วิทยานิพนธ์

การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF CELLULAR RESPIRATION IN GRADE 10 BY INQUIRY METHOD

นายไตรรัตน์ รัตนเดช

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๕๑

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์- การสอน)

ปริญญา

การสอนวิทยาศาสตร์ | การศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

Conceptual Development of Cellular Respiration in Grade 10 by Inquiry Method

นามผู้วิจัย นายไตรรัตน์ รัตนเดช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์สุมาลี กาญจนชาตรี, ค.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นฤมล ยุตาคม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรุณี อิงคากุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สุดารัตน์ สารสว่าง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

Conceptual Development of Cellular Respiration in Grade 10 by Inquiry Method

โดย

นายไตรรัตน์ รัตนเดช

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน)

พ.ศ. 2551

ไตรรัตน์ รัตนเดช 2551: การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์- การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สุมาลี กาญจนชาตรี, ค.ด. 135 หน้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่4 เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้และวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียน กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาล จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 31 คน โดยคละความสามารถในวิชาชีววิทยา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ได้แก่ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ และ อนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน วิเคราะห์เนื้อหาจัดกลุ่มข้อมูลในแบบวัดแนวคิดโดยการเปรียบเทียบกลุ่มของแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์จากอนุทิน ที่นักเรียนเขียนทุกสัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ โดยจำนวนนักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องและถูกต้องบางส่วนมากขึ้นแต่มีจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิดลดลง ส่วนเทคนิคของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดคือ การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ การได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Trirat Rattanadech 2008: Conceptual Development of Cellular Respiration in Grade 10 by Inquiry Method. Master of Arts in Teaching, Major Field: Teaching Science, Department of Education. Thesis Advisor: Miss Sumalee Kanjanachatree, Ed.D. 135 pages.

The purposes of this study were to examine conceptual development of students on cellular respiration, and to find out suitable teaching techniques of inquiry method to develop students' cellular respiration concepts. A group of study in this research chosen from a classroom of 11 male and 31 female students at large public school in Krabi Province, second semester of 2006. The research tools were: inquiry method – teaching plan on cellular respiration, and data collection – the test of students' concepts on cellular respiration and students' weekly diaries/journals. Later, data were analyzed through comparing groups of concepts before and after teaching through inquiry method and analysis of teaching techniques in inquiry method to develop students' concept on cellular respiration of students' journals which were written weekly.

The results indicated that students' concepts on cellular respiration were developed after the students had been taught through inquiry method. They had greater correct concept both in total and some whereas member of those with concept and no concepts decreased. Furthermore, teaching techniques which developed students' concepts were those having students collaboratively carry out the search of finding out the answer themselves, training to think critically, comparing concept according to their daily experiences, and the technique of asking them questions to encourage them exchanging opinions before teaching

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้โดยความอนุเคราะห์จาก ดร.สุมาลี กาญจนชาตรี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล ยุตาคม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณี อิงคากุล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปุณฑริกา หะริณสูต ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและเป็นกรรมการในการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้าย

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ดร.สมาน แก้วไวยุทธ อาจารย์ อุดมศิลป์ กิจกูลอนุพงษ์ และ อาจารย์ อรวรรณ คูหเพ็ญแสง ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไข เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย จนทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านไปด้วยดี

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล คณะครูหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล ที่ให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ ตลอดจนขอขอบใจนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพ่อ - แม่ พี่ และน้องทุกคนที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือ ตลอดจนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา คุณค่าประโยชน์ใดๆ ของงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา - มารดา ครู - อาจารย์ และผู้ที่เฝ้าอบรมสั่งสอน ให้แก่ผู้วิจัยจนมีพื้นฐานการศึกษามาจนถึงปัจจุบันนี้

ไตรรัตน์ รัตนเดช

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (6)

บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
คำถามวิจัย 3
ประโยชน์ที่ได้รับ 4
ขอบเขตการวิจัย 4
รูปแบบการวิจัย 6
ตัวแปรที่ศึกษา 6
นิยามศัพท์ 7
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 11
การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ 12
แนวคิด 24
การหายใจระดับเซลล์ 31
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36
บทที่ 3 วิธีวิจัย 38
การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 38
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 38
การสร้างเครื่องมือในการทดลองสอน 39
การสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ 42
การสร้างอนุทินรายสัปดาห์ 44
เก็บรวบรวมข้อมูล 45
วิเคราะห์ข้อมูล 45

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 106

สรุปผลการวิจัย 107

ข้อเสนอแนะ 112

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 113

ภาคผนวก 118

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 119

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ 121

ภาคผนวก ค ตารางวิเคราะห์คำตอบนักเรียนรายบุคคล 128

ภาคผนวก ง ตัวอย่างอนุทินรายสัปดาห์ 133

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจัดกลุ่มของแนวคิดแบบต่างๆ	29
2	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	49
3	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	51
4	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	56
5	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	58
6	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	62
7	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	66

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ออกซิเจน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	71
9	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	73
10	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	77
11	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	79
12	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	83
13	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียน การสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	85
14	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	89

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	91
16	แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน ในเซลล์กล้ามเนื้อ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	95
17	กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน ในเซลล์กล้ามเนื้อ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้	97
18	ผลการวิเคราะห์อนุทินของนักเรียนเกี่ยวกับเทคนิคการจัดการเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดกาพัฒนาแนวคิดของนักเรียน เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์	101
19	สาเหตุที่ทำให้การออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติช่วยให้นักเรียน เกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์	102
20	สาเหตุที่ทำให้การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเองช่วยให้นักเรียนเกิดการ พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์	102
21	สาเหตุที่ทำให้การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียน การสอนช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์	103

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	22
2	ขั้นตอนการสลายคาร์โบไฮเดรต	33

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความรู้ความเข้าใจในแนวคิด หลักการพื้นฐาน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และนำความรู้เหล่านั้นมาประประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) วิชาวิทยาศาสตร์จึงเป็นวิชาที่สำคัญสำหรับทุกๆคนโดยเฉพาะบุคคลที่อยู่ในวัยเรียนซึ่งเป็นกำลังสำคัญของชาติ วิชาวิทยาศาสตร์จะทำให้บุคคลเหล่านั้นเติบโตอย่างมีคุณภาพทั้งด้านสุขภาพ การดำเนินชีวิต และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาสังคม แต่จากการสอบถามความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 200 คน ที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียน150 คนรู้สึกเบื่อวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งๆ ที่รู้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและคุณภาพชีวิต โดยให้เหตุผลว่า การจัดการเรียนการสอนของครูทำให้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เข้าใจยาก เมื่อสอบถามนักเรียนทั้ง150 คนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาที่ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ข้อสรุปดังนี้ การสอนวิทยาศาสตร์เป็นการสอนโดยให้นักเรียนท่องจำอย่างไม่มีเหตุผล ให้ค้นคว้าโดยไม่ทราบว่าค้นคว้าไปเพื่ออะไร ให้อ่านเนื้อหา เอง และ จดตามคำบอก ทั้งๆที่นักเรียนไม่เข้าใจ ครูอธิบายฝ่ายเดียวและบ่ายเบี่ยงการตอบคำถามที่นักเรียนสงสัย บอกผลการทดลองโดยไม่ให้ปฏิบัติจริง และทำการทดลองโดยไม่ทราบว่าทดลองเพื่ออะไร ทั้งนี้นักเรียนได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องการไว้ว่า ครูควรชี้ให้เห็นว่าเรียนเรื่องนี้เพื่ออะไร มีความสำคัญอย่างไร ให้ลงมือปฏิบัติมากกว่านั่งฟังครูอธิบาย มีกิจกรรมระหว่างสอน ให้คิดมากกว่าจำ ครูสอดแทรกความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน และเป็นผู้ให้คำปรึกษามากกว่าการอธิบายเพียงอย่างเดียว

ผลจากการสอบถามข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมา ครูส่วนใหญ่จะเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนโดยวิธีบรรยาย การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไม่มีความหลากหลายและแปลกใหม่ สอนโดยเน้นความรู้ความจำมากกว่าการปฏิบัติ ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนการสอนตามแนวของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ แต่ครูส่วนใหญ่ก็ยังจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบอกเล่า การท่องจำ การจด และ

การอ่านโดยครูกำหนดเรื่องให้ จัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสอบได้ มากกว่าการเน้นให้นักเรียนเข้าใจแนวคิด หลักการพื้นฐานและมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา หรือนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการดำรงชีวิตของตนในสังคมปัจจุบัน (ชาตรี สำราญ, 2544) จากการเสนอแนะของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่า นักเรียนต้องการเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติจริง ได้คิด และแสวงหาความรู้ด้วยตัวเองโดยมีครูเป็นที่ปรึกษาในการแสวงหาความรู้ ควรมีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำความรู้มาอธิบายสิ่งต่างๆ ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน โดยวิธีนี้จะทำให้วิชาวิทยาศาสตร์ไม่ใช่วิชาที่น่าเบื่ออีกต่อไป และจะทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย (Dewey, 1916) การจัดการเรียนการสอนที่ดีจึงต้องให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ด้วยตนเอง และสามารถนำประสบการณ์ที่ได้เหล่านั้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ (Denis and Susan, 1999)

การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนแบบหนึ่งที่ให้ความสำคัญกับการสร้างแนวคิด และการพัฒนาแนวคิดของนักเรียน ดังที่ Allen (1997) ได้แสดงทรรศนะที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับโลกและมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญาอย่างต่อเนื่อง ก่อนหน้านี้ Dewey ก็ได้แสดงทรรศนะที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะนั้นจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจสิ่งต่างๆ ในมุมมองที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นและจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนานักเรียนต่อไป (Dewey, 1916) จากงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นจะนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดและสติปัญญาของนักเรียน (National Reseach Council, 1996; Kaartinen and Kumpulainen, 2002) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาช่วยในการพัฒนาแนวคิดของนักเรียน

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่จากการสอบถาม ครูวิทยาศาสตร์ พบว่ายังเป็นการยากที่จะนำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในห้องเรียนจริงเนื่องจากความไม่พร้อมในหลายๆด้าน เช่น เวลา อุปกรณ์การเรียนการสอน แต่สาเหตุสำคัญที่ครูไม่นำการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากครูหลายคนยังเชื่อว่า การให้เรียนแบบท่องจำจะทำให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในแนวคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดย่อยจำนวนมาก ซึ่งเป็นการยากที่จะจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ แต่เป็นการง่ายที่จะสอนโดยใช้การท่องจำ จากปัญหานี้เองผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเพื่อศึกษาว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหา

ความรู้สามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด โดยผู้วิจัยได้เลือกแนวคิด เรื่องการหายใจระดับเซลล์ (Cellular Respiration) ซึ่งเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการเรียนการสอนและการเข้าใจในด้านชีววิทยา เนื่องจากการหายใจระดับเซลล์เป็นพื้นฐานของการทำความเข้าใจในกระบวนการภายในร่างกาย เช่น กระบวนการย่อยอาหาร กระบวนการกำจัดของเสีย การสร้างพลังงาน รวมถึงการหายใจระดับเซลล์เป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจัดให้มีการเรียนการสอนในทุกระดับตั้งแต่มัธยมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา แต่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีแนวคิดย่อยจำนวนมาก และยากแก่การเข้าใจ เนื่องจากการเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังคงเป็นการเรียนการสอนแบบท่องจำมากกว่าการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ (Bishop and Anderson, 1986; Haslam and Treagust, 1987; Amir and Tamir, 1991; Segmour and Longden, 1991) จากเหตุดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้กับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ เพื่อศึกษาว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะก่อให้เกิดการพัฒนาแนวคิดอย่างไร เทคนิคในการจัดการเรียนการสอนแบบใดที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์อันเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆภายในร่างกายต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

2. เพื่อวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียน

คำถามการวิจัย

1. การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการ หายใจระดับเซลล์ได้หรือไม่ อย่างไร

2. เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แบบใดที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ต้นแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่องการหายใจระดับเซลล์ให้กับครูที่สอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานให้นักการศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3. เป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกันต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตไว้ดังนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา

ในการวิจัยนี้ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลที่สังกัดในสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 42 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 31 คน โดยคละความสามารถ และมีเกรดเฉลี่ยในวิชาชีววิทยา ในภาคต้นปีการศึกษา 2549 เท่ากับ 2.60 แบ่งเป็น นักเรียนที่ได้เกรด 4.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.5 จำนวน 7 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.0 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้เกรด 2.5 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้ 2.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.5 จำนวน 1 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.0 จำนวน 1 คน และนักเรียนที่ได้เกรด 0 จำนวน 3 คน และครอบครัวของนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นเกษตรกร มีรายได้เฉลี่ย 12000บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับผู้ปกครอง

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 โดยใช้เวลาฝึกให้นักเรียนคุ้นเคยกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้รวม 22 คาบ ด้วยเนื้อหาที่เป็นความรู้

พื้นฐานของการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยเรื่องระบบย่อยอาหาร ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ พลังงาน และ เอนไซม์ ใช้เวลาในการสอนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ และเก็บข้อมูล 18 คาบ คาบละ 50 นาที รวมการสอน 40 คาบ โดยมีการนัดหมายเวลาเพิ่มเติมตามความเหมาะสม จากการจัดการเรียนการสอนปกติ 4 คาบ/สัปดาห์ เป็น 8คาบ/สัปดาห์

3. เนื้อหา

เนื้อหาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อยคือ

หน่วยย่อยที่ 1 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน แบ่งออกเป็นแนวคิดย่อย 4 แนวคิดดังนี้

1. ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์

2. ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์

3. การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์

4. ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

หน่วยย่อยที่ 2 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน แบ่งออกเป็นแนวคิดย่อย 4 แนวคิดดังนี้

1. การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

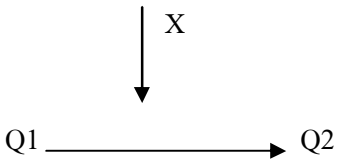
2. การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

3. การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

4. การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งการทดลองโดยมีกลุ่มที่ศึกษาเพียงกลุ่มเดียว มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1) เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ 2) เพื่อวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการวิจัยดังนี้



เมื่อ Q1 แทน แนวคิดเดิมของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ก่อนการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

เมื่อ Q2 แทน แนวคิดของนักเรียนในเรื่องการหายใจระดับเซลล์หลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

เมื่อ X แทน การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ตัวแปรตาม แนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

นิยามศัพท์

การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน หรือนักเรียนกับครู ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเชื่อมโยงความรู้

เป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน โดยการนำแนวคิดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่จะสอนมาแสดงการเชื่อมโยงให้เห็นว่าแต่ละแนวคิดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และเกี่ยวข้องกับแนวคิดใหม่ที่ครูต้องการอธิบายอย่างไร การสร้างความสัมพันธ์นี้จะเป็นการกระตุ้นความต้องการที่จะเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อนักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดเดิมมาอธิบายแนวคิดใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกันได้ ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย และเกิดการตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดนั้นๆ ความสงสัยและคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง

2. ขั้นออกแบบการสืบค้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำถามที่สร้างขึ้นในขั้นเชื่อมโยงความรู้มาวิเคราะห์ เพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องค้นคว้า แนวคิดที่เกี่ยวข้อง วิธีการรวบรวมข้อมูลทั้งการทดลอง และแหล่งความรู้ต่างๆ เช่นจากหนังสือ จากบุคคลต่างๆที่มีความเชี่ยวชาญ จากวารสาร เป็นต้น นำแผนการสืบค้นมานำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนคนอื่นๆ เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการสืบค้นที่ออกแบบไว้ ในด้านตัวแปร แนวคิดที่เกี่ยวข้อง และแหล่งข้อมูล ในขั้นนี้ครูต้องมีบทบาทสำคัญในฐานะที่ปรึกษาของนักเรียนในการวางแผนการค้นคว้า และในกรณีที่แผนการค้นคว้าของนักเรียนมีข้อบกพร่องครูจะต้องชี้ให้นักเรียนเห็นถึงข้อบกพร่องนั้นๆโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนพบข้อบกพร่องนั้นด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูต้องไม่เสนอแนวคิดใดๆหรือวางแผนให้นักเรียนโดยตรง

3. ขั้นสืบค้น

ขั้นตอนนี้จะต่อเนื่องจากขั้นออกแบบการสืบค้น โดยนักเรียนนำแผนการสืบค้นที่วางไว้และผ่านการปรับปรุงโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูและนักเรียนคนอื่นๆ แล้วมาใช้จริง ทั้งการค้นคว้าจากหนังสือหรือวารสารต่างๆ การทดลองจริง การสอบถามผู้เชี่ยวชาญของนักเรียน การสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์กันนำไปสู่การสร้างข้อสรุปตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการใช้แหล่งค้นคว้าต่างๆอย่างอิสระและปลอดภัย รวมถึงเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาต่างๆในการค้นคว้า โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง

4. ขั้นสร้างองค์ความรู้

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อสรุปที่ได้จากการค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู การแลกเปลี่ยนข้อสรุปที่นักเรียนค้นพบข้างต้นจะทำให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม การใช้เหตุผลในการตอบคำถาม ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปและเกิดกลไกการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบแนวคิดที่นักเรียนได้รับจากการค้นคว้า และเพิ่มเติมแนวคิดที่นักเรียนสร้างให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยการใช้คำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ หรือการยกตัวอย่างปรากฏการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ ทั้งการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยพิจารณาจากคำอธิบายของนักเรียนในแบบวัดแนวคิด และการสัมภาษณ์ในกรณีที่คำอธิบายในแบบวัดแนวคิดไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยนำคำอธิบายของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดมาจัดกลุ่มแนวคิดโดยแบ่งแนวคิดของนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนต้องถูกต้องและครบถ้วนตามแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

2. แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ แต่ยังไม่ครบถ้วน

3. แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อย 1 คำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

4. ไม่มีแนวคิด หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือคำตอบของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์

การพัฒนาแนวคิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ในทิศทางที่ดีขึ้น คือ จำนวนนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น และนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือ ไม่มีแนวคิดมีจำนวนลดลง

การหายใจระดับเซลล์ หมายถึง กระบวนการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงาน โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และ การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

1. การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนเข้าร่วมปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดย่อย 4 แนวคิดดังนี้

1.1 ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์

1.2 ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการหายใจระดับเซลล์

1.3 การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานโดยการหายใจระดับเซลล์

1.4 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

2. การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงาน โดยไม่ใช้ออกซิเจนเข้าร่วมปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดย่อย 4 แนวคิดดังนี้

2.1 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.2 การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.3 การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.4 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อที่ศึกษาตามตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

    1.1 ความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
    1.2 ความสำคัญของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
    1.3 ลำดับขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

2. แนวคิด

    2.1 ความหมายของแนวคิด
    2.2 วิธีวัดแนวคิด
    2.3 การจัดกลุ่มแนวคิด
    2.4 การพัฒนาแนวคิด

3. การหายใจระดับเซลล์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

    4.1 งานวิจัยในประเทศไทย
    4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

เป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างมีเหตุมีผลรวมถึงสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการดำเนินชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่เพียงแค่การสอนให้นักเรียนจำได้ แต่ต้องจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดแนวคิด และสามารถนำแนวคิดนั้นมาเชื่อมโยงกับสิ่งต่างๆที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันได้ ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีวิธีการใดที่จะระบุได้ว่าเป็นวิธีสอนที่ดีที่สุด และไม่สามารถบอกได้ว่าแนวคิดเรื่องใดเหมาะกับวิธีสอนแบบใด การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีวิธีการสอนที่หลากหลายรูปแบบ และวิธีหนึ่งคือการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) โดยมีนักการศึกษาให้นิยามของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม โดยอาศัยกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นหาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมายและสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

สุรจิตา เศรษฐภักดี (2547) ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเองมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ การปรึกษาหารือแลกเปลี่ยนความรู้

Dewey (1916) ได้อธิบายความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่าเป็นวิธีการสอนที่นำเอากิจกรรมมาใช้เพื่อให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาโดยตัวนักเรียนเอง ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้ หรือแนะนำแนวทางให้นักเรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และฝึกทักษะที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

Layman (1996) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่าเป็นวิธีสอนที่เน้นการใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน และการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำความเข้าใจในความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการลงมือกระทำ และเป็นการสร้างโอกาสให้นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์กัน ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครูอย่างมีเหตุมีผล

Lawson (2000) แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นวิธีสอนรูปแบบหนึ่งที่มีกระบวนการสอนอย่างหลากหลาย เช่นการทดลอง การตั้งคำถาม การสาธิต การทำงานเป็นกลุ่ม การสำรวจศึกษา การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความเป็นรูปธรรม ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากกว่าการท่องจำ

จากความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ตามที่นักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้แสดงทัศนะไว้นั้น สามารถสรุปได้ว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้หมายถึงกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ และเป็นการเปิดโอกาสให้มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสร้างประสบการณ์ การเรียนรู้ด้วยตัวเอง พัฒนาหรือปรับเปลี่ยนแนวคิดให้มีความสมบูรณ์ จากการศึกษางานวิจัยพบว่าในหลายๆประเทศได้นำวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และในประเทศไทยเองก็ได้นำวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นกัน จึงเห็นได้ว่านักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความสำคัญกับวิธีการจัดการเรียนสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยคาดว่าน่าจะเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมแนวคิดของนักการศึกษาต่างๆเกี่ยวกับความสำคัญของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการเกิดการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ดังนี้

ความสำคัญของการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้

Dewey (1916) ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอดีตว่า เป็นการสอนที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการจดจำ การอ่าน หรือทำแบบฝึกหัดอย่างซ้ำซากเพื่อให้เกิดความเคยชิน และจำแนวคิดนั้นได้ ซึ่งแนวคิดที่นักเรียนจำได้นั้นอาจสร้างความขัดแย้งกับแนวคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายที่จะเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดี ควรเป็นวิธีสอนที่กระตุ้นให้นักเรียนมีความต้องการที่จะเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนมีกระบวนการคิด

และพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นวิธีสอนแบบหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ

นักการศึกษาหลายท่านเช่น Dewey (1916); Abraham and Renner (1986); Ann (1996) ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับความสำคัญของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ดังนี้

1. การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ จึงเป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่าการเรียนรู้จากนามธรรม ทำให้การเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ง่ายขึ้น และจากการที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองนี้ จะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการคิด การวางแผน และช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวได้ การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นวิธีการสอนที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

2. การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้เกิดการค้นพบทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจ การคาดเดา การใช้เหตุผล และการสรุปผล จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิด การเชื่อมโยงความรู้ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอันจะนำไปสู่ข้อค้นพบต่างๆทางวิทยาศาสตร์และเกิดเป็นความรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยสามารถสรุปผลของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ว่า การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิด โดยการเชื่อมโยงแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่เกิดเป็นแนวคิดที่เป็นของนักเรียนเอง รวมถึงการปรับแนวคิดเดิมให้มีความถูกต้องมากขึ้น อาจกล่าวได้ว่าการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดนั่นเอง

ลำดับขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ และมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน จากการศึกษาเอกสารสามารถสรุปรูปแบบของการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของนักการศึกษาต่างๆ ได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Romey

Romey (1968) ตั้งข้อสังเกตว่า การสอนวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิม นิยมแยกภาคทฤษฎีออกจากภาคปฏิบัติ ครูจะยึดตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเป็นหลักสำหรับภาคบรรยาย ส่วนภาคการทดลองนั้นก็จะใช้หนังสือคู่มือการทดลอง ซึ่งมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะเชื่อมโยงภาคบรรยายและภาคการทดลองเข้าด้วยกัน การจัดการเรียนการสอนแบบนี้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ขัดแย้งกับเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ ที่ให้นักเรียนสามารถเอาความรู้วิทยาศาสตร์ไปอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังนั้นRomey จึงเสนอว่าการจัดการเรียนการสอนที่สะท้อนให้เห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้น ต้องเป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ และถือเอาการทดลองเป็นหัวใจของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ Romey ได้แบ่งการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้เป็น 3 ขั้นดังนี้

