง 2 คำตอบ	2
ตอบถูกเพียง 1 คำตอบ	1
ไม่ตอบ หรือตอบเป็นอย่างอื่น	0