1.1 ขั้นการอภิปรายก่อนการทดลอง

ในขั้นนี้ครูอาจจะตั้งปัญหาถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนฝึกออกแบบการทดลอง ครูอาจจะมีการสาธิตเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน และให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของหรือเหตุการณ์บางอย่าง รวมถึงวางแผนการทำการทดลอง เช่นตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร กำหนดขั้นตอนในการทดลอง เป็นต้น

1.2 ขั้นทำการทดลอง

ในขั้นนี้เป็นการให้นักเรียนลงมือทำการทดลองตามแนวทางที่ได้อภิปรายไว้ในขั้นก่อน ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียน หน้าที่หลักของครูคือผู้ดูแลและให้ความช่วยเหลือ อภิปรายร่วมกับนักเรียน ส่วนผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการทดลองคือนักเรียน

1.3 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

หลังจากนักเรียนได้ทำการทดลองแล้วให้นักเรียนเสนอผลการทดลอง ในช่วงนี้สิ่งที่อยู่ในมือครูคือผลการทดลองที่ถูกต้องจากหนังสือหรือจากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ ผลการทดลองชุดนี้มีไว้เพื่อเปรียบเทียบกับของนักเรียนว่าผลของนักเรียนเป็นอย่างไร โดยครูอาจให้ความรู้เพิ่มเติมในกรณีที่ผลการทดลองของนักเรียนไม่ตรงกับผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์

จะเห็นได้ว่าลำดับขั้นของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Romey นั้น เน้นว่าต้องมีการทดลองเสมอ ซึ่งขัดแย้งกับแนวคิดของนักการศึกษาในปัจจุบันที่กล่าวว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเสมอไป และการทดลองบางอย่างก็ไม่สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการของโรงเรียน (National Research Council, 1996) ส่วนในขั้นอภิปรายนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของนักเรียนกับผลที่นักวิทยาศาสตร์พบในรูปแบบของคู่มือครู ซึ่งเป็นสิ่งที่ขัดแย้งกับหัวใจของวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับเหตุผลมากกว่าผลการทดลอง ซึ่งถ้าครูยึดตามคู่มือครูแล้วการเรียนการสอนจริงครูอาจมีความโน้มเอียงไปตามคู่มือครูและขาดความซื่อสัตย์ต่อผลการทดลองของนักเรียน ดังนั้น ในกรณีที่ผลการทดลองไม่เหมือนกัน ครูควรร่วมกับนักเรียนค้นหาข้อมูลเพื่อหาข้อผิดพลาด หรือสาเหตุที่เกิดขึ้นมากกว่าการยึดตามคู่มือครูแล้วบอกผลการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนทราบ

2. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Kyslan and Stone

Kyslan and Stone (1969) ได้นำคำว่า Inquiry mind มาใช้กับการสอนวิทยาศาสตร์ โดยให้แนวคิดเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการปลูกฝังการมีจิตที่จะสืบค้นให้แก่นักเรียน นั่นคือการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นเท่านั้น แต่ต้องให้นักเรียนได้ค้นหาความจริงต่อไป Kyslan and Stone เสนอลำดับขั้นของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไว้เป็น 5 ขั้นดังนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

ในขั้นนี้ต้องเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งก่อน โดยครูอาจใช้คำถาม หรือสาธิตการทดลองให้นักเรียนดูประกอบกับการใช้คำถามที่กระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียน

2.2 ขั้นการอภิปรายก่อนการทดลอง

ในขั้นนี้จะเป็นการอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเพื่อเสนอแนวทางในการค้นหาคำตอบจากปัญหาที่ตั้งขึ้นในขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน

2.3 ขั้นการทำการทดลอง

เป็นขั้นที่นำแนวคิดที่ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายมาใช้ในการทดลอง

2.4 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

เป็นการนำผลจากการทดลองมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.5 ขั้นขยายความรู้

เป็นการนำความรู้หรือแนวคิดที่ได้ไปอธิบายเหตุการณ์อื่นที่เหมือนกันกับปัญหาที่นักเรียนเคยสงสัย

จะเห็นได้ว่าลำดับขั้นของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Kyslan and Stone มีลักษณะใกล้เคียงกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใช้ในปัจจุบัน แต่จะแตกต่างกันที่ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่ง Kyslan and Stone ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน ที่แต่ละคนมีแนวคิดเดิมไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียน การถามคำถามของครูอาจทำให้นักเรียนไม่เข้าใจคำถาม รวมถึงในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Kyslan and Stone นั้นยังขาดขั้นการประเมิน เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนแต่ละคนมีแนวคิดที่ถูกต้องหรือไม่ อันเป็นหัวใจหลักของการเรียนการสอน

3. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Renner และ Stafford

Renner and Stafford (1972) ได้แบ่งขั้นตอนการวิธีจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล

Renner and Stafford ได้ให้ความหมายของขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูลไว้ สรุปได้ว่า เป็นการค้นหาข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุป Renner and Stafford เชื่อว่าในทุกขั้นตอนของการทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูล จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น เพื่อตั้งสมมติฐาน ซึ่งข้อมูลที่รวบรวมมานี้ก็จะชี้นำถึงวิธีการที่นักเรียนจะใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน และการลงข้อสรุปต่อไป

3.2 ขั้นสร้างความรู้จากข้อมูล

ขั้นการสร้างความรู้จากข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาเพียงพอแล้ว ขั้นนี้จะเป็นขั้นที่นักเรียนต้องการประมวลผล เพื่อมองหาความหมายจากข้อมูลเพื่อสร้างความรู้ใหม่ขึ้น Renner and Stafford ได้ให้ความหมายของการสร้างความรู้ว่า เป็นความคิดที่สร้างขึ้นจากการตีความหมายของประสบการณ์เพื่อให้ได้ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์

3.3 ขั้นขยายขอบเขตของความรู้

การที่นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ได้จากขั้นสร้างความรู้จากข้อมูล กระบวนการเรียนการสอนก็น่าจะสิ้นสุดลงแล้ว แต่ตามทรรศนะของ Renner and Stafford ความรู้ที่ได้นั้นยังเป็นความรู้ที่มีวงจำกัด ดังนั้นในการเรียนการสอนจึงควรมีขั้นขยายขอบเขตของความรู้ที่ได้พบด้วย ขั้นตอนนี้จึงเป็นการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม ถ้าความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นถูกต้องก็จะทำให้เราได้ค้นพบความรู้เพิ่มเติมใหม่ๆ อีก แต่ถ้าความรู้ที่สร้างไว้นั้นไม่ถูกต้อง ก็จะสะท้อนว่าความรู้ใหม่ที่ได้นั้นอาจมาจากข้อมูลที่ผิดๆ นักเรียนต้องสำรวจข้อมูล หรือตรวจสอบข้อมูลอีกครั้ง

จากลำดับขั้นการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ Renner and Stafford สามารถสรุปได้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนนำข้อมูลจากแหล่งต่างๆมาใช้ในการออกแบบการทดลอง ตั้งสมมติฐาน รวมถึงการสรุปเป็นแนวคิด ข้อดีของการเรียนการสอนแบบนี้คือ ในแต่ละขั้นตอนจะมีข้อมูลในการอ้างอิง ดังนั้นข้อสรุปที่ได้จึงน่าจะเชื่อถือได้ แต่ข้อเสียของการเรียนการสอนแบบนี้คือ ความจำกัดของข้อมูล นั่นคือในกรณีที่ไม่สามารถค้นหาข้อมูลได้ก็ไม่สามารถสร้างแนวคิดขึ้นมาได้

4. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และผลิตภัณฑ์วัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ได้กำหนดลำดับขั้นของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 ขั้น ดังนี้

4.1 สร้างสถานการณ์ หรือปัญหาจากเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะสอน

4.2 ตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางหาคำตอบของปัญหาข้างต้น

4.3 ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

4.4 ตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่า ลำดับขั้นของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ตามที่คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์เสนอมานั้น เป็นรูปแบบของการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญในการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิด แต่ในปัจจุบันการเรียนการสอนตามรูปแบบของ National Research Council (1996) ให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ การใช้คำถามเพียงอย่างเดียวไม่ใช่เส้นทางที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ของนักเรียน

5. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของ National Research Council

National Research Council (1996) ได้เสนอรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบใหม่ ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติควบคู่ไปกับการใช้คำถาม เพื่อนำไปสู่กระบวนการคิด โดยมีลำดับขั้นตอน 5 ขั้นคือ

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแสวงหาความรู้จากการใช้คำถามของครู โดยคำถามที่ใช้อาจเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน หรือสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจ หรือสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเกิดความสงสัย อยากรู้อยากเห็น และนำไปสู่การค้นคว้าหาความรู้ต่อไป

5.2 ขั้นสำรวจค้นหา (exploration)

เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางสำรวจตรวจสอบแนวทางที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งวิธีการตรวจสอบนี้อาจจะทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง กิจกรรมภาคสนาม การสร้างสถานการณ์จำลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งต่างๆ เพื่อการได้มาของข้อมูลที่จะนำไปสู่ขั้นต่อไป

5.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่นการบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลอง การสร้างตาราง ข้อสรุปที่ได้นั้นอาจสนับสนุนสมมติฐานเดิมที่ตั้งไว้ หรืออาจโต้แย้งสมติฐานที่ตั้งไว้ แต่อย่างไรก็ตามข้อสรุปเหล่านั้นก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

5.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิม เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ หรือ เหตุการณ์ต่างๆ และถ้าสามารถอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ได้มากแสดงว่าข้อจำกัดมีน้อย ก็จะช่วยให้เชื่อมโยงแนวคิดใหม่กับเรื่องราวต่างๆ และทำให้ความรู้กว้างขวางขึ้น

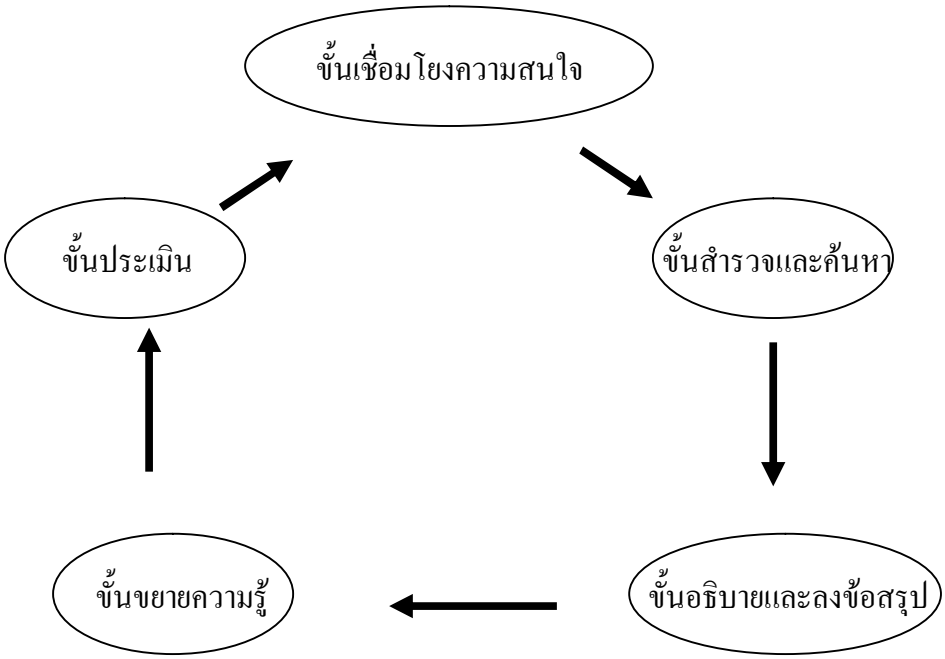
5.5 ขั้นประเมิน (evaluation)

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ต่อไป

เห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ตามแบบของ National Research Council จะเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากการมองสิ่งที่อยู่รอบตัว หรือกล่าวได้ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากการสร้างความสัมพันธ์ของสิ่งรอบๆตัว การจัดการเรียนการสอนเช่นนี้จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ สามารถสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบ ของ National Research Council เป็นต้นแบบที่หลายๆประเทศนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาประยุกต์ให้มีรูปแบบที่เหมาะสมกับนักเรียนไทย ซึ่งเรียกว่า วงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

6. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กำหนดรูปแบบของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยมีลำดับขั้นของการสอนคล้ายกับรูปแบบของ National Research Council โดยแตกต่างกันที่ รูปแบบการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เน้นให้นักเรียนนำความรู้หรือแบบจำลองที่ได้จากการเรียนการสอน ไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ เพื่อนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดใหม่ๆ ก่อให้เกิดประเด็น หรือคำถามที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่าวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยแสดงเป็นแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546)

จากการตรวจเอกสารเกี่ยวกับขั้นตอนของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในรูปแบบต่างๆ พบว่ามีขั้นตอนที่คล้ายกันคือเน้นให้นักเรียนสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การตั้งปัญหา การตั้งสมมติฐาน การวางแผน การตรวจสอบสมมติฐาน และการสรุป ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบของตัวเองเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นเชื่อมโยงความรู้ ขั้นออกแบบการสืบค้น ขั้นการสืบค้น และขั้นสร้างองค์ความรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นเชื่อมโยงความรู้

เป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน โดยการนำแนวคิดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่จะสอนมาแสดงการเชื่อมโยงให้เห็นว่าแต่ละแนวคิดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และเกี่ยวข้องกับแนวคิดใหม่ที่ครูต้องการอธิบายอย่างไร การสร้างความสัมพันธ์นี้จะเป็นการกระตุ้นความต้องการที่จะเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อนักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดเดิมมาอธิบายแนวคิดใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกันได้ ทำให้

นักเรียนเกิดความสงสัย และเกิดการตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดนั้นๆ ความสงสัยและคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นนั้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง

2. ขั้นออกแบบการสืบค้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำถามที่สร้างขึ้นในขั้นเชื่อมโยงความรู้มาวิเคราะห์ เพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องค้นคว้า แนวคิดที่เกี่ยวข้อง วิธีการรวบรวมข้อมูลทั้งการทดลอง และแหล่งความรู้ต่างๆ เช่นจากหนังสือ จากบุคคลต่างๆที่มีความเชี่ยวชาญ หรือจากวารสาร เป็นต้น นักเรียนนำแผนการสืบค้นมานำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนคนอื่นๆ เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการสืบค้นที่ออกแบบไว้ ในด้านตัวแปร แนวคิดที่เกี่ยวข้อง และแหล่งข้อมูล ในขั้นนี้ครูต้องมีบทบาทสำคัญในฐานะที่ปรึกษาของนักเรียนในการวางแผนการค้นคว้า และในกรณีที่แผนการค้นคว้าของนักเรียนมีข้อบกพร่องครูจะต้องชี้ให้นักเรียนเห็นถึงข้อบกพร่องนั้นๆโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนพบข้อบกพร่องนั้นด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูต้องไม่เสนอแนวคิดใดๆ หรือวางแผนให้นักเรียนโดยตรง

3. ขั้นสืบค้น

ขั้นตอนนี้จะต่อเนื่องจากขั้นออกแบบการสืบค้น โดยนักเรียนนำแผนที่วางไว้และผ่านการปรับปรุงโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูและนักเรียนคนอื่นๆแล้วมาใช้จริง ทั้งการค้นคว้าจากหนังสือหรือวารสารต่างๆ การทดลองจริง การสอบถามคำถามจากผู้เชี่ยวชาญของนักเรียน การสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์กัน นำไปสู่การสร้างข้อสรุปตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการใช้แหล่งค้นคว้าต่างๆอย่างอิสระ และปลอดภัย รวมถึงเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาต่างๆในการค้นคว้า โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง

4. ขั้นสร้างองค์ความรู้

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อสรุปที่ได้จากการค้นคว้ามาแลกเปลี่ยน ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู การแลกเปลี่ยนข้อสรุปที่นักเรียนค้นพบข้างต้นจะทำให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม การใช้เหตุผลในการตอบคำถาม ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปและเกิดกลไกการสร้าง

องค์ความรู้ได้ด้วยตัวนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ตรวจสอบแนวคิดที่นักเรียนได้รับจากการค้นคว้าและเพิ่มเติมแนวคิดที่นักเรียนสร้างให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยการใช้คำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ หรือ การยกตัวอย่างปรากฏการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ลำดับขั้นของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ทั้ง 4 ขั้นตอน ในการจัดการเรียนการสอน เรื่องการหายใจระดับเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการเรียนการสอนที่อยู่บนพื้นฐานการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้

แนวคิด

ความหมายของแนวคิด

แนวคิด (concept) มีบทบาทต่อการสร้างความรู้ของมนุษย์ เริ่มจากการสังเกตเหตุการณ์ วัตถุสิ่งของ หรือข้อเท็จจริงต่างๆโดยผ่านแนวคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยข้อมูลเหล่านี้จะนำมาสู่ความเชื่อมโยงกัน ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายเกี่ยวกับแนวคิดไว้แตกต่างกันดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540)ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นความคิดความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยการนำการรับรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2543) กล่าวว่า แนวคิดเป็นผลสรุปจากการรับรู้ของมนุษย์ต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะต่างๆ เป็นการรวบรวมสิ่งที่คล้ายคลึงกันเข้ามารวมกันเป็นรูปแบบอันเดียวกัน

ชาตรี สำราญ (2544) อธิบายความหมายของแนวคิดว่าเป็นผลสรุปที่บุคลสามารถแยกประเภทของสิ่งเร้าได้ตามความคิดความเข้าใจของบุคคลนั้น

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2545) แสดงทัศนะเกี่ยวกับแนวคิดว่าเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณสมบัติที่มีลักษณะคล้ายกันจัดเข้าเป็นกลุ่มเดียวกันทำให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น

เนตรพิชญ์ จำปาทองเทศ (2546) ได้สรุปนิยามของแนวคิดไว้ว่าเป็นความรู้ที่เรียนรู้โดยผ่านความเข้าใจพื้นฐาน โดยสามารถอธิบายวลีหรือประโยคที่แสดงถึงลักษณะรวมอย่างเห็นได้ชัดของสิ่งต่างๆ

De Cecco (1968) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นกลุ่มของเหตุการณ์หรือสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการหรือหลายประการร่วมกันเหตุการณ์หรือสิ่งเร้านั้นอาจเป็นวัตถุ สิ่งของ สิ่งมีชีวิตตลอดจนสภาพดินฟ้าอากาศ

Klopfer (1969)ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ หรือความสัมพันธ์ต่างๆ

Osborne and Cosgrove (1983) ให้ความหมายว่าแนวคิดคือการแสดงออกที่เป็นสัญลักษณ์ทางด้านภาษาที่ใช้กระบวนการเรียนรู้ การจัดลำดับขั้น และการแยกประเภทในการสื่อถึงลักษณะของสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่างๆ

West and Pines (1985) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดว่าเป็นการเชื่อมโยงของกลุ่มคำ หรือการอธิบายเรื่องราวต่างๆที่เป็นข้อวินิจฉัยซึ่งแทนองค์ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ

Bruner (1990) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นประเภทของการกระทำ ความคิดหรือความรู้สึกซึ่งเกิดจากการเรียนรู้

จากความหมายของแนวคิดตามทัศนะของนักการศึกษาทั้งภายในและภายนอกประเทศสรุปได้ว่า แนวคิดเป็นความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งทั้งวัตถุ เหตุการณ์ หรือ กระบวนการโดยเกิดจากประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งต่างๆที่อยู่รอบๆตัว พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการเกิดแนวคิดพิจารณาได้จากการที่นักเรียน สามารถจำแนกประเภทได้ สามารถอธิบายได้ สามารถยกตัวอย่างได้ และสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆรอบๆตัวกับความเข้าใจในเรื่องนั้นๆ ได้

วิธีวัดแนวคิด

วิธีวัดแนวคิด หมายถึง การตรวจสอบว่านักเรียนมีแนวคิดอย่างไรในเรื่องนั้น วิธีการที่นิยมใช้ในการวัดแนวคิดคือ การสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบคำถามปลายเปิด การใช้แผนผังแนวคิด การใช้แบบทดสอบแบบสองหาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

การสัมภาษณ์

การรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เป็นการตรวจสอบวิธีคิดอย่างหนึ่งซึ่งข้อมูลที่ได้จะครบถ้วนและมีความสมบูรณ์ และได้ข้อมูลอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ เช่น จากการสังเกตสีหน้า ท่าทาง คำพูด Osborne and Freyberg (1985) ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับการวัดแนวคิดจากการสัมภาษณ์ว่า การนำแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งออกมาได้จริงนั้นมีเพียงวิธีการเดียวคือ การให้นักเรียนได้พูดแสดงความคิดด้วยตนเอง แต่การสัมภาษณ์จะเป็นการวัดแนวคิดที่เสียเวลาเป็นอย่างมาก

สุภางค์ จันทวานิช (2542) กล่าวถึงประเภทของการสัมภาษณ์ตามลักษณะของเครื่องมือไว้ดังนี้

1. การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง หรือ การสัมภาษณ์แบบเป็นทางการ

การสัมภาษณ์แบบนี้ การทำแบบสอบถามในการสัมภาษณ์จะง่าย เนื่องจากในการสัมภาษณ์จะมีคำถามที่แน่นอน ผู้ให้สัมภาษณ์ถูกถามโดยคำถามเดียวกัน เพราะคำถามต่างๆได้ถูกกำหนดเป็นแบบฟอร์มขึ้น ลักษณะของการสัมภาษณ์มีข้อคำถามและข้อกำหนดที่ตายตัว การตั้งคำถามแบบนี้เป็นไปในทำนองเดียวกันกับการตั้งคำถามในแบบสอบถามคือ มีทั้งคำถามที่ต้องการคำตอบแบบจำเพาะเจาะจง และคำถามที่ตอบได้ตามความคิดเห็นของผู้ตอบคำถาม

2. การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ

การสัมภาษณ์แบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในงานวิจัยเชิงมีคุณภาพ เป็นการสัมภาษณ์โดยอาศัยการสังเกตแบบมีส่วนร่วม ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้งและเป็นข้อมูลที่เฉพาะตัว การสัมภาษณ์แบบนี้ผู้วิจัยหรือผู้วิเคราะห์มักสัมภาษณ์ด้วยตัวเอง ซึ่งจะทำให้รู้ว่าข้อมูลที่ต้องการนั้น

เป็นแบบใด เพื่อวัตถุประสงค์ใด ฉะนั้นคำถามที่ใช้อาจตั้งขึ้นในขณะสัมภาษณ์ได้ โดยอาจเตรียมคำถามในเชิงกว้างๆมาก่อน

แบบทดสอบคำถามปลายเปิด

เป็นแบบทดสอบอัตนัยโดยให้ผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถาม ข้อมูลที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงแนวคิดของผู้ตอบคำถามอย่างชัดเจนซึ่งเหมาะกับการใช้ในกลุ่มที่ศึกษาจำนวนมากผู้ตรวจต้องสร้างเกณฑ์ขึ้นเพื่อความยุติธรรม ข้อสอบแบบอัตนัยจะเหมาะสำหรับใช้วัด ความรู้ในระดับของการแก้ปัญหา และการวิเคราะห์ และการประเมิน (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542)

การใช้แผนผังแนวคิด

แผนผังแนวคิดมีจุดประสงค์สำหรับใช้แทนความสัมพันธ์อันมีความหมายระหว่างแนวคิดต่างๆ โดยทำให้อยู่ในรูปแนวคิด 2แนว ที่แสดงออกด้วยภาษา และเชื่อมกันด้วยคำเชื่อม แผนผังแนวคิดจะทำให้เกิดความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้งแก่นักเรียนและครูเกี่ยวกับแนวคิด นอกจากนี้การใช้แผนผังแนวคิดสามารถใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจในแนวคิดที่ครูได้จัดการเรียนการสอน หรือสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542)

การใช้แบบทดสอบแบบสองหาง

แบบทดสอบชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบแนวคิดที่สามารถระบุได้ว่านักเรียนมีแนวคิดอย่างไร เช่น แนวคิดที่ถูกต้อง แนวคิดที่ไม่สมบูรณ์ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ไม่มีแนวคิด ลักษณะของแบบทดสอบจะมีสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือกและส่วนที่เป็นข้อสอบอัตนัยที่ใช้ในการอธิบายเหตุผลในการเลือก ในการสร้างแบบทดสอบที่ดีนั้น ตัวเลือกและตัวลวงนั้นจะได้มาจากการสัมภาษณ์จากกลุ่มนักเรียนที่ผ่านการเรียนการสอนไปแล้ว เพื่อศึกษาว่าแนวคิดใดที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ และนักเรียนมีแนวคิดในเรื่องนั้นอย่างไร ซึ่งแนวคิดที่ผิดพลาดนั้นจะนำมาสร้างเป็นตัวลวงขึ้น ทำให้ข้อสอบนี้สามารถใช้ในการจำแนกลักษณะของแนวคิดได้ดี (Treagust, 1995)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกวิธีวัดแนวคิดของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือในการวัด 2 รูปแบบ คือ การสัมภาษณ์ และ การใช้คำถามปลายเปิด เพื่อยืนยันว่านักเรียนเกิดแนวคิดจริง และแนวคิดของนักเรียนอยู่ในกลุ่มใด

การจัดกลุ่มแนวคิด

การจัดกลุ่มแนวคิด เป็นการแยกประเภทของแนวคิดของนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ก่อนการจัดกลุ่มแนวคิด ผู้วิจัยต้องแน่ใจเสียก่อนว่านักเรียนเกิดแนวคิดจริง โดยพฤติกรรมที่สามารถบอกได้ว่านักเรียนเกิดแนวคิด ดังนี้ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2543)

1. สามารถจำแนกประเภทได้ หมายถึงให้คำอธิบายชี้แจงคุณสมบัติรวมโดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นๆและสามารถจัดกลุ่มที่มีลักษณะเหมือนกันเข้าไว้ด้วยกันได้

2. สามารถอธิบายได้ หมายถึง สามารถให้ความหมาย บอกคำจำกัดความและสามารถอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างหรือปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถเห็นได้ทั้งหมด แต่มีหลักฐานสนับสนุนแล้วสร้างเป็นคำอธิบายได้

3. สามารถยกตัวอย่างได้ หมายถึง นักเรียนสามารถยกตัวอย่างนอกเหนือจากตัวอย่างที่พบเห็น หรือตัวอย่างที่ครูใช้ในการเรียนการสอน

4. สามารถเชื่อมความสัมพันธ์ได้ หมายถึง นักเรียนสามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง และสามารถบอกได้ว่ามีความสัมพันธ์กับหัวข้ออื่นๆอย่างไร

ในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเมื่อวิเคราะห์ทราบแล้วว่านักเรียนเกิดแนวคิดเพื่อความสะดวกต่อการวิจัย นักการศึกษาจะจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนโดยได้กำหนดทิศทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้แตกต่างกันสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มของแนวคิดแบบต่างๆ

การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม	การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม	การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม
แนวคิดถูกต้อง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด	แนวคิดถูกต้อง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด	แนวคิดถูกต้อง และเป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจทฤษฎีอย่างลึกซึ้ง
แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆไม่กล่าวถึง	แนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่กล่าวถึงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คำตอบที่ถูกต้อง แต่ไม่กล่าวถึงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
แนวคิดที่คลาดเคลื่อน คำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อนคำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆไม่กล่าวถึง
แนวคิดไม่ถูกต้อง คำตอบที่แสดงถึงความไม่มีแนวคิดนั้นๆ	แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง คำตอบที่นักเรียนตอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน คำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
	ไม่มีแนวคิด คำตอบไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ	แนวคิดที่ไม่ถูกต้อง อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
		ไม่มีแนวคิด ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

ที่มา: ชาตรี สำราญ (2544)

การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม จะแบ่งแนวคิดแบบถูกต้องออกเป็น 2 แบบ คือ แนวคิดที่ถูกต้องตามทฤษฎีวิทยาศาสตร์ และแนวคิดที่ถูกต้องแต่ไม่กล่าวถึงทฤษฎีวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจำแนกออกจากกัน เนื่องจากกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาซึ่งความสามารถในการตอบคำถาม ความสามารถในการเขียนยังคงมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่มคือ แนวคิดที่ถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด

การพัฒนาแนวคิด

งานวิจัยนี้ตัวแปรที่สำคัญคือการพัฒนาแนวคิดของนักเรียน ผู้วิจัยจึงศึกษาเอกสารงานวิจัยเพื่อสรุปความหมายของการพัฒนาแนวคิดซึ่งนักการศึกษาหลายท่านนิยามการพัฒนาแนวคิดไว้ดังนี้

คชานนท์ สุวรรณพันธ์ (2543) ให้ความหมายเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงความคิด ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมที่ไม่ถูกต้อง ไปเป็นความคิดความเข้าใจที่ถูกต้อง

วีรพงศ์ ขำเหม (2544) ให้ความหมายเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดว่า เป็นการเปลี่ยนแนวคิดที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ หรือแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดที่ถูกต้อง

วรรณดี จันทรวงศ์ (2547) ให้ความหมายเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดว่า การทำให้ความคิดความเข้าใจชัดเจนขึ้นเมื่อได้รับประสบการณ์ใหม่ซึ่งความคิดความเข้าใจใหม่ต้องสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการพัฒนาแนวคิดตามที่นักการศึกษาให้ไว้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาแนวคิด หมายถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ในทิศทางที่ดีขึ้น คือ จำนวนนักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น แต่นักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือ ไม่มีแนวคิดมีจำนวนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

การหายใจระดับเซลล์

การหายใจระดับเซลล์เป็นกระบวนการผลิตพลังงานเคมีให้อยู่ในรูป ATPโดยการสลายสารอาหารประเภท โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีและมีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง นักวิทยาศาสตร์แบ่งประเภทของการหายใจระดับเซลล์เป็น 2 ประเภท คือ การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

เป็นกระบวนการสลายสารอาหารประเภทโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและ ไขมัน เป็นพลังงานโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีและต้องมีออกซิเจนเข้าร่วมในการเกิดปฏิกิริยาเสมอ ผลที่ได้จากการสลายสารอาหารเหล่านี้จะได้พลังงานในรูปสารเคมีที่เรียกว่า ATP แนวคิดที่สำคัญเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ประกอบด้วย

การสลายคาร์โบไฮเดรต ในรูปกลูโคส 1 โมเลกุลภายในเซลล์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1. ไกลโคไลซิส

1.1 เป็นกระบวนการสลายน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลให้เป็นกรดไพรูวิก 2 โมเลกุล และมีพลังงานเกิดขึ้นในรูปของสารATP 4 โมเลกุลเกิดบริเวณไซโทซอลของเซลล์

1.2 ในกระบวนการไกลโคไลซิส มีพลังงานถูกใช้ไป 2 ATP เมื่อสิ้นสุดกระบวนการไกลโคไลซิส จะมีกรดไพรูวิก เกิดขึ้น 2 โมเลกุล และจะมีพลังงานสุทธิในรูปของสารATP 2 โมเลกุล และเกิด H 4 อะตอม โดยจะมีตัวมารับ H คือ NAD^+ กลายเป็น NADH 2 โมเลกุล และ H^+ 2 ไอออน

2. การสร้างอะซิติลโคเอ

2.1 เป็นกระบวนการที่กรดไพรูวิกแต่ละโมเลกุลทำปฏิกิริยากับ โคเอนไซม์เอได้เป็นอะซิติลโคเอ กระบวนการนี้เกิดขึ้นภายในของเหลวของไมโทคอนเดรียที่เรียกว่า เมทริกซ์

2.2 เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะได้ผลลัพธ์คือ อะซิติลโคเอ 2 โมเลกุล คาร์บอนไดออกไซด์ 2 โมเลกุล เกิด H 4 อะตอมโดยจะมีตัวมารับคือ NAD^+ กลายเป็น NADH 2 โมเลกุล และ H^+ 2 ไอออน

3. วัฏจักรเครบส์

3.1 เป็นกระบวนการที่อะซิติลโคเอ(2C)รวมกับกรดออกซาโลอะซิติก(4C) เกิดเป็นกรดซิติก (6C) หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาการสลายคาร์บอนอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนอนินทรีย์ในรูป CO_2 จาก 6C ไปเป็น 5C และกลายเป็น 4C ตามเดิม จึงถือว่าเป็นขั้นตอนการสลายสารอาหารอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาจะมีลักษณะเป็นวัฏจักรเกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรีย

3.2 กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยออกซิเจนจะเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยา แต่ออกซิเจนไม่ได้ถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยา

3.3 เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะได้ผลลัพธ์ คือ CO_2 ทั้งสิ้น 4 โมเลกุล เกิดพลังงานอิสระในรูป GTP 2 โมเลกุล โดย GTP 1 โมเลกุล ให้พลังงาน เท่ากับ ATP 1 โมเลกุล และเกิด H ทั้งหมด 16 อะตอม โดย H 12 อะตอมจะมีตัวมารับคือ NAD^+ กลายเป็น NADH 6 โมเลกุล และ H^+ 6 ไอออน และ H 4 อะตอม จะมีตัวมารับคือ FAD กลายเป็น $FADH_2$ 2 โมเลกุล

4. การถ่ายทอดอิเล็กตรอน

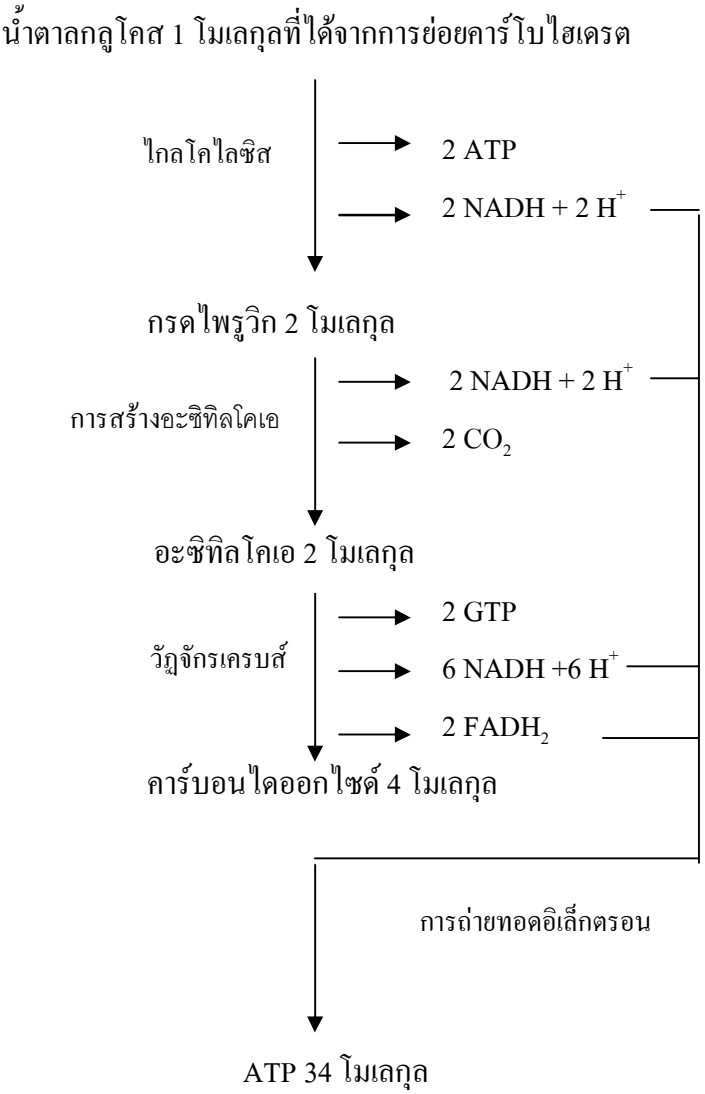
4.1 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของNADH และ H^+ และ $FADH_2$ กับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน เกิดขึ้นที่เยื่อชั้นในของไมโทคอนเดรีย และที่เยื่อหุ้มเซลล์ของโพรแคริโอต ทำให้เกิดพลังงานในรูปสาร ATP มากที่สุดถึง 32-34 โมเลกุลต่อน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล

4.2 จะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนอิสระภายในเซลล์ โดยออกซิเจนจะเป็นตัวรับโปรตอนและอิเล็กตรอน เกิดเป็นน้ำ 12 โมเลกุลต่อน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล

4.3 NADH + H^+ และ $FADH_2$ เมื่อผ่านกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจะได้พลังงาน 3 ATP และ 2 ATP ต่อโมเลกุล ตามลำดับ

4.4 การมี O_2 ในเซลล์ทำให้เกิดการหายใจอย่างสมบูรณ์ เพราะเกิดปฏิกิริยาการสลายสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ได้ทั้งหมด

สรุป เมื่อสิ้นสุดกระบวนการการสลาย กลูโคส 1 โมเลกุล จะได้พลังงานในรูปของสาร ATP 36 – 38 โมเลกุล ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสลายคาร์โบไฮเดรต

2. การสลายไขมันภายในเซลล์

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ร่างกายจะเก็บไขมันไว้เป็น พลังงานสำรองในยามที่ร่างกายขาดแคลน ไขมันประกอบด้วยกรดไขมันและ กลีเซอรอล ซึ่งสารทั้งสองนี้สามารถนำมาใช้ในการสร้างพลังงานภายในเซลล์ กลีเซอรอลจะเข้าสู่กระบวนการสลายสารอาหารในเซลล์ในช่วงไกลโคไลซิส ส่วนกรดไขมันจะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยการตัดสายไฮโดรคาร์บอนออกทีละ 2 คาร์บอนอะตอมเพื่อสร้างเป็น อะซิทิลโคเอ และเข้าสู่ วัฏจักรเครบส์ส์

3. การสลายโปรตีนภายในเซลล์

โปรตีนเป็นสารที่ให้พลังงานร่างกายจะนำมาสร้างพลังงานเมื่อขาดแคลน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโน 20ชนิด การเปลี่ยนกรดอะมิโนเป็นพลังงานมีหลายแนวทางตามชนิดของกรดอะมิโน บางชนิดเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิก บางชนิดเปลี่ยนเป็นอะซิทิลโคเอ บางชนิดก็เปลี่ยนเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรเครบส์ส์ แต่ก่อนที่กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งตามที่กล่าวมา ต้องมีการตัดหมู่อะมิโน (NH_2) ออกจากโมเลกุลของกรดอะมิโน หรือย้ายหมู่อะมิโนไปอยู่กับโมเลกุลของสารประกอบอื่น หมู่อะมิโนที่หลุดออกมานี้จะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งร่างกายจะเปลี่ยนแอมโมเนียเหล่านี้เป็นยูเรียหรือกรดยูริคและกำจัดออกนอกร่างกาย

การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เพื่อสลายสารอาหารเป็นพลังงานในรูปของสารATP โดยไม่ใช้ออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยา การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนจึงพบมากในสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีออกซิเจนอยู่น้อยหรือไม่มีออกซิเจน ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้เช่น ยีสต์ เชื้อราบางชนิด แบคทีเรีย เป็นต้น นอกจากนี้ในบางเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงบางชนิดสามารถปรับตัวให้สามารถสลายสารอาหารภายในเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนได้ถ้าเซลล์เหล่านั้นไม่ได้รับออกซิเจนเพียงพอ แนวคิดที่สำคัญเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วย

1. เป็นการสร้างพลังงานจากการสลายสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตได้รับในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนร่วมในปฏิกิริยา ทำให้การสลายสารอาหารเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ พลังงานที่ได้จึงน้อยกว่าการสลายสารอาหารโดยใช้ออกซิเจน แต่สามารถผลิตพลังงานได้เร็วกว่าการหายใจโดยใช้ออกซิเจน

2. ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการสลายสารอาหายโดยไม่ใช้ออกซิเจนในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ยีสต์ แบคทีเรียบางชนิด จะได้เอธิลแอลกอฮอล์ 2 โมเลกุล คาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมเลกุล และพลังงานในรูปATP 2 โมเลกุล จึงอาจเรียกการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนว่า กระบวนการหมัก

3. ในกล้ามเนื้อลายในสัตว์ชั้นสูงบางชนิดเมื่อทำงานหนักเซลล์กล้ามเนื้อไม่สามารถผลิตพลังงานจากการสลายสารอาหารโดยการหายใจระดับเซลล์ที่ใช้ออกซิเจนได้ทันหรือได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ เซลล์กล้ามเนื้อก็จะสลายสารอาหารโดยไม่ใช้ออกซิเจนควบคู่กันไปด้วย ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการสลายสารอาหารโดยไม่ใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อคือ กรดแลกติก 2 โมเลกุล และพลังงานในรูปสาร ATP 2 โมเลกุลต่อการสลายกลูโคส 1 โมเลกุล เมื่อมีการสะสมของกรดแลกติกมากขึ้นทำให้เกิดอาการเป็นตะคริว

กระบวนการหายใจระดับเซลล์เป็นการสร้างพลังงานของเซลล์ ซึ่งเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยอาจเป็นการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน หรือการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการสร้างพลังงานจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนนั้น จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ ขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้างอะซิทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ซึ่งทำให้การสลายสารอาหารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ พลังงานสุทธิที่ได้จากการสลายสารอาหารจากกระบวนการนี้คือ 34 หรือ 36 ATP ต่อกลูโคส 1 โมเลกุล แต่ในสิ่งมีชีวิตบางชนิดที่สร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน พลังงานสุทธิที่ได้รับจากการสลายน้ำตาลกลูโคส 1โมเลกุลคือ 2 ATP และจัดเป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากเกิดแอลกอฮอล์ และ กรดแลกติก เป็นผลพลอยได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

คชานนท์ สุวรรณพันธ์ (2543) ศึกษาการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่องระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ และการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วย ขั้นเชื่อมโยงความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นขยายความรู้ และ ขั้นประเมิน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังการเรียนนักเรียนมี มโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องลดลง

สุรจิตา เศรษฐภักดี (2547) ศึกษาผลการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละหน่วยย่อยหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 มีทักษะกระบวนการทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

National Research Council (1996) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษากับการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ และ การเรียนการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลาง สามารถสรุปได้ว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นการเรียนรู้จากปัญหา หรือคำถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหา จะช่วยให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการแสวงหาคำตอบ โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการเรียนการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลาง

Kaartinen and Kumpulainen (2002)ได้นำการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะโดยจัดการเรียนการสอนแบบCollaborative มาใช้ในการเรียนการสอนเรื่องสารละลาย พบว่าการใช้ Collaborative inquiry จะช่วยการพัฒนาแนวคิด และความสามารถในการแสวงหาคำตอบ นำมาสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

Carolyn and คณะ (2002) ศึกษาถึงการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้กับการพัฒนาแนวคิดทางด้านชีววิทยาในเรื่องการสังเคราะห์แสง พบว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จะนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย

จากการศึกษางานวิจัย พบว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งสามด้านคือ เนื้อหา ทักษะกระบวนการ และเจตคติ อย่างไรก็ตามในประเทศไทยการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งผลต่อการพัฒนาแนวคิดยังมีน้อย ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อศึกษาว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์เทคนิคของจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด โดยเลือกเอาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่องการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่4โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

ในการวิจัยนี้ กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลที่สังกัดในสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 31 คน โดยคละความสามารถ และมีเกรดเฉลี่ยในวิชาชีววิทยา ในภาคต้นปีการศึกษา 2549 เท่ากับ 2.60 แบ่งเป็นนักเรียนที่ได้เกรด 4.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.5 จำนวน 7 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.0 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้เกรด 2.5 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้ 2.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.5 จำนวน 1 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.0 จำนวน 1 คน และนักเรียนที่ได้เกรด 0 จำนวน 3 คน และครอบครัวของนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นเกษตรกร มีรายได้เฉลี่ย 12000บาทต่อเดือน ส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับครอบครัว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

2.2 อนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน

การสร้างเครื่องมือในการทดลองสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการสอนได้แก่แผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ แบบเรียน คู่มือและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ เพื่อสร้างกรอบแนวคิดทั้งแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ และแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้เรื่องการหายใจระดับเซลล์

2. นำกรอบแนวคิดที่สร้างขึ้นให้ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนของเนื้อหาและตรงตามมาตรฐานการศึกษา

3. ศึกษาตำรา วารสาร และรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เพื่อกำหนดรูปแบบและขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นคือ ขั้นเชื่อมโยงความรู้ ขั้นออกแบบการสืบค้น ขั้นสืบค้น ขั้นสร้างองค์ความรู้ นำรูปแบบและขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่สังเคราะห์ขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาตรวจความถูกต้อง

4. นำกรอบแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ และรูปแบบการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ผ่านการแก้ไขแล้วมากำหนดรูปแบบของกิจกรรมที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล นำรูปแบบของกิจกรรม สื่อการสอน รูปแบบ

ของการประเมินที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ ตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน วิธีการวัดและประเมินผล กับแนวคิดที่จะสอน และเพื่อดูความสอดคล้องของการจัดการเรียนการสอนกับวัยและเวลา

5. นำรูปแบบกิจกรรมที่จะใช้ในการเรียนการสอน และสื่อการเรียนการสอน วิธีการวัดและประเมินผล ที่ผ่านการตรวจแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาสร้างแผนการจัดการเรียนการสอน โดยมีเวลาสอนรวม 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีการนัดหมายเวลาเพิ่มเติมตามความเหมาะสมจากการจัดการเรียนการสอนปกติ 4 คาบ/สัปดาห์ เป็น 8คาบ/สัปดาห์ ซึ่งแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้แบ่งกิจกรรมการเรียนการสอนออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

5.1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้

เป็นขั้นตอนแรกของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในขั้นนี้จะเป็นการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียน โดยการนำแนวคิดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่จะสอนมาแสดงการเชื่อมโยงให้เห็นว่าแต่ละแนวคิดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และเกี่ยวข้องกับแนวคิดใหม่ที่ครูต้องการอธิบายอย่างไร การสร้างความสัมพันธ์นี้จะเป็นการกระตุ้นความต้องการที่จะเรียนรู้ของนักเรียนเมื่อนักเรียนไม่สามารถนำแนวคิดเดิมมาอธิบายแนวคิดใหม่ที่มีความเกี่ยวข้องกันได้ ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย และเกิดการตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดนั้นๆ ความสงสัยและคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะแสวงหาคำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง

5.2 ขั้นออกแบบการสืบค้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำถามที่สร้างขึ้นในขั้นเชื่อมโยงความรู้มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องค้นคว้า แนวคิดที่เกี่ยวข้อง วิธีการรวบรวมข้อมูลทั้งการทดลอง และแหล่งความรู้ต่างๆ เช่นจากหนังสือ จากบุคคลต่างๆ ที่มีความเชี่ยวชาญ จากวารสาร เป็นต้น นำแผนการสืบค้นมานำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนคนอื่นๆ เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการสืบค้นที่ออกแบบไว้ ในด้านตัวแปร แนวคิดที่เกี่ยวข้อง และแหล่งข้อมูล ในขั้นนี้ครูต้องมีบทบาทสำคัญในฐานะที่ปรึกษาของนักเรียนในการวางแผนการค้นคว้า และในกรณีที่แผนการค้นคว้าของนักเรียนมีข้อบกพร่องครูจะต้องชี้ให้นักเรียนเห็นถึงข้อบกพร่องนั้นๆโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียน

พบข้อบกพร่องนั้นด้วยตัวนักเรียนเองโดยครูต้องไม่เสนอแนวคิดใดๆหรือวางแผนให้นักเรียนโดยตรง

5.3 ขั้นสืบค้น

ขั้นตอนนี้จะต่อเนื่องจากขั้นออกแบบการสืบค้น โดยนักเรียนนำแผนที่วางไว้และผ่านการปรับปรุงโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับครูและนักเรียนคนอื่นๆแล้วมาใช้จริง ทั้งการค้นคว้าจากหนังสือหรือวารสารต่างๆ การทดลองจริง การสอบถามผู้เชี่ยวชาญของนักเรียน การสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์กันนำไปสู่การสร้างข้อสรุปตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ในฐานะผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนในการใช้แหล่งค้นคว้าต่างๆอย่างอิสระและปลอดภัย รวมถึงเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาต่างๆในการค้นคว้า โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง

5.4 ขั้นการสร้างองค์ความรู้

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อสรุปที่ได้จากการค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู การแลกเปลี่ยนข้อสรุปที่นักเรียนค้นพบข้างต้นจะทำให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม การใช้เหตุผลในการตอบคำถาม ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปและเกิดกลไกการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตัวนักเรียนเอง ในขั้นนี้ครูมีหน้าที่ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบแนวคิดที่นักเรียนได้รับจากการค้นคว้า และเพิ่มเติมแนวคิดที่นักเรียนสร้าง ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยการใช้คำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ หรือการยกตัวอย่างปรากฏการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น

6. นำแผนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างไปให้ ครูวิชาชีววิทยาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ตรวจในด้านความเหมาะสมของเนื้อหา วัยของนักเรียน เวลา สื่อการเรียนการสอน เพื่อดูความเหมาะสมของ ภาษาที่ใช้ และกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

7. นำแผนการจัดการเรียนการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการวิจัย

การสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการตรวจวัดแนวคิด เพื่อกำหนดรูปแบบของเครื่องมือในการวัดแนวคิด งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบวัดแนวคิดแบบปลายเปิด

2. จัดทำตารางวิเคราะห์แนวคิด คัดเลือกแนวคิดทั้งหมดให้ครอบคลุมตามจุดประสงค์ เนื้อหาของหลักสูตรผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4ไว้ 2 ด้าน ดังนี้

2.1 การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ประกอบด้วยแนวคิดย่อย 4 แนวคิดคือ

2.1.1. ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์

2.1.2 ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์

2.1.3 การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์

2.1.4 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

2.2 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.1 การหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.2.2 การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.3 การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

2.2.4 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนที่พบในเซลล์กล้ามเนื้อ

3. สร้างแบบวัดแนวคิดแบบปลายเปิดโดยใช้คำถามเป็นเหตุการณ์ สถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามและแสดงเหตุผลประกอบตามความเข้าใจ เพื่อนำไปจัดประเภทของแนวคิดดังนี้

3.1 แนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนต้องถูกต้องและครบถ้วนตามแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

3.2 แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ แต่ยังไม่ครบถ้วน

3.3 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อย 1 คำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

3.4 ไม่มีแนวคิด หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถาม หรือคำตอบของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์

4. นำแบบวัดแนวคิดที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในด้านวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแบบวัดแนวคิดทั้งความตรงด้านเนื้อหาและแนวคิดของแบบวัด

5. นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้ข้อเสนอแนะแล้วกลับมาแก้ไขปรับปรุง และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเดียวกับกลุ่มที่ศึกษาที่เรียนวิชาชีววิทยาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ แล้วเพื่อดูความถูกต้องด้านภาษา และความเหมาะสมของเวลา และวัย

6. นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านการปรับปรุง แล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้ข้อเสนอแนะอีกครั้ง

7. นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้ข้อเสนอแนะแล้วกลับมาแก้ไขปรับปรุงและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเดียวกับกลุ่มที่ศึกษาที่เรียนวิชาชีววิทยา และคนละกลุ่มกับกลุ่มที่ทดลองใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์มาแล้ว เพื่อดูความถูกต้องด้านภาษา และความเหมาะสมของคำถาม และวัย

8. ทดลองนำแนวคิดที่ได้จากแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ มาจัดกลุ่มของแนวคิดตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยแบ่งแนวคิดของนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ แนวคิดถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด นำผลการจัดกลุ่มไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจ เมื่อทั้ง 3 ท่านมีความเห็นสอดคล้องกับผลการจัดกลุ่มแนวคิดของผู้วิจัยนำแบบวัดแนวคิดนี้ไปใช้ในการวิจัย

การสร้างอนุทินรายสัปดาห์

ในการวิเคราะห์หาเทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ อนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างอนุทินเพื่อกำหนดรูปแบบของอนุทินที่ใช้ เพื่อให้หัวข้อที่ต้องการให้นักเรียนเขียนอนุทินสอดคล้องกับคำถามวิจัย โดยสามารถกำหนดหัวข้อในการเขียนอนุทินได้ดังนี้

1.1 นักเรียนได้รับความรู้อะไรบ้างจากการจัดการเรียนการสอน

1.2 นักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรบ้างเกี่ยวกับการเรียนการสอน เพราะเหตุใด

1.3 ปัญหาอะไรบ้างที่พบจากการเรียนการสอน

1.4 ในการจัดการเรียนการสอนในสัปดาห์หน้านักเรียนอยากให้จัดการเรียนการสอนในรูปแบบใด

2. นำหัวข้อที่กำหนดขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจ และปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สอดคล้องกับคำถามวิจัย และมีความเหมาะสมทางภาษา

3. นำหัวข้อที่ผ่านการแก้ไขแล้วไปทดลองให้นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาทดลองเขียน และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงภาษาอีกครั้งและนำไปใช้ในงานวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยดังต่อไปนี้

1. ปฏิบัติการสอนกลุ่มทดลองด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ด้วยการสอนเนื้อหาที่ไม่ใช่เนื้อหาที่ต้องการเก็บข้อมูล แต่เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือเป็นเนื้อหาที่เป็นแนวคิดพื้นฐานเรื่องการหายใจระดับเซลล์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ พลังงาน และเอนไซม์ โดยใช้เวลา 22 คาบ เพื่อให้นักเรียนเคยชินกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ด้านการวางแผน การคิด การค้นคว้า การใช้แหล่งค้นคว้า และการอภิปราย

2. นำแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ไปวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนการเรียนการสอน

3. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ปฏิบัติการสอนด้วยตนเองกับนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 18 คาบเรียน คาบละ 50 นาที โดยมีการนัดหมายเวลาเพิ่มเติมตามความเหมาะสมจากการจัดการเรียนการสอนปกติ 4 คาบ/สัปดาห์ เป็น 8 คาบ/สัปดาห์ และให้นักเรียนเขียนอนุทินรายสัปดาห์

4. ทำการวัดแนวคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ด้วยแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์

5. นำแนวคิดของนักเรียนมาจัดกลุ่มตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยวิเคราะห์เนื้อหาจากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องการ

หายใจระดับเซลล์ และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในกรณีที่คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดไม่ชัดเจน

2. จำแนกแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แนวคิดที่ถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด

3. เปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร โดยนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มแนวคิดรายบุคคล นำผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนมาเปรียบเทียบก่อนและหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

4. นำอนุทินที่นักเรียนเขียนทุกสัปดาห์และผลสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อความในอนุทินไม่ชัดเจนมาวิเคราะห์ เพื่อจัดกลุ่มเทคนิคของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดโดยใช้ตารางแจกแจงความถี่ และนำเทคนิคของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดตามที่นักเรียนเสนอไว้ 3 ลำดับแรกมาสัมภาษณ์นักเรียน เพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้นักเรียนคิดว่าเทคนิคเหล่านี้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ตามคำถามวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจในระดับเซลล์ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 2 เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แบบใดที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจในระดับเซลล์ได้หรือไม่ อย่างไร

ในการนำเสนอผลการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ประกอบด้วยแนวคิดย่อยๆ 4 แนวคิด คือ

1.1 ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์

1.2 ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการหายใจระดับเซลล์

1.3 การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานโดยการหายใจระดับเซลล์

1.4 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

ส่วนที่ 2 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน ประกอบด้วยแนวคิดย่อยๆ 4 แนวคิด คือ

2.1 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.2 การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.3 การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.4 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ

ส่วนที่ 1 การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

1.1 ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์

ผู้วิจัยตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์โดยใช้คำถามดังนี้

“ชายนิรนามคนหนึ่งนอนเสียชีวิตอยู่ในรถที่ปิดประตูสนิท จากการตรวจสอบของ ตำรวจและสถาบันนิติวิทยาศาสตร์พบว่าสภาพศพ มีลักษณะเกร็งและมีรอยช้ำตามตัวแต่จากการตรวจสอบอย่างละเอียดไม่พบสารพิษใดๆและไม่มีร่องรอยการถูกทำร้ายร่างกาย (ไทยรัฐ, 2549)”

จากข้อมูลข้างต้นนักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้ชายคนนี้เสียชีวิต และสาเหตุดังกล่าวทำให้ชายคนนี้เสียชีวิตได้อย่างไร

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนที่แสดงแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับที่	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	ออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์	4	21
	2	ออกซิเจนทำให้กระบวนการหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นครบทั้ง 4 ขั้นตอนคือ ขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้าง อะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	0	21
	3	ออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์ได้พลังงานในรูป ATP สูงสุด	2	25
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	4	ออกซิเจนเป็นสารที่เข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์สมอง	22	8
	5	ออกซิเจนควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย	7	0
	6	ออกซิเจนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารภายในเซลล์	5	2
	7	ออกซิเจนเป็นสารที่ควบคุมความสมดุลภายในเซลล์	2	0
ไม่มีแนวคิด	8	ออกซิเจนเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถขาดได้	6	0
	9	อากาศเป็นตัวควบคุมให้ระบบต่างๆทำงานเป็นปกติ	6	0
	10	อากาศเสียทำให้สิ่งมีชีวิตตายได้	2	0

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์พบว่าคำตอบของนักเรียนลำดับที่ 1 2 และ3 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ คำตอบในลำดับที่ 4 5 6 และ7 เป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนคำตอบในลำดับที่ 8 9 และ10 เป็นคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่อง ความสำคัญของออกซิเจนกับการหายใจระดับเซลล์ ดังนั้นในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องนี้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียน ดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-3 ครบทั้ง 3 ข้อ และไม่มีคำตอบในลำดับที่ 4-7

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-3 ไม่ครบทุกข้อ และไม่มีคำตอบอยู่ในลำดับที่ 4-7

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 4-7

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 8-10 และไม่มีคำตอบของนักเรียนอยู่ในลำดับ 1-7

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ดังตาราง ที่ 3

ตารางที่ 3 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (คน)	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดถูกต้อง	0	15
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	2	17
แนวคิดคลาดเคลื่อน	27	10
ไม่มีแนวคิด	13	0

จากตารางที่ 3 พบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน โดยพบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 64.28 นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด 13 คน คิดเป็น ร้อยละ 30.95 และพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพียง 2 คนคิดเป็น ร้อยละ 4.76 นั่นแสดงให้เห็นว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นั้นนักเรียนแทบจะไม่มีแนวคิดเดิมเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การเสียชีวิตเกิดจากขาดอากาศในการหายใจทำให้ไม่สามารถสร้างพลังงานและเมื่อร่างกายขาดพลังงานระบบในร่างกายจึงหยุดทำงาน

2. การเสียชีวิตเกิดจากการขาดออกซิเจนทำให้เซลล์ไม่สามารถสร้างพลังงานได้เพราะออกซิเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างพลังงานเมื่อไม่มีพลังงานเซลล์จึงไม่สามารถทำกิจกรรมภายในเซลล์ได้เซลล์จึงตาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ไม่มีอากาศทำให้ไม่มีการหายใจเอาเลือดไปเลี้ยงสมอง ทำให้เกิดอาการผิดปกติบางอย่างและทำให้ขาดอากาศหายใจจนตาย

2. การเสียชีวิตเกิดจากการขาดอากาศหายใจ ไม่มีออกซิเจนเข้าไปช่วยในการสังเคราะห์ภายในเซลล์ทำให้เซลล์ตาย

3. การเสียชีวิตเกิดจากการขาดอากาศหายใจ ทำให้ไม่มีอากาศเข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. เสียชีวิตเนื่องจากการขาดออกซิเจนเนื่องจากรถปิดสนิททำให้ชายนิรนามคนนี้ใช้ออกซิเจนจนหมด

2. การเสียชีวิตเกิดจากการที่ขาดออกซิเจนทำให้หายใจไม่ออก ทรมานจนสิ้นใจ

3. การเสียชีวิตเกิดจากการขาดอากาศหายใจ ทำให้อึดอัดจนเสียชีวิต

4. การเสียชีวิตเกิดจากการมีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจเมื่อขาดอากาศทำให้ตายได้

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่า ออกซิเจนเป็นสารเคมีที่สำคัญสำหรับเซลล์ เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารต่างๆภายในเซลล์ ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลภายในเซลล์ และควบคุมการทำงานของระบบต่างๆภายในร่างกาย จากการแสดงแนวคิดของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้พบว่าแนวคิดของนักเรียนเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด แม้ว่าการผลิตสารต่างๆภายในเซลล์ การควบคุมสมดุลภายในเซลล์ และการทำงานของระบบต่างๆภายในร่างกาย จะเกี่ยวข้องกับออกซิเจนอยู่บ้างแต่จุดมุ่งหมายหลัก

ของออกซิเจนคือการหายใจระดับเซลล์เพื่อสลายสารอาหารให้เป็นพลังงานซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้กล่าวถึงเรื่องนี้

นอกจากนี้ยังพบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นักเรียนบางส่วนเข้าใจว่าออกซิเจนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต แต่นักเรียนยังไม่สามารถบอกได้ว่าออกซิเจนมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร จากตารางที่ 3 อาจกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์เพิ่มขึ้น เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วน โดยมีนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้อง 15 คนคิดเป็นร้อยละ 35.71 นักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 40.47 มีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่พบนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด โดยมีตัวอย่างคำตอบดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนที่จะนำมาสลายสารอาหารในการหายใจระดับเซลล์ เพราะการสลายสารอาหารในการหายใจระดับเซลล์ต้องใช้ออกซิเจนในการเข้าร่วมปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อไม่มีออกซิเจนก็ไม่สามารถสร้างพลังงานได้ในขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเป็นตัวเหนี่ยวนำเพื่อให้เกิดกระบวนการวัฏจักรเครบส์

2. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนเนื่องจากการสลายสารอาหารให้สมบูรณ์จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเมื่อไม่มีออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารไม่สมบูรณ์ทำให้ร่างกายได้รับพลังงานไม่เพียง จึงทำให้กิจกรรมภายในเซลล์ซึ่งต้องการพลังงาน ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติส่งผลให้เซลล์ต่างๆในร่างกายตายได้ จึงทำให้ชายคนนี้เสียชีวิต

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนทำให้ไม่สามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการสร้างพลังงานส่งผลให้พลังงานไม่เพียงพอได้ทำให้อ่อนแรงจนเสียชีวิต

2. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนซึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาในการสร้างพลังงานทำให้ร่างกายขาดพลังงาน

3. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนซึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาในการสร้างพลังงานทำให้ร่างกายขาดพลังงานดังนั้นเมื่อไม่มีออกซิเจนก็ไม่สามารถสร้างพลังงานได้ในขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

4. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนทำให้ไม่สามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการสร้างพลังงานส่งผลให้พลังงานไม่เพียงพอทำให้อ่อนแรงจนเสียชีวิต

5. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนเนื่องจากออกซิเจนสำคัญต่อการหายใจของเซลล์ซึ่งเมื่อเซลล์มีการหายใจปฏิกิริยาต่างๆภายในเซลล์จึงเกิดขึ้นได้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนไปเลี้ยงสมองทำให้ระบบในร่างกายไม่ทำงานจนเสียชีวิต

2. การเสียชีวิตของชายผู้นี้เกิดจากการขาดออกซิเจนทำให้หัวใจหยุดเต้นและเลือดไม่สามารถหมุนเวียนได้

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้อง พบว่ามีความสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับคือ ออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ออกซิเจนทำให้การหายใจระดับเซลล์เกิดครบทั้ง 4 ขั้นคือ ขั้นไกลโคไลซิส การสร้างอะเซทิลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และ การถ่ายทอดอิเล็กตรอน นอกจากนี้ออกซิเจนยังทำให้การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์สามารถผลิตพลังงานในรูปATPได้สูงสุด สำหรับนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนนั้นพบว่าคำตอบของนักเรียนทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับแต่ไม่สมบูรณ์นักเรียนมีแนวคิดว่าออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหาร

สามารถผลิตพลังงานในรูปATPได้สูงสุด โดยนักเรียนไม่กล่าวถึงออกซิเจนว่าเกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์อย่างไร แต่เมื่อทำการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม นักเรียนสามารถบอกได้ว่าการสลายสารอาหารเกิดจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ แสดงว่านักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจน การสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงาน และการหายใจระดับเซลล์ได้ แต่สามารถบอกความเกี่ยวข้องกันระหว่างออกซิเจนและการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดให้นักเรียนที่มีแนวคิดนี้อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วน จากการวัดแนวคิดของนักเรียนหลังการเรียนการสอนพบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนโดยพบเพียง10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.80 เมื่อนำคำตอบของนักเรียนกลุ่มนี้มาวิเคราะห์เห็นได้ว่าคำตอบของนักเรียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิด เรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับคือ ออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์หรือออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารสามารถผลิตพลังงานในรูปATPได้สูงสุด และคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ คือ ออกซิเจนเป็นสารที่เข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์สมองหรือออกซิเจนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารภายในเซลล์

จากคำตอบของนักเรียนอธิบายได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีแนวคิดใหม่เกิดขึ้นเกี่ยวกับความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์แต่ยังคงยึดติดกับแนวคิดเดิมทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ได้ ทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ใช้การจดจำมากกว่าความเข้าใจ ซึ่งพบเพียงส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิด จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ได้

1.2 ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์

ผู้วิจัยวัดแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ของนักเรียน โดยใช้คำถามดังนี้

“นักชีววิทยาคนหนึ่งทดลองแยกไมโทคอนเดรียออกจากเซลล์ของสัตว์ นักเรียนคิดว่าเมื่อเซลล์ขาดไมโทคอนเดรียแล้วจะส่งผลอย่างไร”

จากคำถามข้างต้น เมื่อนำคำตอบของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ มาวิเคราะห์ สามารถสรุปแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับที่	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	ไมโทคอนเดรียทำให้สารอาหารสลายอย่างสมบูรณ์	0	33
	2	พลังงานจากการสลายสารอาหารส่วนใหญ่เกิดขึ้นภายใน ไมโทคอนเดรีย	28	41
	3	ไมโทคอนเดรียเป็นบริเวณที่มีการสลายสารอาหารจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งเกิดขึ้น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นการสร้าง อะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ ขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	1	31
	4	พลังงานที่เกิดจากการสลายสารอาหารภายในเซลล์ส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นบริเวณผนังด้านในของไมโทคอนเดรีย จากขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	0	30
	5	ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สะสมพลังงานที่ได้รับจากการสลายสารอาหารภายในเซลล์	8	31
	6	ไมโทคอนเดรียทำหน้าที่ส่งพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารไปใช้ภายนอกเซลล์	3	30
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	7	ไมโทคอนเดรียเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสลายสารอาหารภายในเซลล์ให้เป็นพลังงานมากขึ้น	4	0
	8	ไมโทคอนเดรียเป็นตัวสร้างสมดุลของปฏิกิริยาการสร้างพลังงานจากการสลายสารอาหารภายในเซลล์	5	0
	9	ไมโทคอนเดรียส่งสารอาหารไปยังเซลล์เพื่อให้เกิดการสลายสารอาหารภายในเซลล์เพื่อสร้างพลังงานนอกเซลล์	3	0

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับพบว่า คำตอบของนักเรียนในลำดับที่ 1-6 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของ ไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ ส่วนคำตอบในลำดับที่ 7-9 เป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ ดังนั้น ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-6 ครบทั้ง 6 ข้อ และไม่มีคำตอบอยู่ในลำดับที่ 7-9

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-6 ไม่ครบทุกข้อ และไม่มีคำตอบลำดับที่ 7-9

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 7-9

4. นักเรียนไม่มีแนวคิดหมายถึง ไม่มีคำตอบใดของนักเรียนอยู่ในลำดับที่ 1-9

เมื่อนำคำตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ข้างต้น พบว่าแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (คน)	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดถูกต้อง	0	22
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	30	20
แนวคิดคลาดเคลื่อน	12	0
ไม่มีแนวคิด	0	0

ผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์พบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้อง นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนจำนวน 30 คนคิดเป็นร้อยละ 71.42 และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจำนวน 12 คนคิดเป็นร้อยละ 28.48 โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับความสำคัญของ ไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้

1. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียจะทำให้พลังงานภายในเซลล์ลดลงทำให้เซลล์มีพลังงานน้อย เนื่องจากไมโทคอนเดรียเป็นออแกนเนลที่สำคัญในการสร้างพลังงานภายในเซลล์

2. เมื่อนำไมโทคอนเดรียออกจากเซลล์ทำให้เซลล์ไม่สามารถสร้างพลังงานทำให้เซลล์ขาดพลังงาน

3. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียทำให้เซลล์ไม่มีพลังงานเนื่องจากไมโทคอนเดรียเป็นออแกนเนลที่เก็บพลังงาน

4. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียทำให้ไม่สามารถส่งพลังงานออกมาใช้ในเซลล์ได้ทำให้เซลล์ขาดพลังงาน

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียทำให้เซลล์ขาดพลังงานเนื่องจากไมโทคอนเดรียเป็นตัวเพิ่มพลังงานภายในเซลล์

2. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียทำให้การสร้างพลังงานในเซลล์อาจทำงานผิดปกติ

3. เมื่อขาดไมโทคอนเดรียทำให้เซลล์ไม่สามารถนำพลังงานออกมาใช้ได้ ส่งผลให้พลังสะสมไปเรื่อยๆ ทำให้พลังงานเหล่านั้นเปลี่ยนเป็นไขมันทำให้เกิดการอุดตันในเส้นเลือด

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเดิมที่ถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์โดยนักเรียนมีแนวคิดว่า การสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานส่วนใหญ่เกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย นอกจากนี้คำตอบนักเรียนบางส่วนยังอธิบายเพิ่มเติมอีกว่า นอกจากไมโทคอนเดรียจะเป็นออเกลเนลที่ทำหน้าที่ในการสลายสารอาหารให้เป็นพลังงานแล้ว ไมโทคอนเดรียยังทำหน้าที่สะสมและส่งพลังงานจากการสลายสารอาหารไปใช้ภายนอกเซลล์อีกด้วย

อย่างไรก็ตามแม้คำตอบของนักเรียนจะสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับแต่คำตอบของนักเรียนก็ยังคงไม่สมบูรณ์ ดังเห็นได้ว่าไม่มีคำตอบของนักเรียนคนใดที่แสดงให้เห็นว่าไมโทคอนเดรียเป็นออเกลเนลที่ทำให้การสลายอาหารเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เนื่องจากการสลายสารอาหารอย่างสมบูรณ์นั้นต้องเกิดครบ ทั้งขั้นไกลโคไลซิสในไซโทซอล การสร้างอะเซทิลโคเอ และวัฏจักรเครบส์ที่เกิดขึ้นในของเหลวที่บรรจุอยู่ในไมโทคอนเดรีย รวมทั้งไม่มีคำตอบของนักเรียนคนใดที่แสดงว่า ไมโทคอนเดรียเป็นออเกลเนลที่สามารถสร้างพลังงานจากการสลายสารอาหารในรูปATP ได้สูงสุดเนื่องจากการสร้างพลังงานในรูป ATP จากการสลายสารอาหารส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกิดบนผนังชั้นในของไมโทคอนเดรีย นั่นแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังคงมีแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างการสลายสารอาหารภายในเซลล์กับการหายใจระดับเซลล์ได้ ผู้วิจัยจึงจัดให้อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องบางส่วน โดยพบว่านักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนก่อน

การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มีจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ71.43 และมีนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนคิด12 คนคิดเป็นร้อยละ 28.57

เมื่อนำผลการจัดกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาเปรียบเทียบกันพบว่าหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนลดลง โดยพบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนหลังการจัดการเรียนการสอน 20 คน คิดเป็นร้อยละ47.62 และไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิด แต่พบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องถึง 22 คน คิดเป็นร้อยละ52.38 โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. เมื่อไม่มีไมโทคอนเดรียเซลล์สิ่งมีชีวิตจะผลิตพลังงานได้น้อยมาก เพราะเมื่อเมื่อขาดไมโทคอนเดรียก็จะไม่สามารถดำเนินการหายใจในระดับเซลล์ได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจาก ในขั้น Acetyl COA ขั้นKreb cycle และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนนั้น เกิดในไมโทคอนเดรีย จึงทำให้เกิดได้เฉพาะขั้นGlycolysisจึงทำให้พลังงานที่เซลล์ได้รับจากการสลายสารอาหารน้อยมาก

2. เมื่อเซลล์ขาดไมโทคอนเดรียจะทำให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ โดยจะเกิดเฉพาะขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้น แต่จะไม่เกิดการสลายในขั้นAcetyl COA ขั้นKreb cycle และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำให้พลังงานที่ได้น้อยมาก

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับความสำคัญของ ไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. เมื่อไม่มีไมโทคอนเดรียเซลล์สิ่งมีชีวิตจะผลิตพลังงานได้น้อยมากเนื่องจากเซลล์ไม่สามารถสลายสารอาหารได้อย่างสมบูรณ์

2. การขาดไมโทคอนเดรียทำให้การสลายสารอาหารไม่สมบูรณ์

3. การขาดไมโทคอนเดรียจะทำให้พลังงานน้อยลงเนื่องจากไมโทคอนเดรียทำหน้าที่สร้างพลังงาน เก็บพลังงาน และส่งพลังงานไปใช้ภายในเซลล์

จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นั้น มีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดไปอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเรื่องความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ได้

1.3 การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

ผู้วิจัยใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้สอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

“ชาตรี ชอบรับประทานข้าวมันไก่นักเรียนคิดว่าชาตรีได้รับสารอาหารใดบ้างที่สามารถสร้างพลังงานได้และร่างกายมีกลไกในการเปลี่ยนสารอาหารเหล่านั้นเป็นพลังงานได้อย่างไร”

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เรื่อง การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในกรณีที่คำตอบไม่ชัดเจน สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนได้ดังนี้

ตารางที่ 6 แนวคิดของนักเรียนเรื่อง การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจ ระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสลาย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมันเป็นพลังงานในรูปATPโดยมีออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยา	9	37
	2	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย และไซโทซอลในเซลล์	5	24
	3	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้น ไกลโคไลซิส ขั้นการสร้าง อะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	0	37
	4	การสลายคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เพื่อผลิตพลังงาน จากการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ออกซิเจนมีขั้นตอนที่คล้ายกันแต่ไม่เหมือนกัน	6	30
	5	ขั้นไกลโคไลซิสเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นกรดไพรูวิก	0	27
	6	ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ เป็นการเปลี่ยนจาก ไพรูวิกเป็นอะเซทิลโคเอ	0	27
	7	ขั้นวัฏจักรเครบส์เป็นการเปลี่ยนจากอะเซทิลโคเอเป็นคาร์บอนไดออกไซด์	0	27
	8	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ที่วัฏจักรเครบส์	0	22

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
	9	วัฏจักรเครบส์เกิดขึ้นในสภาวะมีออกซิเจนเท่านั้น	0	19
	10	การถ่ายทอดอิเล็กตรอนเป็นการเปลี่ยนNADH และ $FADH_2$ จากขั้นต่างๆในการหายใจระดับเซลล์เป็นพลังงานในรูปATP	0	26
	11	การถ่ายทอดอิเล็กตรอนมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย	0	18
	12	การสลายคาร์โบไฮเดรตจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเกิดครบทั้ง 4 ขั้น และต้องเริ่มจากกลูโคสเท่านั้น	0	26
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	13	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของคาร์โบไฮเดรตนั้น คาร์โบไฮเดรตต้องอยู่ในรูปกลูโคสเท่านั้น	32	31
	14	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของโปรตีนนั้น โปรตีนต้องอยู่ในรูปกรดอะมิโนเท่านั้น	30	30
	15	การสลายโปรตีนจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนอาจไม่ครบทั้ง 4 ขั้นขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโน	2	19
	16	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของไขมันนั้น ไขมันต้องอยู่ในรูปของกลีเซอรอล และกรดไขมันเท่านั้น	27	28

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	17	กลีเซอรอลที่ได้จากไขมันจะเข้าสู่การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนในขั้น ไกลโคไลซิส	0	19
	18	กรดไขมันก่อนเข้าสู่การหายใจระดับเซลล์จะมีกระบวนการทางเคมีตัดสายคาร์บอนออกทีละ 2 อะตอม และเข้าสู่ขั้นวัฏจักรเครบส์ของการหายใจระดับเซลล์	0	17
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	19	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่ ไมโทคอนเดรียเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงาน	3	0
	20	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่เซลล์หายใจเอาออกซิเจน และสารอาหารเข้าไปและเอาคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียจากการย่อยในไมโทคอนเดรียออกมา	1	0
	21	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่เซลล์เม็ดเลือดสร้างพลังงานจากการดูดซึมสารอาหารและนำพลังงานที่สร้างขนส่งไปยังเซลล์ต่างๆ	10	0
	22	โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน จะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และเกิดการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนได้โดยตรง	8	0
	23	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสร้างพลังงานจากเซลล์ของ กระเพาะ และลำไส้ เพื่อนำไปยังเซลล์ต่างๆโดยระบบหมุนเวียนเลือดพร้อมกับสารอาหารที่ผ่านการย่อยแล้ว	9	4

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
	24	การเข้าสู่การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของไขมัน ไขมันต้องเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเสียก่อน	1	1
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	25	ทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน มีขั้นตอนในการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเหมือนกัน	0	2
	26	คาร์โบไฮเดรตเท่านั้นที่เกิดการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน	3	2
	27	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการย่อยเชิงเคมีที่เกิดในอวัยวะของระบบทางเดินอาหารที่มีออกซิเจนเป็นตัวร่วมในการเกิดปฏิกิริยา	7	3

จากตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ พบว่าคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของผู้เชี่ยวชาญได้แก่ คำตอบในลำดับที่ 1-18 และ คำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนของผู้เชี่ยวชาญได้แก่ คำตอบในลำดับที่ 19-27 ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง นักเรียนตอบคำถามในลำดับที่ 1-18 ครบทั้ง 18 ข้อ และไม่มีคำตอบลำดับที่ 19-27

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง นักเรียนตอบคำถามในลำดับที่ 1-18 ไม่ครบทุกข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 19-27

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 19-27

4. นักเรียนไม่มีแนวคิด หมายถึง นักเรียนไม่แสดงคำตอบใดๆ

จากเกณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้

ตารางที่ 7 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (คน)	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดถูกต้อง	0	16
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	5	17
แนวคิดคลาดเคลื่อน	37	9
ไม่มีแนวคิด	0	0

จากข้อมูลในตารางที่ 7 ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 88.10 นักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนจำนวน 5 คนคิดเป็นร้อยละ 11.90 ไม่พบคำตอบนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องและไม่มีแนวคิด จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน อธิบายได้ว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการสลายสารอาหาร โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า เซลล์ของสิ่งมีชีวิตนำโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันไปสลายเพื่อสร้างพลังงานภายในเซลล์ และยังสามารถบอกได้อีกว่า การนำโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันไปผลิตพลังงานนั้นต้องทำการเปลี่ยนรูป โปรตีนเป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรตเป็นกลูโคส และไขมันเป็นกรดไขมัน กับ กลีเซอรอลเสียก่อน เซลล์จึงสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานได้

แต่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่า เซลล์นำเอากรดอะมิโน กลูโคส กรดไขมัน และ กลีเซอรอล ไปผลิตพลังงานได้อย่างไร โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. จากการรับประทานข้าวมันไก่พบว่าสารอาหารที่สร้างพลังงานได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานคือ โปรตีนหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรตหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และไขมันหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วจึงดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆเพื่อไปสังเคราะห์พลังงานในกระบวนการหายใจระดับเซลล์

2. สารอาหารที่ได้รับจากการรับประทานข้าวมันไก่ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ต้องถูกสลายกลายเป็นกรดอะมิโน กลูโคส กลีเซอรอล และกรดไขมันเสียก่อนแล้วจึงถูกลำเลียงเข้าสู่เลือดและไปยังเซลล์ต่างๆเพื่อผลิตพลังงานนรูปแบบของATP

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารอาหารที่ชาตรีได้รับคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน หลังจากนั้นสารอาหารเหล่านี้จะถูกสลายให้มีขนาดเล็กที่เรียกว่ากรดอะมิโน กลูโคส กลีเซอรอลและกรดไขมันเพื่อนำไปใช้ในการสร้างพลังงานจากการดูดซึมเข้าสูกระแสเลือด

2. สารอาหารที่ชาตรีได้รับคือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งเซลล์นำสารอาหารเหล่านี้ไปใช้เป็นพลังงานภายในเซลล์

3. จากการรับประทานข้าวมันไก่พบว่าสารอาหารที่สร้างพลังงานได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน สารอาหารเหล่านี้จะถูกดูดซึมโดยเซลล์เพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงาน

4. จากการรับประทานข้าวมันไก่พบว่าสารอาหารที่สร้างพลังงานได้แก่ โปรตีน และไขมัน โดยโปรตีนจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนเพื่อนำไปสร้างพลังงาน ส่วนไขมันจะเปลี่ยนเป็นกรดไขมันและกลีเซอรอลเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

คำตอบของนักเรียนที่อธิบายแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนจึงเป็นคำตอบที่นักเรียนคาดเดาโดยอาศัยแนวคิดเดิมของนักเรียนแต่ละคน ทำให้คำตอบส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งแตกต่างจากหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ พบว่าคำตอบส่วนใหญ่ของนักเรียนอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง และแนวคิดถูกต้องบางส่วน ส่วนน้อยที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่พบนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด นั่นคือนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนนั้นเป็นการเปลี่ยนสารอาหารโดยผ่านขั้นตอน 4 ขั้น คือ ไกลโคไลซิส การสร้างอะซิทิลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอนโดยจะได้ พลังงานในรูป ATP นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถอธิบายกระบวนการต่างๆ แต่ละขั้นของการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์ได้โดยมีตัวอย่างคำตอบนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

สารอาหารที่ให้พลังงานในข้าวมันไก่คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตโดยมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานที่เรียกว่าการหายใจระดับเซลล์ โดยสารอาหารแต่ละชนิดจะมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานต่างกันคือคาร์โบไฮเดรตเมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้คือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยมีขั้นตอนในการสลายสารอาหารเพื่อผลิตเป็นพลังงาน 4 ขั้นตอนคือ ไกลโคไลซิส อะเซทิลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอนซึ่งจะได้ พลังงานออกมาในรูปสารพลังงานสูงที่เรียกว่า ATPการสลายโปรตีนเพื่อผลิตพลังงานนั้นเมื่อโปรตีนสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วผลิตภัณฑ์สุดท้ายของโปรตีนคือ กรดอะมิโน โดยมีขั้นตอน การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์เช่นเดียวกันแต่ขั้นการเริ่มการสลายสารอาหารเพื่อผลิตต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโน การสลายไขมันเพื่อผลิตพลังงานนั้นเมื่อไขมันสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วผลิตภัณฑ์สุดท้ายของไขมันคือกรดไขมันและกลีเซอรอล โดยกลีเซอรอลจะเข้าสู่กระบวนการสร้าง

พลังงานในขั้นไกลโคไลซิส ส่วนกรดไขมันจะมีปฏิกิริยาในการกำจัดจำนวนคาร์บอนครั้งละ 2 อะตอมเพื่อเข้าสู่ วัฏจักรเครบส์

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับสลายสารสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารอาหารที่ให้พลังงานในข้าวมันไก่คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วจะได้ กรดอะมิโน น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดไขมัน และกลีเซอรอล โดยสารเหล่านี้จะเข้าสู่เซลล์เพื่อผลิตเป็นพลังงาน

2. สารอาหารที่ให้พลังงานในข้าวมันไก่คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตโดยมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานที่เรียกว่าการหายใจระดับเซลล์ โดยมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานต่างกันคือคาร์โบไฮเดรตเมื่อสิ้นสุดกระบวนการย่อยแล้วผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้คือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยมีขั้นตอนในการสลายสารอาหารเพื่อผลิตเป็นพลังงาน 4 ขั้นตอนคือ ไกลโคไลซิส อะเซทิลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. จากการรับประทานข้าวมันไก่พบว่าสารอาหารที่สร้างพลังงานได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยมีการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานคือ โปรตีนหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน คาร์โบไฮเดรตหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ไขมันหลังผ่านกระบวนการย่อยจะเปลี่ยนเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน แล้วนำสารเหล่านี้ไปใช้ในฐานะพลังงานของเซลล์

2. โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน สารอาหารเหล่านี้จะถูกดูดซึมโดยเซลล์เพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงาน

จากการจัดกลุ่มแนวคิดในตารางที่7 จะเห็นได้ว่าหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นักเรียนมี แนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนนี้อยู่ในกลุ่มในกลุ่ม แนวคิดถูกต้อง และแนวคิดถูกต้องบางส่วนใกล้เคียงกันมาก อาจจะเป็นเพราะว่า แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ประกอบด้วยแนวคิดย่อยหลายแนวคิด บางแนวคิดต้องอาศัยความจำประกอบกับความเข้าใจ ทำให้นักเรียนเขียนคำตอบไม่ครบถ้วนโดยอาจลืมกล่าวถึงในแนวคิดย่อยบางแนวคิด เช่น ไม่กล่าวถึงออกซิเจนในฐานะตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย หรือ เป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดวัฏจักรเครบส์ ทั้งๆที่เมื่อนำนักเรียนมาสัมภาษณ์นักเรียนสามารถตอบได้ว่าออกซิเจนมีความสำคัญต่อการหายใจระดับเซลล์อย่างไร ในส่วนของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนนั้น จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่า คำตอบที่นักเรียนตอบนั้นส่วนใหญ่สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ แต่อาจมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน เช่นนักเรียนตอบว่า การเปลี่ยนไขมัน และโปรตีน เป็นพลังงานนั้นต้องเปลี่ยนไขมันเป็นกรดไขมันกับ กลีเซอรอล และเปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดอะมิโนก่อน หลังจากนั้น กรดไขมัน กลีเซอรอล และกรดอะมิโน จะเปลี่ยนเป็นกลูโคส เพื่อเข้าสู่กระบวนการหายใจระดับเซลล์ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น คือ ไกลโคไลซิส การสร้างอะเซทิลโคเอ วัฏจักรเครบส์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

จากผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แสดงให้เห็นว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดเรื่อง การสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญเพิ่มขึ้น นั่นคือการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์

1.4 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

ผู้วิจัยใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้สอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

“นักชีวเคมีชาวอเมริกันสามารถผลิตสารA ซึ่งมีสมบัติในการยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในเซลล์ สมมุติให้นักเรียนเป็นนักชีวเคมีที่ต้องการตรวจสอบว่าสารนี้สามารถยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้จริงหรือไม่นักเรียนจะตรวจสอบสารนี้อย่างไร และจะบอกอย่างไรว่าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้จริง”

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดแนวคิด และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานจากการสลายสารอาหารในรูปของ ATP	23	32
	2	สารพลังงานสูงในรูปของATPจากการหายใจโดยใช้ออกซิเจน เกิดขึ้น 36-38 โมเลกุลต่อการหายใจระดับเซลล์ ของกลูโคส 1 โมเลกุล	0	29
	3	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหาร	1	26
	4	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนในขั้นไกลโคไลซิส การสร้างอะเซทิลโคเอ และวัฏจักรเครบส์ เกิด $NADH+H^+$ และเปลี่ยนเป็นATP 3 โมเลกุลต่อ $NADH+H^+$ 1 โมเลกุลในขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	0	23
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ	5	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนในขั้นวัฏจักร เครบส์ เกิด $FADH_2$ และเปลี่ยนเป็นATP 2 โมเลกุลต่อ $FADH_2$ 1 โมเลกุลในขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	0	23
	6	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกดซิเจนทำให้เกิดพลังงานความร้อนภายในเซลล์	4	1
	7	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่ควบคุมพฤติกรรมของสัตว์	6	1
	8	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการผลิตพลังงาน	2	1
	9	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถอดอาหารได้	3	0

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ	10	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดการสร้างสารที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานและปลดปล่อยพลังงานจากการสลายสารอาหารที่ไม่ใช่ATP	6	0
	11	การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดสารที่ควบคุมสมดุลของเซลล์	2	0
ยอมรับ	12	ไม่แสดงแนวคิดจากคำถาม	5	0

จากข้อมูลในตารางที่ 8 และการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน พบว่าคำตอบของนักเรียนลำดับที่ 1-4 สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ ส่วนคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญได้แก่คำตอบลำดับที่ 5-11 ผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่อง ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง นักเรียนตอบคำถามในลำดับที่ 1-4ครบทั้ง4 ข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 5-11

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง นักเรียนตอบคำถามในลำดับที่ 1-4ไม่ครบทุกข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 5-11

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่5-11

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง นักเรียนไม่แสดงคำตอบใดๆ

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มแนวคิดจากคำตอบของนักเรียนเรื่องผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ได้ดังนี้

ตารางที่ 9 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	**จำนวนนักเรียน (คน)**	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	**หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**
แนวคิดถูกต้อง	0	30
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	16	9
แนวคิดคลาดเคลื่อน	21	3
ไม่มีแนวคิด	5	0

จากการจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน พบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน 16 คน คิดเป็น ร้อยละ 38.10 และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่1 นำสาร A ฉีดให้กับสิ่งมีชีวิต กลุ่มที่2 ไม่ฉีดสารAในเซลล์ ถ้าสารA เป็นตัวยับยั้ง การสร้างATPทำให้หนูทดลองมีพลังงานน้อยลง หนูอ่อนแอลง

2. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยทดลองใส่สารAในสัตว์ สังเกตผลที่เกิดขึ้นถ้าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างATPได้จริงจะ

ทำให้ไมโทคอนเดรียไม่สามารถผลิตATPได้ ร่างกายจึงไม่มีพลังงานที่จะใช้ในการดำเนินชีวิตทำให้สัตว์อ่อนแอลง

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สาร A สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยนำสาร A ฉีดเข้าไปในหนูทดลองแล้วให้อาหารตามปกติจากนั้นระหว่างที่ร่างกายนำสารอาหารเปลี่ยนเป็น ATP นั้น สารA ก็จะมายับยั้ง ATP ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำพลังงานไปใช้ได้ ทำให้ร่างกายของหนูอ่อนแอลงอย่างเห็นได้ชัด

2. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สาร A สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยดูว่าถ้าพลังงานที่สร้างออกมาได้สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์คือพลังงานไม่ถูกนำมาใช้ก็สามารถบอกได้ว่าสารA ก็จะมายับยั้ง ATP การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สาร A สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่1 นำสาร A ฉีดให้กับสิ่งมีชีวิต กลุ่มที่ 2 ไม่ฉีดสาร A ในเซลล์ ถ้าสาร A เป็นตัวยับยั้ง การสร้าง ATP ทำให้หนูทดลองมีพลังงานน้อยลง หนูอ่อนแอลง

3. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยนำเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมาบดแล้วหยดสารAลงไปถ้า ATP หายไปแสดงว่าสารAเป็นสารยับยั้งการสร้าง ATP

4. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดย ทดลองใส่สาร A ในสัตว์และและสังเกตผลที่เกิดขึ้นถ้าสาร A สามารถยับยั้งกระบวนการสร้าง ATPได้จริงจะทำให้ร่างกายไม่สามารถอดอาหารได้ เพราะร่างกายไม่มีที่เก็บพลังงานไว้ใช้และไม่สามารถทำงานได้

จากคำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้อธิบายได้ว่าการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนจะเกิดพลังงานในรูปสารพลังงานสูงที่เรียกว่า ATP แต่ไม่สามารถบอกได้ว่า ATP ถูกสร้างขึ้นได้อย่างไร และการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเกิดผลผลิตอะไรบ้าง อย่างไรก็ตามนักเรียนบางส่วนพยายาม

ยกตัวอย่าง และอธิบายผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน เช่น สร้างสารที่ทำหน้าที่ควบคุมการปล่อยพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ หรือสร้างสารที่ทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมของสัตว์ จะเห็นได้ว่าคำอธิบายของนักเรียนมาจากแนวคิดเดิมที่มีอยู่ทำให้ผู้วิจัยจัดคำตอบของนักเรียนให้อยู่ในแนวคิดที่คลาดเคลื่อน มีนักเรียนบางส่วนอธิบายว่า นอกจากพลังงานแล้วการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์ยังทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ทำให้ผู้วิจัยจัดคำตอบของนักเรียนให้อยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน

หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง มีนักเรียนเพียงบางส่วนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน และมีส่วนน้อยที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่พบนักเรียนไม่มีแนวคิด โดยนักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการสร้างพลังงานในรูปATPจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และระบุผลผลิตที่เกิดขึ้นจากการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนได้สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับโดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ในการพิสูจน์ว่าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้หรือไม่นั้นทำได้โดยฉีดสารAเข้าสู่เซลล์สิ่งมีชีวิต หลังจากนั้นพิจารณาดูว่าถ้าสารAสามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้จริงจะเกิดการสะสมของ $NADH+H^+$ และ$FADH_2$ เนื่องจากสารเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็น ATP ในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำให้ATPที่เกิดขึ้นในเซลล์จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์นั้นจะเกิดเฉพาะไกลโคไลซิสและวัฏจักรเครบส์เท่านั้น

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ในการพิสูจน์ว่าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้หรือไม่นั้นสาร A ยับยั้งการสร้างATPในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

2. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยการพิจารณาว่า ถ้าสารAสามารถยับยั้งได้จริงจะทำให้ไม่สามารถสลายสารอาหารให้เป็นพลังงานได้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. การตรวจสอบเพื่อพิสูจน์ว่า สารA สามารถยับยั้งการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทำได้โดยทดลองใส่สารAในสัตว์และสังเกตผลที่เกิดขึ้นถ้าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการสร้างATPได้จริงก็จะมีการสลายสารอาหารมากขึ้นแต่ถ้าไม่สามารถยับยั้งได้การสลายสารอาหารจะดำเนินไปตามปกติ

2. ในการพิสูจน์ว่าสารAสามารถยับยั้งกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนได้หรือไม่นั้นสารAต้องเป็นเอนไซม์

จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนได้

ส่วนที่ 2 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

2.1 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

ผู้วิจัยสอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์โดยใช้แนวคำถามดังนี้

“บุญดีนำกระเจี๊ยบมาล้างจนสะอาดนำไปต้มในน้ำเชื่อมจนเดือด ปล่อยให้เย็นเทลงในโถที่มีฝาปิด เติมผงยีสต์ลงไป 50 กรัม ปิดฝาให้สนิททิ้งไว้ 15 วัน เมื่อครบ15วันแล้วเมื่อเปิดฝาพบว่าเกิดสารที่มีกลิ่นเกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าสารมีกลิ่นนั้นคืออะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร และนอกจากกลิ่นแล้วน่าจะมีอะไรเกิดขึ้นอีกบ้าง”

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนและสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลในกรณีที่คำตอบของนักเรียนไม่ชัดเจน สามารถสรุปแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ได้ดังนี้

ตารางที่ 10 แนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือออกซิเจนมีน้อยกว่าความต้องการ	0	36
	2	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน	5	36
	3	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์.เกิดเอทิลเอลกอฮอล์จึงเรียกว่าการหมัก	5	39
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	4	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ เป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารอาหารกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตโดยไม่มีออกซิเจนเข้าร่วมปฏิกิริยา	28	0
	5	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นกระบวนที่เซลล์ขับของเสียออกจากเซลล์	3	0
	6	เอทิลแอลกอฮอล์เป็นสารที่เกิดจากจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงาน	0	3
	7	การหมักเป็นการเกิดของเสียที่เกิดจากการทับถมของยีสต์ที่เสียชีวิต	4	0
	8	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เกิดขึ้นเมื่อมีแอลกอฮอล์เป็นตัวเร่ง	3	0
	9	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรดเท่านั้น	5	0
ไม่มีแนวคิด	10.	นักเรียนไม่ตอบคำถาม	2	0

จากตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์พบว่าคำตอบของนักเรียนลำดับที่ 1, 2 และ3 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนคำตอบในลำดับที่ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 เป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิด ของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบใน ลำดับที่ 1-3 ครบทั้ง 3 ข้อ และไม่มีคำตอบในลำดับ 4-9

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-3ไม่ครบทุกข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 4-9

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 4-9

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง นักเรียนไม่แสดงคำตอบใดๆ

จากเกณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	จำนวนนักเรียน (คน)	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดถูกต้อง	0	30
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	5	9
แนวคิดคลาดเคลื่อน	36	3
ไม่มีแนวคิด	2	0

ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน 5 คน คิดเป็นร้อยละ11.90 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 85.71 และไม่มีแนวคิด 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.76โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารที่มีกลิ่นนั้นคล้ายกลิ่นที่ได้จากเหล้า แป้งข้าวหมาก หรือไวน์เกิดจากกระบวนการหมักระหว่าง ยีสต์ น้ำเชื่อม และกระเจี๊ยบ

2. สารมีกลิ่นน่าจะเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดจากการที่ยีสต์สร้างพลังงานโดยการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เกิดแอลกอฮอล์เกิดขึ้น และน่าจะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน

3. สารมีกลิ่นน่าจะเป็นแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดจากการที่ยีสต์สร้างพลังงานโดยการหายใจระดับเซลล์ของยีสต์ โดยยีสต์จะย่อยสลายสารตั้งต้นเพื่อสร้างพลังงานโดยได้น้ำและแอลกอฮอล์ออกมา

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารมีกลิ่นคือแอลกอฮอล์เกิดจากยีสต์ทำปฏิกิริยากับกระเจี๊ยบที่ต้มในน้ำเชื่อม และเกิดการตกตะกอน หรือ มีฟองแก๊สปล่อยออกมา

2. สารมีกลิ่นนั้นเป็นกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการขาดออกซิเจนของสารที่เป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างยีสต์กับกระเจี๊ยบ และเกิดฟองอากาศเกิดขึ้น

3. สารที่มีกลิ่นนั้นเกิดจากการที่ยีสต์ขับของเสียออกมา และเนื่องจากอยู่ในสภาวะปิดทำให้มีกลิ่นเหม็น นอกจากนี้น่าจะมีฟองเกิดขึ้น และสีของน้ำเชื่อมเปลี่ยนไป

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเห็นได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับ การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ว่า เป็นกระบวนการที่ผลิตแอลกอฮอล์ ที่เรียกว่ากระบวนการหมักเท่านั้น แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมยีสต์ต้องเกิดกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน และไม่สามารถอธิบายได้ว่าแอลกอฮอล์เกิดขึ้นได้อย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่บอกว่าแอลกอฮอล์เกิดจากการทำปฏิกิริยาของเซลล์กับสารอาหาร หรือเกิดจากสลายตัวของยีสต์ที่ทับถมกันในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน คำตอบเหล่านี้จะแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง 30 คน คิดเป็นร้อยละ 71.42 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน 9 คนคิดเป็นร้อยละ 21.42 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.14 โดยมีตัวอย่างคำตอบดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

สารที่มีกลิ่นนั้นคือ เอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตพลังงานของยีสต์โดยไม่ใช้ออกซิเจนที่เรียกว่าการหายใจระดับเซลล์ จะมีการเปลี่ยนกลูโคสให้กลายเป็นกรดไพรูวิกด้วยกระบวนการไกลโคไลซิส เมื่อได้กรดไพรูวิกก็จะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์จึงเรียกกระบวนการนี้ว่าการหมัก จะมีการสร้างพลังงานเกิดขึ้น 2 ATP ซึ่งยีสต์จะนำพลังงานนี้ไปใช้ในการดำรงชีวิต

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารที่มีกลิ่นนั้นคือ เอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเกิดจากกระบวนการหมัก

2. สารที่มีกลิ่นนั้นคือ เอทิลแอลกอฮอล์เกิดจากการสลายน้ำตาลของยีสต์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารมีกลิ่นนั้นเป็นกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการขาดออกซิเจน ของสารที่เป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างยีสต์กับกระเจี๊ยบ และเกิดฟองอากาศเกิดขึ้น

2. สารที่มีกลิ่นนั้นคือ เอทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของยีสต์

นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นกระบวนการที่ยีสต์สลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ผลผลิตที่ได้จากการหายใจระดับเซลล์ของยีสต์จะทำให้เกิดแอลกอฮอล์ขึ้น จึงเรียกการหายใจระดับเซลล์ของยีสต์ว่ากระบวนการหมัก

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้สามารถทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงแนวคิดไปในทิศทางที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ของผู้เชี่ยวชาญมากขึ้น

2.2 การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

ในการวัดแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เพื่อจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนนั้น ผู้วิจัยสอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนโดยใช้แนวคำถามดังนี้

“จากคำถามข้างต้นถ้าบุญดีนำของเหลวที่ได้ไปใช้ทดสอบกับสารละลายเบเนดิกซ์ซึ่งเป็นสารที่ใช้ทดสอบน้ำตาลทุกๆ3วันตั้งแต่เริ่มใส่กระเจี๊ยบลงไปในน้ำเชื่อมจนกระทั่งผ่านไป 15 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่แสดงปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้นในวันต่างๆ

วันที่	ปริมาณตะกอน
0	++++++++++++
3	++++++++++
5	++++++
7	++++
9	+++
12	++

กำหนดให้ + แทน ปริมาณตะกอนที่เกิดขึ้น

จากตารางบันทึกผลการทดลองข้างต้นนักเรียนคิดว่าถ้าบุญดีทำการทดลองต่อถึงวันที่15ผลการทดลองจะเป็นเช่นไรและเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”

เมื่อวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนและการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์จะเกิดเฉพาะขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้น	0	33
	2	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหารไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ	4	38
	3	ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์คือเอทิลแอลกอฮอล์ กับคาร์บอนไดออกไซด์	8	42
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	4	เอทิลแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนเป็นสารที่เซลล์ผลิตขึ้นมาสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานแทนการใช้ออกซิเจน	1	0
	5	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างสารอาหารและแอลกอฮอล์โดยไม่มีออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	15	0

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน) หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	6	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์จะถูกยับยั้งโดยปริมาณของแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้น	1	0
	7	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์จะเกิดขึ้นในสภาวะที่เป็นกรด	2	0
ไม่มีแนวคิด	8	การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนขึ้นอยู่กับปริมาณของยีสต์	2	0
	9	เบเนดิกซ์ที่ใช้ในการตรวจสอบน้ำตาลไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ได้	8	0
	10	.อัตราการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ไม่คงที่	6	0
	11	ยีสต์นำสารอาหารไปหล่อเลี้ยงเซลล์	4	0

จากการวิเคราะห์ แนวคิดของนักเรียนเรื่องสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์พบว่าคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ ได้แก่คำตอบในลำดับ 1-3 และคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดผู้เชี่ยวชาญยอมรับ ได้แก่คำตอบในลำดับที่ 4-7 และ คำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ได้แก่คำตอบในลำดับ 8-11ผู้วิจัยจึงได้กำหนด เกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-3 ครบทั้ง 3 ข้อ และไม่มีคำตอบในลำดับที่ 4-7

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-3 ไม่ครบทุกข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 4-7

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 4-7

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 8-11 และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 1-7

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ข้างต้นผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	**จำนวนนักเรียน (คน)**	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	**หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**
แนวคิดถูกต้อง	0	33
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	8	9
แนวคิดคลาดเคลื่อน	17	0
ไม่มีแนวคิด	17	0

จากข้อมูลในตารางที่13 พบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ แนวคิดของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อน หรือไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ โดยพบนักเรียนที่มีแนวคิดในสองกลุ่มนี้

จำนวนเท่ากันคือ 17 คน คิดเป็นร้อยละ40.47 และไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดที่ถูกต้องโดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ปริมาณของตะกอนที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับสารละลาย เบเนดิกซ์ลดลงเนื่องจากยีสต์เป็นตัวสลายน้ำตาลเพื่อไปสร้างพลังงานให้ตัวมันเองเวลาผ่านไปนานน้ำตาลน่าจะถูกใช้ไปสูง

2. ตะกอนลดลง เนื่องจากยีสต์นำน้ำตาลไปใช้ในการหายใจระดับเซลล์ ปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับสารละลายเบเนดิกซ์จึงมีน้อย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ตะกอนน่าจะลดลงเนื่องจากการหมักใช้เวลานานผลิตภัณฑ์เหลือน้อยปฏิกิริยาจึงเกิดได้ยาก

2. ตะกอนลดลงเนื่องจากยีสต์จะไปย่อยกระเจี๊ยบทำให้กระเจี๊ยบละลายในน้ำเชื่อมจึงเป็นตัวกั้นไม่ให้สารละลายเบเนดิกซ์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาล

3. ปริมาณของตะกอนลดลงเนื่องจากเบเนดิกซ์เป็นตัวสลายตะกอนให้ลดลง

4. ลดลงเนื่องจากเบเนดิกซ์เป็นตัวสลายน้ำตาลให้ลดลง

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ในช่วงแรกตะกอนมีมากแล้วเมื่อเวลาผ่านไปตะกอนจึงน่าจะน้อยลง

2. ตะกอนลดลงเพราะยีสต์นำน้ำตาลไปเลี้ยงเซลล์

จากผลการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ พบว่าแตกต่างจากหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ไม่พบนักเรียนที่มีคำตอบในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิด แต่พบว่านักเรียน 33 คนมีแนวคิดถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 78.57 ซึ่งกล่าวได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่เกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับ การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ปริมาณตะกอนลดลงเรื่อยๆเนื่องจากยีสต์นำน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานโดยการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้นทำให้การสลายสารอาหารไม่สมบูรณ์

2. ตะกอนลดลงเนื่องจากน้ำตาลถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์จากการสลายอาหารจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่ไม่มีออกซิเจน และเป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีแอลกอฮอล์เกิดขึ้น

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ปริมาณตะกอนลดลงเนื่องจากยีสต์นำน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหมัก

2. ปริมาณตะกอนลดลงเรื่อยๆเพราะยีสต์นำน้ำตาลไปสร้างพลังงานในรูปATP

3. ปริมาณตะกอนลดลงเรื่อยๆเนื่องจากยีสต์นำน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานโดยการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจน

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนรายบุคคลสามารถสรุปความเข้าใจของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ว่า เป็นกระบวนการสลายสารอาหารที่นำเอาแอลกอฮอลล์มาร่วมในการเกิดปฏิกิริยาทดแทนออกซิเจนอันเนื่องจากสภาวะที่ออกซิเจนมีน้อยหรือไม่มีออกซิเจน ซึ่งแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความกับผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนรายบุคคลหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์ได้ว่า การสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ เป็นกระบวนการที่เกิดจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ โดยการสลายน้ำตาลเป็นพลังงานในรูปของATP ซึ่งจะเกิดเพียงขั้นไกลโคไลซิส ทำให้การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือ แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแนวคิดเหล่านี้สอดคล้องกับแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นักเรียนมีแนวคิดส่วนใหญ่เรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้องจึงสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้สามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ได้

2.3 การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

ผู้วิจัยใช้แนวคำถามดังนี้สอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

“จากการทดลองข้างต้น ถ้าบุญดีทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนจากสารละลายเบเนดิกต์เป็นสารC ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำปฏิกิริยากับสารพลังงานสูงแล้วเกิดตะกอนสีน้ำเงิน นักเรียนคิดว่าผลการทดลองน่าจะเป็นเช่นไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ สามารถสรุปแนวคิดของนักเรียนได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แนวคิดของนักเรียนเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	พลังงานที่ได้จากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์อยู่ในรูปสารพลังงานสูงที่เรียกว่าATP	8	32
	2	การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ เกิดขึ้นในขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้น	0	35
	3	ในกรณีที่เซลล์ได้รับสารอาหารเท่ากันการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ สร้างพลังงานในรูปATPได้น้อยกว่าการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน	0	37
	4	การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์สร้างพลังงานในรูปATPได้รวดเร็วกว่าการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน	0	37

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	5	เอทิลแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ เป็นสารที่เซลล์ผลิตขึ้นมาสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานแทนการใช้ออกซิเจน	8	0
	6	ปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเบสของบริเวณที่เซลล์อยู่	4	0
	7	พลังงานที่ได้จากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ จะลดลงเรื่อยๆเนื่องจากออกซิเจนที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาลดลง	4	0
	8	แอลกอฮอล์เป็นสารพลังงานสูงที่ได้จากการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์	8	0
ไม่มีแนวคิด	9	การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณของยีสต์	5	0
	10	.เมื่อเวลาผ่านไปพลังงานที่เกิดขึ้นจากการสลายสารอาหารเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ	8	0
	11	สารCทำให้เกิดตะกอนได้ดีกว่าเบเนดิกซ์	1	0

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 14 มาเปรียบเทียบกับแนวคิดเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ตามที่ได้ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า คำตอบในลำดับที่ 1-4 เป็นคำตอบที่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ และคำตอบในลำดับที่ 5-8 เป็นคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ และคำตอบในลำดับที่ 9-11 เป็นคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่อง

การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-4 ครบทั้ง 4 ข้อ โดยไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 5-8

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-4 ไม่ครบทุกข้อ และไม่มีคำตอบอยู่ในลำดับที่ 5-8

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 5-8

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 9-11และไม่มีคำตอบอยู่ในลำดับที่ 1-8

จากเกณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน มาจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้

ตารางที่ 15 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	**จำนวนนักเรียน (คน)**	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	**หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**
แนวคิดถูกต้อง	0	33
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	8	9
แนวคิดคลาดเคลื่อน	21	0
ไม่มีแนวคิด	13	0

จากตารางที่ 15 แสดงเห็นได้ว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีแนวคิดเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์อยู่ในกลุ่มแนวคิดเพียง 3 กลุ่มคือ แนวคิดถูกต้องบางส่วนจำนวน 8 คนคิดเป็นร้อยละ 19.04 แนวคิดคลาดเคลื่อน มีจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และไม่มีแนวคิดมีจำนวน 13 คนคิดเป็นร้อยละ 30.95 และไม่พบคำตอบของนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง นักเรียนเข้าใจว่า การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานโดยพลังงานที่ได้นั้นจะเก็บอยู่ในรูปของแอลกอฮอล์ และแอลกอฮอล์จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์อยู่ในสภาวะที่เป็นกรด โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการที่ยีสต์หายใจทำให้เกิดพลังงานในรูป ATP ขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณATPเพิ่มขึ้นทำให้ตะกอนเพิ่มขึ้น

2. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการที่ยีสต์นำน้ำตาลไปใช้สร้างพลังงานทำให้เมื่อเวลาผ่านไปสารพลังงานสูงเพิ่มขึ้นทำให้ตะกอนเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพราะว่าสารที่มีพลังงานสูงจะเป็นเบสและจะขึ้นอยู่กับการเป็นกรดเบสของสาร

2. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณฟองและความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น

3. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพราะสารพลังงานสูงจะเข้ามาเร่งการเกิดตะกอน

4. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากการที่กระเจี๊ยบนำน้ำตาลไปใช้สร้างพลังงานทำให้เมื่อเวลาผ่านไปสารพลังงานสูงเพิ่มขึ้นทำให้ตะกอนเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ตะกอนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเพราะพลังงานเพิ่มขึ้น

2. ตะกอนลดลงเนื่องจากเวลาผ่านไปยีสต์มีปริมาณลดลงสารCทำปฏิกิริยากับ ยีสต์ลดลง

3. เกิดตะกอนได้ดีกว่าเบเนดิกซ์

จากผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ เป็นเพียงผลพลอยได้ที่เกิดจากการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์ โดยพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารอยู่ในรูปของสารพลังงานสูงที่เรียกว่า ATP ซึ่งเกิดจากการที่น้ำตาลกลูโคส สลายเป็นพลังงานในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนของยีสต์ ซึ่งพลังงานที่ได้จากกระบวนการนี้เกิดเพียง 2 ATP ซึ่งต่างจากการหายใจระดับเซลล์ที่ สามารถผลิตพลังงานได้ถึง 36-38 ATP แต่ข้อดีของการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์คือจะผลิตพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีกระบวนการสลายสารอาหารเพียงขั้นเดียวคือ ขั้นไกลโคไลซิส

จากคำตอบเหล่านี้ของนักเรียนนี่เองทำให้สามารถจัดกลุ่มแนวคิดเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ได้เพียง 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่แนวคิดถูกต้อง และแนวคิดคลาดเคลื่อนซึ่งมีจำนวนคำตอบของนักเรียน 33 คนคิดเป็นร้อยละ78.57 และ 9 คนคิดเป็นร้อยละ21.43 ตามลำดับ โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากยีสต์นำน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการสร้างพลังงานโดยกระบวนการหายใจระดับเซลล์ทำให้ได้พลังงานในรูปATPซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปATPก็จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสารCทำให้ตะกอนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. ยีสต์เปลี่ยนกลูโคสเป็นพลังงานโดยกระบวนการหมักเมื่อเวลาผ่านไปพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสารCทำให้ตะกอนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย

2. ยีสต์เปลี่ยนกลูโคสเป็นพลังงานเมื่อเวลาผ่านไปพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับสาร C ทำให้ตะกอนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

จากผลที่เกิดขึ้นแสดงว่านักเรียนกลุ่มนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดไปอยู่ในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ อาจจะกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์

2.4 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ

ผู้วิจัยใช้แนวคำถามดังนี้สอบถามและสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ

“สมพงศ์เป็นนักวิ่ง ทุกๆวันสมพงศ์ต้องซ้อมอย่างหนัก จนกระทั่งวันหนึ่งสมพงศ์ต้องการทำลายสถิติจึงฝืนวิ่งหนักกว่าวัน ที่ผ่านมา ทำให้สมพงศ์เกิดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อขึ้น จึงรีบไปพบแพทย์ โดยแพทย์อธิบายว่าอาการที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการที่นายสมพงศ์หักโหมในการวิ่ง ทำให้กล้ามเนื้อมีสารAสะสมอยู่มากเกินไปทำให้เกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อ จากคำอธิบายของแพทย์นักเรียนคิดว่าสารAคืออะไร และเกิดขึ้นได้อย่างไร”

จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบสอบถาม และสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลเพิ่มเติม สามารถสรุปคำตอบของนักเรียนได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	1	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเกิดขึ้นในสภาวะที่เซลล์กล้ามเนื้อต้องการพลังงานอย่างรวดเร็ว	4	40
	2	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเป็นการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานในรูปATPโดยไม่มีออกซิเจนเข้าร่วมในกระบวนการ	6	40
	3	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อผลิตพลังงานในรูปของATPได้น้อยกว่าการหายใจโดยใช้ออกซิเจน	0	24
	4	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อผลิตพลังงานในรูปของATPได้เร็วกว่าการหายใจโดยใช้ออกซิเจน	2	25
	5	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหารไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ	0	35
	6	ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อคือกรดแลกติก	6	38
	7	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเกิดเฉพาะขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้น	0	35
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	8	กรดแลกติกที่เกิดขึ้นจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเป็นสารที่สมองผลิตขึ้นมาสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานแทนการใช้ออกซิเจน	3	0
	9	กรดแลกติกเป็นสารพลังงานสูงที่ได้จากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ	2	0

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ความถูกต้องของแนวคิด	ลำดับ	แนวคิดของนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถาม (คน)	
			ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้
แนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ	10	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเกิดจากการถูกกระตุ้นด้วยกรดที่เกิดจากการออกกำลังกาย	3	0
	11	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเป็นการทำปฏิกิริยากันระหว่างแลกติกและสารอาหาร	3	0
	12	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อแลกติกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	3	0
	13	การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อเป็นการลดอัตราการสลายสารอาหารเพื่อสำรองสารอาหารไว้ใช้ในเซลล์	11	0
ไม่มีแนวคิด	14	กรดแลกติกเป็นสารที่ร่างกายผลิตขึ้นเพื่อเสริมความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อ	9	0
	15	กรดแลกติกเป็นสารที่ควบคุมอัตราการหายใจ	3	0
	16	กรดแลกติกเป็นสารที่ทำให้เป็นกรด	1	0

จากข้อมูลในตารางที่ 16 และการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนรายบุคคล พบว่า คำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ ได้แก่คำตอบลำดับที่ 1-7 คำตอบที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญได้แก่ คำตอบลำดับที่ 8-13 และคำตอบในลำดับที่14-16 เป็นคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ ดังนั้นในการจัดกลุ่มของแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกแนวคิดของนักเรียนโดยอาศัยเกณฑ์ดังนี้

1. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-7 ครบทั้ง7 ข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 8-13

2. นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นคำตอบในลำดับที่ 1-7 ไม่ครบทุกข้อ และไม่ตอบคำถามในลำดับที่ 8-13

3. นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่8-13

4. นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนอย่างน้อยหนึ่งคำตอบอยู่ในลำดับที่ 14-16 และไม่ตอบคำถามในลำดับที่1-13

จากเกณฑ์ข้างต้น และจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเป็นรายบุคคลผู้วิจัยได้จัดกลุ่มแนวคิด ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 กลุ่มแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

กลุ่มแนวคิด	**จำนวนนักเรียน (คน)**	
	ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	**หลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้**
แนวคิดถูกต้อง	0	22
แนวคิดถูกต้องบางส่วน	9	20
แนวคิดคลาดเคลื่อน	21	0
ไม่มีแนวคิด	12	0

จากตารางที่ 17 สรุปได้ว่า ก่อนการจัดเรียนการสอนนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน 21 คนคิดเป็นร้อยละ 48.84 และไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มแนวคิดที่ถูกต้อง โดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สาร A คือกรดแลกติกเกิดจากการเผาผลาญอาหารภายในเซลล์

2. สารA คือกรดแลกติกเกิดจากการผลิตพลังงานในเซลล์ที่ขาดออกซิเจน

3. สารA คือกรดแลกติกเกิดจากภาวะที่เซลล์ขาดออกซิเจน

4. สารA คือกรดแลกติกเกิดจากการที่เซลล์หายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารA คือสารทียับยั้งการสร้างพลังงานภายในเซลล์ ทำให้เซลล์เกิดการอิ่มตัว หรือแข็งจนไม่สามารถทำงานได้

2. สารA คือสารช่วยเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อที่หลั่งออกมาโดยการสั่งการของสมอง

3. สารA คือกรดแลกติกเกิดจากการที่พลังงานที่ผลิตออกมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

4. สารA คือกรดแลกติกเกิดจากการหายใจอย่างรุนแรง หายใจถี่ และได้รับออกซิเจนมากเกินไปในการออกกำลังกาย

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารA ที่เกิดขึ้นเป็นสารที่ร่างกายสร้างขึ้นมาเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

2. สารA คือสารที่ควบคุมอัตราการหายใจเมื่อออกกำลัง

3. สารA มีสมบัติเป็นกรดที่เรียกว่า แลกติก

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่ากรดแลกติกเป็นสารที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายแต่ไม่กล่าวถึงการหายใจระดับเซลล์ในเซลล์กล้ามเนื้อเลย ทั้งๆที่กรดแลกติกเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ นักเรียนอธิบายว่ากรดแลกติกเป็นสารที่ร่างกายหลั่งออกมาเพื่อควบคุมกลไกต่างๆภายในร่างกาย เช่น ควบคุมอัตราการหายใจ ควบคุมการสลายสารอาหารเพื่อการสำรองพลังงานไว้ใช้ภายในเซลล์ เป็นต้นซึ่งคำตอบของนักเรียนนี้ไม่สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน หลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น โดยเข้าใจว่าการที่เซลล์กล้ามเนื้อต้องการพลังงานอย่างรวดเร็ว ทำให้เซลล์ปรับตัวให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นโดยไม่ใช้ออกซิเจน ได้พลังงานในรูป ATP เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้การสลายสารอาหารเกิดขึ้นในขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้น จึงจัดเป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้พลังงานที่ได้ในรูปของATPน้อยกว่าการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน และได้กรดแลกติกออกมาเป็นผลพลอยได้ คำตอบของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จึง สามารถจัดกลุ่มของแนวคิดได้เพียง 2 กลุ่มคือ กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องจำนวน 22 คนคิดเป็นร้อยละ 52.38 และ กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 47.62 แสดงว่าคำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับมากขึ้นโดยมีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

สารAคือกรดแลกติก ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ร่างกายต้องการพลังงานอย่างมากและรวดเร็ว แต่ออกซิเจนที่ร่างกายได้รับไม่เพียงพอทำให้เซลล์ไม่สามารถหายใจระดับเซลล์โดยออกซิเจนได้ทันเซลล์จึงผลิตพลังงานด้วยการสลายสารอาหารโดยการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแทนเพื่อผลิตพลังงานใช้ในเซลล์ได้ทันเมื่อเซลล์มีการหายใจระดับเซลล์ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ กรดแลกติกซึ่งถ้าเกิดมากก็จะทำให้เกิดตะคริวได้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

1. สารA คือกรดแลกติก ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ร่างกายต้องการพลังงานอย่างมากและรวดเร็ว แต่ออกซิเจนที่ร่างกายได้รับไม่เพียงพอ

2. สารA คือกรดแลกติก ซึ่งเกิดขึ้นจากการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อได้

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนทั้ง 8 แนวคิดย่อยของแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ พบว่าว่าการจัดการเรียนการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนทั้ง 8 แนวคิดได้ โดยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ผ่านการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะมีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์อยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง และแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน ซึ่งแตกต่างจากก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์อยู่ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด

ตอนที่ 2 เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แบบใดที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

ในการนำเสนอเทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์นั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์จากข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนจำนวน 42 คนในอนุทินประจำสัปดาห์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาตีความ และจัดกลุ่มดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์อนุทินของนักเรียนเกี่ยวกับเทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้	**จำนวนนักเรียน(คน)**
1. การออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง	42
2. การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง	36
3. การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียนการสอน	35
4. การทำงานเป็นกลุ่ม	33
5. การจัดกิจกรรมที่นักเรียนได้มีส่วนร่วม	31
6. การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน	30
7. การได้ถามคำถามอย่างอิสระ	30
8. การได้ค้นคว้าจากสิ่งใหม่ๆเพิ่มเติมจากบทเรียน	28
9. การแลกเปลี่ยนประสบการณ์การค้นคว้าระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และ ครูกับนักเรียน	27
10. การที่ครูใช้คำถามท้าทายการหาคำตอบของนักเรียน	24

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่ามีเทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนคิดว่าช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์อยู่ 10 เทคนิคโดยนักเรียนเห็นว่าเทคนิคที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนได้มากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ การออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง และ การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงได้สัมภาษณ์นักเรียน โดยนำนักเรียนที่เสนอเทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของเรื่องการหายใจระดับเซลล์มาสัมภาษณ์ เพื่อ หาสาเหตุที่ทำให้เทคนิคการจัดการเรียนการสอนเหล่านั้นช่วยให้

นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด ผู้วิจัยได้นำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์และจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนที่มีต่อเทคนิคเหล่านั้นดังนี้

ตารางที่ 19 สาเหตุที่ทำให้การออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด	จำนวนนักเรียน
ได้มีการถกเถียง การแลกเปลี่ยนแนวคิดกันอย่างมีเหตุมีผล	40
ได้ทำงานเป็นกลุ่ม	35
ได้ค้นคว้าด้วยตัวเองจากแหล่งความรู้ต่างๆ	32
ได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้มองเห็นภาพในสิ่งที่ต้องการศึกษา	30

จากผลการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นว่าการออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ได้ โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดโดยใช้เทคนิคการออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติคือ การที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างมีเหตุมีผล การได้ทำงานเป็นกลุ่ม การได้ค้นคว้าด้วยตัวเองจากแหล่งความรู้ต่างๆ และการได้ลงมือปฏิบัติจริงทำให้มองเห็นภาพในสิ่งที่ต้องการศึกษา

ตารางที่ 20 สาเหตุที่ทำให้การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเองช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด	จำนวนนักเรียน
ได้ฝึกคิดอย่างมีเหตุผล	35
ได้ฝึกคิดโดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน	31
ได้ตรวจสอบความเข้าใจโดยการคิดเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ	30

จากผลการสัมภาษณ์แสดงให้เห็นว่าสาเหตุที่ทำให้ การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเองช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ได้นั้นเกิดจาก การที่นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างมีเหตุมีผล การได้ฝึกคิดโดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน และการได้ตรวจสอบความเข้าใจโดยการคิดเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ต่างๆตามธรรมชาติ

ตารางที่ 21 สาเหตุที่ทำให้การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด	จำนวนนักเรียน
การถามคำถามของครูที่ทำให้ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน	35
การได้ตั้งคำถามจากข้อสงสัยที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน	32
การได้ทราบความสำคัญของแนวคิดที่ครูต้องการสอนก่อนการจัดการเรียนการสอนจริง	31
การถูกกระตุ้นให้เกิดความกระหายที่จะเรียนรู้ จากคำถามของครู และ การแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างนักเรียนด้วยกัน	27

จากผลการสัมภาษณ์ข้างต้น พบว่าสาเหตุที่เทคนิคการออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองช่วยให้นักเรียน การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง และการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียนการสอน ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์นั้น พบว่ามีความสอดคล้องกับเทคนิคการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนได้เสนอไว้ในตารางที่ 18 ลำดับที่ 4-10 ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปเทคนิคของการจัดการเรียนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ออกเป็น 3 เทคนิคคือ 1) การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ 2) การได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน 3) การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ การค้นคว้าในที่นี้ไม่ได้หมายถึงการทดลองแต่รวมถึงการค้นคว้าจากแหล่งความรู้ต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ฝึกให้นักเรียนได้เคยชินกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นในแนวคิดอื่นๆเช่น ระบบย่อยอาหาร พลังงาน ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ และ เอนไซม์ รวมถึงในแนวคิดของการหายใจระดับเซลล์ ที่ผู้วิจัยต้องการวัด ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนได้ออกแบบการค้นคว้าและ การค้นคว้าด้วยตัวนักเรียนเองเสมอ เช่น ในเรื่องระบบย่อยอาหารผู้วิจัยต้องการให้ได้แนวคิดเกี่ยวกับน้ำดีที่มีความสำคัญในการสลายน้ำมันโดยการทำให้เกิดอิมัลชั่น ผู้วิจัยจึงนำสารมา 2 ชนิดแล้วให้นักเรียนพิสูจน์ว่าสารในภาชนะใดคือน้ำดี หรือในเรื่องเอนไซม์ครูให้คำถามให้นักเรียนว่า

นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าในน้ำลายของนักเรียนมีเอนไซม์ และเป็นเอนไซม์อะไมเลส จากคำถามเหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนต้องมีการวางแผนการค้นคว้า แต่ การวางแผนการค้นคว้านั้น นักเรียนจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานของเรื่องที่ต้องการตรวจสอบเสียก่อน เช่น น้ำดีคืออะไร น้ำดีทำงานอย่างไร เอนไซม์คืออะไร และ เอนไซม์อะไมเลสคืออะไร และแม้ในเรื่องการหายใจระดับเซลล์แม้ไม่สามารถทำการทดลองได้แต่นักเรียนสามารถออกแบบค้นคว้าและค้นคว้าด้วยตัวเองจากคำถามต่างๆของครู เช่น การให้นักเรียนอธิบายว่าน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานของเซลล์โดยการให้นักเรียนพิจารณาจากฉลากข้างขวดของน้ำดื่มเกลือแร่ หรือการถามว่าการทานหัวบุกสกัดนักเรียนคิดว่าได้รับพลังงานหรือไม่ ซึ่งผลจากการค้นคว้าจะทำให้นักเรียนได้วิธีคิดได้ทักษะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อนักเรียนได้ข้อเท็จจริงจากการลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง แนวคิดที่ได้เหล่านี้จะช่วยปรับเปลี่ยนแนวคิดเดิมด้วยตัวเองดีกว่าการปรับเปลี่ยนแนวคิดจากการอธิบายของครู ดังนั้นการได้ออกแบบการค้นคว้าและการได้ลงมือปฏิบัติจึงเป็นหัวใจที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้(Hand และ key, 1999) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้นั้น ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบจากการลงมือปฏิบัติ และต้องให้นักเรียนมีอิสระในการใช้แหล่งสืบค้น(Schifter, 1996) อย่างไรก็ตามแม้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะฝึกให้นักเรียนเกิดแนวคิดด้วยตัวนักเรียนเอง แต่การวางแผนหรือการสรุปแนวคิดนั้นๆอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันการผิดพลาดเหล่านี้ การออกแบบค้นคว้าหรือการลงมือปฏิบัติเพื่อตอบคำถามหรือข้อสงสัยนั้น การทำงานเป็นกลุ่มจึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากนักเรียนจะได้มีการถกเถียง การแลกเปลี่ยนแนวคิดกันอย่างมีเหตุมีผล จะทำให้ข้อบกพร่องต่างๆ ในการออกแบบค้นคว้าหายไป และมีความหลากหลายในการใช้แหล่งข้อมูลเพื่อนำมาร่วมในการสร้างแนวคิดร่วมกัน (Hinrichsen and Jarrett, 1999)

2. การได้ฝึกคิดวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกับชีวิตประจำวัน เป็นการให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างมีเหตุผล โดยผู้วิจัยยกสถานการณ์ให้นักเรียนพิจารณา เช่น ครูให้นักเรียนวิเคราะห์น้ำดื่มเกลือแร่ว่า วิธีใช้ และส่วนประกอบเกี่ยวข้องกันอย่างไร การฝึกวิเคราะห์นี้จะทำให้นักเรียนได้นำแนวคิดของนักเรียนมาอธิบายสิ่งที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน ถ้านักเรียนมีแนวคิดยังไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนจะส่งผลการอธิบายมีขอบเขต ซึ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนค้นคว้าเพื่อค้นหาคำตอบจาก แหล่งความรู้หรือการแลกเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียน เหล่านี้จะทำให้นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับโลก การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวเราซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจและการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม และทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงแนวคิดเดิมได้ด้วยตนเอง(Dewey, 1916; Ann, 1996)

3. การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอนเป็นการตรวจสอบแนวคิดเดิมของนักเรียนโดยยกสถานการณ์ สิ่งที่นักเรียนพบในปัจจุบัน หรือความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องนั้นๆโดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น เช่น ผู้วิจัยให้ชื่ออาหารมาแล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า อาหารใดให้พลังงาน และอาหารใดไม่ให้พลังงาน หรือถามว่าจากคำกล่าวที่ว่าถ้าขาดอาหาร มนุษย์จะตายภายใน 7 วันขาดน้ำตายภายใน 3 วันและถ้าขาดออกซิเจนจะตายภายใน 3 นาที นักเรียนคิดว่าจริงหรือไม่ เพราะเหตุใดจงอธิบาย การถามคำถามเหล่านี้ผู้วิจัยจะได้ทราบถึงแนวคิดเดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนปรึกษาคำตอบกันในกลุ่ม การแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มนี้จะทำให้นักเรียนถ่ายทอดแนวคิดเดิมของนักเรียนออกมา และเกิดการถกเถียงอย่างมีเหตุมีผล ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดได้ ถึงแม้แนวคิดที่ได้นั้นยังไม่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม และเป็นการท้าทายให้นักเรียนเกิดการสนใจในการตรวจสอบแนวคิด ทำให้นักเรียนเกิดการวางแผนการค้นคว้าอย่างมีระบบ การใช้แหล่งความรู้ต่างๆ นอกบทเรียนทำให้เกิดความสนุกในการค้นคว้าเพื่อหาคำตอบ จึงเห็นได้ว่าในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้คำถามจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะทำให้นักเรียนสนใจในการเรียนรู้ทั้งการถามคำถามจากครูและการให้อิสระในการถามของนักเรียนและการถามคำถามจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระหายในการเรียนรู้ตั้งแต่ต้นจนจบ (Hand and Keys, 1999)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยไว้คือ เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และ วิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียน โดยการตั้งคำถามการวิจัยไว้ 2 ข้อคือ 1) การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการ หายใจในระดับเซลล์ได้หรือไม่ อย่างไร 2) เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้แบบใดที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

ในการวิจัยนี้ กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดกระบี่ ซึ่งเป็นโรงเรียนรัฐบาลที่สังกัดในสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 31 คน โดยคละความสามารถและมีเกรดเฉลี่ยในวิชาชีววิทยา ในภาคต้นปีการศึกษา 2549 เท่ากับ 2.60แบ่งเป็น นักเรียนที่ได้เกรด 4.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.5 จำนวน 7 คน นักเรียนที่ได้เกรด 3.0 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้เกรด 2.5 จำนวน 10 คน นักเรียนที่ได้ 2.0 จำนวน 5 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.5 จำนวน 1 คน นักเรียนที่ได้เกรด 1.0 จำนวน 1 คน และนักเรียนที่ได้เกรด 0 จำนวน 3 คน และครอบครัวของนักเรียนส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นเกษตรกร มีรายได้เฉลี่ย 12000บาทต่อเดือนส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับครอบครัว

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนการสอนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลการวิจัยได้แก่ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ และ อนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ นำคำตอบในแบบวัดแนวคิดไปวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มแนวคิด หลังจากนั้นจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ และให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์อีกครั้งเพื่อนำผลการจัดกลุ่มแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาเปรียบเทียบกัน และในระหว่างการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเขียนอนุทินรายสัปดาห์เพื่อนำมาวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

ผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในกรณีที่คำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดไม่ชัดเจน เพื่อจำแนกแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แนวคิดที่ถูกต้อง แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน แนวคิดที่คลาดเคลื่อน และแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง เปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์ก่อนและหลังการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่าเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร และวิเคราะห์เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจระดับเซลล์จากอนุทิน ที่นักเรียนเขียนทุกสัปดาห์และสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อความในอนุทินไม่ชัดเจน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ได้ โดย

1.1 การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์เรื่อง ความสำคัญของไมโทคอนเดรียต่อการสลายสารอาหารภายในเซลล์ ผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ การสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ และ การหายใจ

ระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ โดยหลังการจัดการเรียนการสอนไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด

นักเรียนยังมีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ และเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์

1.2 นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ดังนี้

1.2.1 ออกซิเจนทำให้การสลายสารอาหารภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ทำให้การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์สามารถผลิตพลังงานในรูปATPได้สูงสุด

1.2.2 ไมโทคอนเดรียเป็นบริเวณที่มีการสลายสารอาหารจากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ซึ่งเกิดขึ้น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ ขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ดังนั้นพลังงานที่เกิดจากการสลายสารอาหารภายในเซลล์ส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นในไมโทคอนเดรีย

1.2.3 การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสลาย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมันเป็นพลังงานในรูปATPโดยมีออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาเกิดขึ้นในไมโทคอนเดรีย และไซโทซอลในเซลล์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครบส์ และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

1.2.4 การหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานจากการสลายสารอาหารในรูปของ ATPเกิดขึ้น 36-38 โมเลกุลต่อการหายใจระดับเซลล์ ของกลูโคส 1 โมเลกุล เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหาร

1.2.5 การหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารเพื่อผลิตพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือออกซิเจนมีน้อยกว่าความต้องการ

1.2.6 การสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์เป็นการสลายสารอาหารที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหารไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะเกิดเฉพาะขั้นไกลโคไลซิสเท่านั้นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารอาหารจากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์คือเอทิลแอลกอฮอล์ กับคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเรียกการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนว่า กระบวนการหมัก

1.2.7 เซลล์ที่ได้รับสารอาหารเท่ากันการสร้างพลังงานในรูปATPที่ได้จากการหายใจระดับเซลล์โดยไม่ใช้ออกซิเจนของยีสต์ สร้างพลังงานในรูปATPได้น้อยกว่าและเร็วกว่าการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

2. เทคนิคการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาวามรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่อง การหายใจระดับเซลล์มี 3 เทคนิคคือ 1) การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ 2)การได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน 3) การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ได้และแนวคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นเป็นแนวคิดที่ผู้เชี่ยวชาญยอมรับ และ จากผลการวิจัยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น งานวิจัยของ National Research Council (1996) ซึ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาต่อความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนแบบสืบเสาะกับการเรียนการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลาง งานวิจัยของ Kaartinen and Kumpulainen (2002) ที่ได้นำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีวิธีสืบเสาะหาความรู้ มาใช้ในการเรียนการสอนเรื่องสารละลาย และงานวิจัยของ Carolyn (2002) ที่ศึกษาถึงการเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้กับการพัฒนาแนวคิดทางด้านชีววิทยาในเรื่องการสังเคราะห์แสงพบว่ามีความสอดคล้องกัน โดยสาเหตุที่การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดนั้นน่าจะเกิดจากการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นเรียนรู้จากประสบการณ์จริงของตัวนักเรียนเองและเชื่อมโยงไปยังการแสวงหาคำตอบเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างมีเหตุผล ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ ซึ่งข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับนักการศึกษาหลายท่านที่ได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้การเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหา

ความรู้ เป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ จึงเป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่าการเรียนรู้จากนามธรรม ทำให้การเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ง่ายขึ้น และจากการที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตัวเองนี้ก็จะช่วยให้นักเรียน เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้โดยผ่านกระบวนการคิด การวางแผน และช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆที่อยู่รอบตัวได้ การเรียนการสอน ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นวิธีการสอนที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง หรือกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะเป็นการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์(Dewey, 1916; Abraham and Renner, 1986; Rosebery, 1996)

2. จากผลการวิจัยเห็นได้ว่ายังคงมีแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์บางแนวคิด ที่พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่ คือ แนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ และแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากข้อมูลพื้นฐานพบว่า นักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแนวคิดนี้เป็นนักเรียนที่จัดอยู่ในกลุ่มที่เรียนอ่อน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจึงอาจไม่เหมาะสมกับนักเรียนในกลุ่มที่เรียนอ่อนในแนวคิดนี้ เนื่องจากในแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ต้องอาศัยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจำนวนมาก และต้องทำความเข้าใจอย่างเป็นลำดับ ดังนั้นเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเหล่านี้คลาดเคลื่อนก็อาจทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนไปได้ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนควรมีการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน หรือแนวคิดนั้นๆ ดังเช่นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ได้กล่าวไว้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนไม่มีวิธีการสอนใดที่ดีที่สุด ครูควรปรับวิธีการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับ เนื้อหา และ ความสามารถของผู้เรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

3. จากผลการวิจัยเห็นได้ว่าเทคนิคของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดคือ การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ การได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน เป็นเทนิคที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ได้ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ ปรากฏการณ์ หรือจากสิ่งที่อยู่รอบๆตัว จึงเป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่านามธรรมที่ได้รับจากหนังสือหรือจาก

การอธิบายของครูทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายกว่าการท่องจำ และเมื่อนำเทคนิคในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเสนอว่าเป็นเทคนิคที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาแนวคิดมาเปรียบเทียบก็สอดคล้องกับเทคนิคที่นักการศึกษาหลายๆท่านที่เสนอไว้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิด เช่น Crawwford (2000) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดไว้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนนั้นครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบของปัญหาจากการลงมือปฏิบัติ และต้องให้นักเรียนมีอิสระในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะต้องให้นักเรียนได้สร้างความสัมพันธ์จากการคิดอย่างมีเหตุมีผล (American Association for the Advancement of Science, 1993) และจะต้องฝึกให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดระหว่างแนวคิดของนักเรียนกับสิ่งต่างๆรอบตัวของนักเรียน อย่างไรก็ตามแม้ว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะเน้นให้นักเรียนคิด และลงมือปฏิบัติแต่ ในการจัดการเรียนการสอนที่จะทำให้เกิดการพัฒนาแนวคิดนั้นยังคงต้องอาศัยการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนและครู ด้วย เนื่องจากในการสร้างแนวคิดใดแนวคิดคิดหนึ่งของนักเรียน อาจเป็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการเกิดการปฏิสัมพันธ์กันนั้นจะเป็นการนำแนวคิดมาแลกเปลี่ยนกันเกิดการถกเถียงกันด้วยเหตุผลซึ่งจะทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น(Hinrichsen and Jarrett, 1999) และการสร้างปฏิสัมพันธ์กันระหว่างนักเรียนกับนักเรียนด้วยกัน หรือกับครูนั้นการใช้คำถามของครูเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นการจุดเริ่มต้นของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (Wynne and Harlen, 1996) และการใช้คำถามจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจกับแนวคิดนั้น (Schifter, 1996) จากทัศนะของนักการศึกษาเหล่านี้จึงสรุปได้ว่าการให้นักเรียนออกแบบการค้นคว้าและลงมือปฏิบัติเพื่อตอบคำถามที่สงสัยด้วยตัวเอง การฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง และ การถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นก่อนการเรียนการสอน เป็นเทคนิคหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดได้

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ได้ในนักเรียนกลุ่มเก่งและปานกลาง ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนที่มีนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษาครูควรนำการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องการหายใจระดับเซลล์

2. ในการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้พบว่า ในแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ และแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ นักเรียนในกลุ่มที่เรียนอ่อนยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่ ดังนั้นในการทำงานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสอนที่เหมาะสมกับแนวคิดเรื่องความสำคัญของออกซิเจนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจระดับเซลล์ และแนวคิดเรื่องการสลายสารอาหารเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ที่มีต่อนักเรียนในกลุ่มที่เรียนอ่อน

3. เทคนิคที่สำคัญจากการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ คือ การร่วมกันออกแบบการค้นคว้าและการลงมือปฏิบัติ การได้ฝึกคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยไม่ได้จำแนกว่าเทคนิคการจัดการเรียนการสอนใดเหมาะกับแนวคิดย่อยเรื่องใดในเรื่องการหายใจระดับเซลล์ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาว่าเทคนิคเหล่านี้เทคนิคใดเหมาะแนวคิดย่อยใดในเรื่องการหายใจระดับเซลล์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คชานน สุวรรณพันธ์. 2543. **โครงสร้างความรู้และการเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่อง ระบบนิเวศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคแผนผังมโนทัศน์**. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525. **ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์เล่มที่ 2**. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย.

ชาตรี สำราญ. 2544. **ครูรู้ได้อย่างไรว่าเด็กเกิดการเรียนรู้**. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

ไทยรัฐ. 2549. กรุงเทพมหานคร: 21 พฤษภาคม 2549. น. 18.

เนตรพิชญ์ จำปาทองเทศ. 2546. ความคิดรวบยอดสอนอย่างไร. **วารสารวิชาการ**. 5 (6): 33-42.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2542. **เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย**. ภาควิชาการศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2543. **จิตวิทยาการศึกษา**. กรงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

ภพ เลาหไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์วัฒนาพานิช จำกัด.

ศุภลักษณ์ ทองสนธิ. 2537. **ผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนวิชาเคมี**. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุภางค์ จันทวานิช. 2542. **การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรจิตา เศรษฐภักดี. 2547. **ผลการเรียนรู้เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 ด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้**. กรุงเทพมหานคร: ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวัฒก์ นิยมค้า. 2531. **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร.

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545. **21วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด**. กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.

วราภรณ์ แย้มจินดา. 2547. **แนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6**. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณดี จันทรวงศ์. 2547. **การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม ที่มีต่อแนวคิดเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาคริสเตียน**. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. Constructivism. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์.

วีระพงศ์ ขำเหม. 2544. **โครงสร้างความรู้และการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแกลง “วิทยสถาวร” จังหวัดระยอง**. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abraham, M.R. and J.W.Renner. 1986. The sequence of learning cycle activities in high school chemistry. **Journal of Research in science Teaching**. 23(2): 121–143.

Allen, S. 1997. Using science inquiry activities in exhibit explanation. **Science Education** 81(6): 715–734.

Ann, S. R. 1996. Chechee konnen: scientific sense-making in bilingual education. **HANDS ON!,** (Spring 1992): 1, 16-19.

American Association for the Advancement of Science. 1993. **Benchmarks for science literacy: Project 2061**. New York: Oxford University Press.

Amir, R., and P.Tamir. 1991. **Proposition Generating Task (PGT): Measure of Meaningful Learning and Conceptual Change**. Chicaco: Paper presented at the AERA Annual Meeting.

Bishop,A.C. 1986. **Respiration and Photosynthesis: A teaching module (Occassional Paper No. 90)**. East lansing: Michigan State University, Institute for Research on Teaching.

Bruner, J. S. 1990. **Acts of Meaning Cambridge**. Massachusatts: Harvard University Press.

Carolyn, S.W., M.Y. Tsoi. 2002. Learning from inquiry – based laboratories in non major biology ; an interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth . **Science Education department** 6(2): 220-230.

De- Cecco, J.W. 1968. **The Psychology of Learning and Instruction Education Psychology**. Englewood Cliffs. New Jersy: Practice-Hall, Inc.

Dennis Sparks and Susan Loucks-Horsley. 1999. Five Models of Staff development for teachers. **Journal of Staff Develoment Fall**. 10(4): 40-57.

Dewey, J. 1916. **Democracy and Education: an Introduction to the Philosophy of Education**. New York: MacMillan.

Hand, B., and C.Keys. 1999. Inquiry investigation: a new approach to laboratory reports. **The Science Teacher** 66(4):27-29.

Haslam, F. and D.Treagust. 1987. Diagnosing secoundary students ' misconception of photosynthesis and respiration in plant using a two – tier multiple choice instrument. **Journalof Biological Education** 21: 203–211.

Hinrichsen, J. and D. Jarrett. 1999. **Science Inquiry for the Classroom**. Portland: Northwest Regional Educational Labortory.

Kaartinen, S. and K. Kumpulainen. 2002. Collaborative inquiry and the construction of explanation. T**he Learnig of Science**. 12 (2002): 189-212.

Klopfer, L.E. 1969. The teaching of science and the history of science. **Journal of Research for Science Teaching** 6: 87-95.

Kyslan, L.I., and A.H. Stone. 1969. **Teaching Children Science: An Inquiry Approach**. 3rd print. Belmont, California: Wadsworth Poblishing Company, Inc,

Lawson, A.E. 2000. A learning cycle approach to introducing osmosis. **The American Biology Teacher**. 58 (1): 38-42.

Layman, J.C. 1996. **Inquiry and Learning: Realizing Science Standards in the Classroom**. New York: The College Board.

National Research Council. 1996. **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press.

Osborn, R.J. and M. Cosgrove. 1983. "Children 's conception of the change state of water". **Journal of Research in Science Teaching** 20 (9): 825–838.

Renner, J.W., and D.G. Stafford. 1972. **Teaching Science in the Secondary School**. New York: Harper and Row, Plublishers,

Romey, J. 1968. **Inquiry Techniques for teaching Science**. NewYork: Englewood Cliffs,

Schifter, D. 1996. **What Happening in Science Class? Envisioning New Practices Through Teacher Narratives** (Vol.1). New York: The College Press.

Segmour, J., and B. longden. 1991. Respiration-That is breathing is not it ? **Journalof Biological Education** 25: 177–183.

Tregust, D.F. 1995. Diagnostic assessment of student' science Knowledge. In Glynn, S.M. and Duit, R. (Eds.). **Learning Science in the School; Research Reforming Practice Mahwah**, New Jersey: Erlbaum.

West, L.H.T. and A. L. Pines. 1985. **Cognitive Structure and Conceptual Change**. New York: Academic Press, Inc.

Wynne, H. 1996. **The Teaching of Science: David Fulton Publishers**. London: np.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ดร.พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ
   ภาควิชาการศึกษา สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ดร.สมาน แก้วไวยุทธ
   ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อาจารย์ อุดมศิลป์ กิจกูลอนุพงษ์
   สาขาชีววิทยา โรงเรียนอำมาตย์พานิชนุกูล

4. อาจารย์ อรวรรณ คูหเพ็ญแสง
   สาขาชีววิทยา โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

คำชี้แจง

แนวคิดสำคัญของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ คือ ครูพยายามหาวิธีการที่จะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการแสวงหาความรู้ โดยใช้คำถาม หรือกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดคำถาม และการแสวงหาคำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง ดังนั้นในการแสวงหาคำตอบขึ้นอยู่กับการวางแผนและการดำเนินงานของนักเรียนเอง โดยครูมีหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นแผนการจัดการเรียนการสอนของครูจึงต้องมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความสนใจของนักเรียนและแนวคิดที่นักเรียนควรรู้ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

แผนการจัดการเรียนการสอน วิชาชีววิทยา **ระดับชั้น** มัธยมศึกษาปีที่4

เรื่อง การสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์

เวลาที่ใช้ 6 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ

1. สร้างแนวคิดที่ถูกต้อง และสามารถอธิบายความเข้าใจเกี่ยวกับการสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลและการร่วมกันอภิปรายได้

2. สังเกต อธิบาย และ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมที่เกิดขึ้นหลังการออกกำลังกายกับ การสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ได้

3. วางแผนการค้นคว้า และจัดแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับการสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้

4. เลือกใช้แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับการสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ได้อย่างเหมาะสม

5. ค้นคว้า และ รวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับการสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ตามแผนที่วางไว้

แนวคิดที่ต้องการจะสอน

การหายใจระดับเซลล์เป็นกระบวนการผลิตพลังงานเคมีให้อยู่ในรูปในของ ATPโดยการสลายสารอาหารประเภท โปรตีนคาร์โบไฮเดรต และไขมัน ซึ่งอาศัยออกซิเจนในการเข้าร่วมปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการหายใจระดับเซลล์นั้นจะถูกเร่งโดยเอนไซม์

กระบวนการหายใจระดับเซลล์โดยใช้ออกซิเจน

1. การสลายคาร์โบไฮเดรต (กลูโคส 1 โมเลกุล)ภายในเซลล์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1.1 ไกลโคไลซิส

1.1.1 เป็นกระบวนการสลายน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุลให้เป็นกรดไพรูวิก 2 โมเลกุล และมีพลังงานเกิดขึ้นในรูปของสารATP 4 โมเลกุลเกิดบริเวณไซโทซอลของเซลล์

1.1.2 ในกระบวนการไกลโคไลซิส มีพลังงานถูกใช้ไป 2 ATP เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ไกโคไลซิส จะมีกรดไพรูวิก เกิดขึ้น 2 โมเลกุล และจะมีพลังงานสุทธิในรูปของสาร ATP 2 โมเลกุล และเกิด H 4 อะตอม โดยจะมีตัวมารับ H คือ NAD^+ กลายเป็น NADH 2 โมเลกุล และ H^+ 2 ไอออน

1.2 การสร้างอะซิติลโคเอ

1.2.1 เป็นกระบวนการที่กรดไพรูวิกแต่ละโมเลกุลทำปฏิกิริยากับ โคเอนไซม์เอ ได้เป็นอะซิติลโคเอ กระบวนการนี้เกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรีย

1.2.2 เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะได้ผลลัพธ์คือ อะซิติลโคเอ 2 โมเลกุล คาร์บอนไดออกไซด์ 2 โมเลกุล เกิด H 4 อะตอม โดยจะมีตัวมารับคือ NAD^+ กลายเป็น NADH 2 โมเลกุล และ H^+ 2 ไอออน

1.3 วัฏจักรเครบส์

1.3.1 เป็นกระบวนการที่อะซิติลโคเอ(2C)รวมกับกรด ออกซาโลอะซิติก(4C) เกิดเป็น กรดซิติก(6C) หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาที่ลดจำนวน Cออกไปในรูป CO_2 จาก 6C ไปเป็น 5C และกลายเป็น 4C ตามเดิม จึงถือว่าเป็นขั้นตอนการสลายสารอาหารอย่างสมบูรณ์ ปฏิกิริยาจะมีลักษณะเป็นวัฏจักร เกิดเกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรีย

1.3.2 กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยออกซิเจนจะเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยา แต่ออกซิเจนไม่ได้ถูกนำมาใช้ในปฏิกิริยา

13.3 เมื่อผ่านกระบวนการนี้จะ ได้ผลลัพธ์ คือ CO_2 ทั้งสิ้น 4 โมเลกุล เกิดพลังงานอิสระในรูป GTP 2 โมเลกุล โดยGTP 1 โมเลกุล ให้พลังงาน เท่ากับ ATP 1 โมเลกุล และเกิด H ทั้งหมด 16 อะตอม โดย H 12 อะตอมจะมีตัวมารับคือ NAD^+ กลายเป็น NADH 6 โมเลกุล และ H^+ 6 ไอออน และ H 4อะตอม จะมีตัวมารับคือ FAD กลายเป็น $FADH_2$ 2 โมเลกุล

1.4 การถ่ายทอดอิเล็กตรอน

1.4.1 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของNADH และ H^+ และ $FADH_2$ กับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน เกิดขึ้นที่เยื่อชั้นในของไมโทคอนเดรีย และที่เยื่อหุ้มเซลล์ของโพรแคริโอต ทำให้เกิดพลังงานในรูปสาร ATP มากที่สุดถึง 32-34 โมเลกุลต่อน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล

1.4.2 จะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนอิสระภายในเซลล์ โดยออกซิเจนจะเป็นตัวรับโปรตอน และอิเล็กตรอน เกิดเป็นน้ำ 12 โมเลกุลต่อน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล

1.4.3 NADH + H^+ และ $FADH_2$ เมื่อผ่านกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจะได้พลังงาน 3 ATP และ 2 ATPต่อโมเลกุล ตามลำดับ

1.4.4 การมี O_2 ในเซลล์ทำให้เกิดการหายใจอย่างสมบูรณ์ เพราะเกิดปฏิกิริยาการสลายสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรียได้ทั้งหมด

สรุป เมื่อสิ้นสุดกระบวนการการสลาย กลูโคส 1 โมเลกุล จะได้พลังงานในรูปของสาร ATP 36 – 38 โมเลกุล ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นเชื่อมโยงความรู้

1. ครูให้นักเรียนในห้องทุกคนวัดอัตราการหายใจในหน่วยครั้งต่อนาที หลังจากนั้นครูให้นักเรียนวิ่งรอบสนามจำนวน 5 รอบ โดยครูจัดน้ำดื่มให้ 2 ชนิดคือ น้ำบริสุทธิ์ และน้ำหวาน

2. หลังจากนักเรียนแต่ละคนวิ่งครบ 5 รอบ ครูให้นักเรียนวัดอัตราการหายใจของตัวเองอีกครั้ง และให้นักเรียนเลือกน้ำดื่มตามใจชอบ

3. เมื่อนักเรียนเลือกน้ำดื่มเรียบร้อยแล้ว ครูสุ่มนักเรียนให้รายงานอัตราการหายใจก่อนและหลังการวิ่ง และน้ำที่นักเรียนเลือกดื่ม โดยครูจดข้อมูลที่นักเรียนการนำเสนอ ซึ่งจะพบว่านักเรียนมีอัตราการหายใจที่เร็วขึ้น และน้ำดื่มที่นักเรียนเลือกมากที่สุดคือน้ำหวาน

4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและนำเสนอในหัวข้อดังนี้

4.1 กลุ่มที่1 ทำไมการวิ่งทำให้นักเรียนมีอัตราการหายใจเร็วขึ้น

4.2 กลุ่มที่ 2 ทำไมหลังการวิ่งน้ำนักเรียนจึงเลือกดื่มเป็นน้ำหวานมากกว่าน้ำดื่มบริสุทธิ์

5. หลังการนำเสนอของแต่ละกลุ่มครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนกระทั่งสรุปได้ว่าการหายใจถี่ๆ และการดื่มน้ำหวานเป็นการเพิ่มพลังงานให้กับนักเรียนเอง

6. ครูถามนักเรียนว่า ตามความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนคิดว่าการหายใจ และการดื่มน้ำหวานนั้นมีความเกี่ยวข้องกันในด้านการผลิตพลังงานหรือไม่อย่างไร โดยสุ่มคำตอบจากนักเรียนและเขียนคำตอบของนักเรียนบนกระดาน หลังจากนั้นครูใช้คำถามที่ทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งกับแนวคิดเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานจากการหายใจและการดื่มน้ำหวาน หรือใช้คำถามที่นักเรียนไม่สามารถใช้ข้อสรุปจากการอภิปรายของนักเรียนมาอธิบายได้ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามเกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานของสิ่งมีชีวิต

ขั้นออกแบบการสืบค้น

1. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานของสิ่งมีชีวิตโดยมุ่งเน้นที่การเปลี่ยนออกซิเจนและน้ำตาลไปเป็นพลังงาน โดยนำสิ่งที่นักเรียนถามมาเขียนบนกระดาน

2. ครูแบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม โดยให้แต่ละกลุ่มนำคำถามที่นักเรียนตั้งขึ้นมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการตอบคำถาม โดยครูเป็นที่ปรึกษาของนักเรียนให้แต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปคำถามและกำหนดหัวข้อในการค้นคว้า การใช้แหล่งข้อมูลต่างๆ วิธีการรวบรวมข้อมูลด้วยตัวนักเรียนเอง (ครูให้คำปรึกษาโดยหลีกเลี่ยงการเสนอความคิด แต่ใช้คำถามให้นักเรียนเกิดแนวคิดด้วยตัวนักเรียนเอง)

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนการค้นคว้าที่นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนไว้หน้าชั้นเรียนเพื่อร่วมกันอภิปรายหาข้อเด่น หรือข้อด้อยของแผนการค้นคว้าที่แต่ละกลุ่มวางไว้ เพื่อปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง โดยครูเสนอความคิดเห็นในกรณีที่แผนการค้นคว้าที่วางไว้มีข้อบกพร่องหรือไม่สมบูรณ์)

ขั้นการสืบค้น

1. ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนนำแผนการค้นคว้า ที่ผ่านการปรับปรุงโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากครูและนักเรียนคนอื่นๆแล้วมาใช้จริง ทั้งการค้นคว้าจากหนังสือหรือวารสารต่างๆ การทดลองจริง การถามคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ การสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ โดยให้อิสระแก่นักเรียนในการรวบรวมข้อมูล โดยครูจะต้องอำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการหาแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ

2. หลังการค้นคว้า ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่รวบรวมได้ มาร่วมกันวิเคราะห์ภายในกลุ่ม เพื่อตอบคำถามที่นักเรียนในกลุ่มช่วยกันวางไว้ในขั้นวางแผนการสืบค้น และร่วมกันออกแบบการนำเสนอข้อมูลและข้อสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานที่ได้จากการค้นคว้า

ขั้นการสร้างองค์ความรู้

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการค้นคว้า และข้อสรุปแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างพลังงานที่ได้จากข้อมูลที่แต่ละกลุ่มได้รับ โดยครูและนักเรียกลุ่มอื่นๆร่วมกันอภิปรายเพื่อชี้ให้เห็นข้อเหมือนหรือข้อแตกต่างในแต่ละกลุ่ม จนสามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับ การสลายคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานจากการหายใจระดับเซลล์ โดยครูอาจเพิ่มเติมบางส่วนที่ขาดหายไปโดยการใช้คำถาม หรือการอธิบาย

2. ครูตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยแจกใบงานให้กับนักเรียนซึ่งมีคำถามดังนี้ จากบทความต่อไปนี้นักเรียนคิดว่าเป็นไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

2.1 มนุษย์จะตายเมื่อขาดอากาศภายใน 3 นาที

2.2 มนุษย์จะตายเมื่อขาดน้ำภายใน 3 วัน

2.3 มนุษย์จะตายเมื่อขาดอาหารภายใน 3 เดือน

3. ครูสุ่มนักเรียนมาตอบคำถามข้างต้น และให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย

การวัดประเมินผล อาศัยเครื่องมือดังนี้

1. แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์

2 อนุทินรายสัปดาห์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนรายบุคคลก่อน
และหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

คำตอบ	เลขที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.ออกซิเจนทำให้มี การสลายสารอาหารภายในเซลล์อย่างสมบูรณ์	○	○	□ ○	○	□ ○	○	□	○			○		○		
2.ออกซิเจนทำให้มีกระบวนการหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นครบทั้ง 4 ขั้นตอนคือ ขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครป และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน			○					○	○				○	○	
3.ออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารภายในเซลล์ในรูป ATP สูงสุด	○	○	□ ○	○			□ ○	○		○			○	○	
4.ออกซิเจนเป็นสารที่เข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์สมอง	□	□			□				□	□	□	□ ○			□ ○
5. ออกซิเจนควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย	□													□	
6. ออกซิเจนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารภายในเซลล์														□	
7. ออกซิเจนเป็นสารที่ควบคุมความสมดุลภายในเซลล์															
8.ออกซิเจนเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถขาดได้				□		□		□							
9.อากาศเป็นตัวควบคุมให้ระบบต่างๆปกติ													□		
10. อากาศเสียทำให้สิ่งมีชีวิตตายได้															

คำตอบ	เลขที่														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.ออกซิเจนทำให้มี การสลายสารอาหารภายในเซลล์อย่างสมบูรณ์					○	□	○	○	○			○	○		
2.ออกซิเจนทำให้มีกระบวนการหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นครบทั้ง 4 ขั้นตอนคือ ขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครป และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	○		○		○	○	○	○		○		○	○		
3.ออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารภายในเซลล์ในรูป ATP สูงสุด	○	○			○	○	○	○	○			○	○	○	
4.เป็นสารที่เข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์สมอง		□	□	□ ○		□	□	□			□	□			○
5. ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย				□			□								
6. เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารภายในเซลล์											○				
7. เป็นสารที่ควบคุมความสมดุลภายในเซลล์	□														
8.เป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถขาดได้									□				□		
9.อากาศเป็นตัวควบคุมให้ระบบต่างๆปกติ					□					□				□	□
10. อากาศเสียทำให้สิ่งมีชีวิตตายได้													□		

คำตอบ	เลขที่														
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
1.ออกซิเจนทำให้มี การสลายสารอาหารภายในเซลล์อย่างสมบูรณ์	○	○	○		○					○	○				
2.ออกซิเจนทำให้มีกระบวนการหายใจระดับเซลล์เกิดขึ้นครบทั้ง 4 ขั้นตอนคือ ขั้นไกลโคไลซิส ขั้นการสร้างอะเซทิลโคเอ ขั้นวัฏจักรเครป และขั้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอน	○	○	○		○					○	○	○			
3.ออกซิเจนทำให้เกิดพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารภายในเซลล์ในรูป ATP สูงสุด	○	○	○		○					○	○				
4.เป็นสารที่เข้าไปหล่อเลี้ยงเซลล์สมอง	□			□ ○		□ ○	□ ○	○		□		□			
5. ควบคุมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย				□		□					□				
6. เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารภายในเซลล์					□				□ ○		□	□			
7. เป็นสารที่ควบคุมความสมดุลภายในเซลล์											□				
8.เป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถขาดได้			□												
9.อากาศเป็นตัวควบคุมให้ระบบต่างๆปกติ		□													
10. อากาศเสียทำให้สิ่งมีชีวิตตายได้								□							

กำหนดให้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทน

□ คำตอบของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

○ คำตอบของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างอนุทินรายสัปดาห์

ในสัปดาห์นี้ผมได้ไขปัญหาที่คาใจผมมาตลอดสักทีว่าทำไมเวลาผมกินสปอนเซอร์เวลาเหนื่อยๆผมรู้สึกสดชื่น นั่นเพราะว่าน้ำตาลกลูโคสนั่นเองที่เปลี่ยนเป็นพลังงานให้ผมทดแทนพลังงานที่สูญเสียไป จากกระบวนการหายใจระดับเซลล์ โดยใช้ออกซิเจน ซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ ไกลโคไลซิส การสร้างอะเซทิลโคเอ เครปไซเคิล และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน

กระผมรู้สึกชอบการสอนของอาจารย์มากครับเพราะอาจารย์ถามคำถามที่ให้เราได้คิดวิเคราะห์ และนำสิ่งใกล้ตัวมาสอนทำให้ผมรู้ว่าเรียนไปทำไม บางทีผมเอาแต่นั่งท่องเนื้อหาผมถามตัวเองตลอดว่าเราเรียนไปทำไมกันมันน่าเบื่อ แต่ตอนนี้ผมรู้สึกสนุกกับการเรียนวิทยาศาสตร์แล้วอาจารย์เองก็มีความรู้มาก แต่ไม่เบื่อเวลาเราถามและตอบคำถามเราตลอดทำให้เราได้ความรู้เพิ่มเติมและไขข้อสงสัยหลายๆอย่าง อีกอย่างหนึ่งที่ผมชอบคืออาจารย์ให้เราได้แสดงความคิดเห็นก่อนการสอนทุกครั้งมันทำให้เรากล้าขึ้น และบางทีเวลาที่สิ่งผมเข้าใจไม่เหมือนคนอื่นผมก็สงสัยเวลาไปค้นข้อมูลผมก็รู้สึกสนุกไม่เบื่อเลย ดีใจนะครับที่ได้เรียนวิทย์อย่างนี้บ้าง

ปัญหาที่เกิดเวลาในการเรียนมีน้อยทำให้บางทีค้นคว้าแทบไม่ทัน และเวลานำเสนอบางทีไม่ทันแต่ไม่กล้าถาม

ในการสอนสัปดาห์หน้าผมอยากทำงานกลุ่มแบบนี้อีกผมว่ามันช่วยให้เราได้ฝึกคิด เถียงกันอย่างมีเหตุมีผล

นายวรพัฒน์ แสงสวัสดิ์ เลขที่ 10

ในสัปดาห์นี้หนูได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสลายน้ำตาลเป็นพลังงาน ที่ผ่านมาหนูรู้เพียงว่า น้ำตาลเป็นสารอาหารที่เรียกว่าคาร์โบไฮเดรต และเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแต่ก็ไม่รู้ว่าพลังงานได้มาจากไหน หรือแม้กระทั่งอากาศที่เราหายใจ หนูรู้แค่ว่าถ้าไม่หายใจเราก็ตาย (คนตายเพราะลืมหายใจ) แต่วันนี้รู้ได้รู้แล้วว่าทำมายหนูเหนื่อยหนูอยากกินแต่ของหวาน และทำไมการหายใจยาว ๆยามเหนื่อยล้าทำให้หนูรู้สึกสดชื่นนั่นเพราะออกซิเจนในอากาศกับน้ำตาลที่ได้รับมาแปรสภาพเป็นพลังงานนั่นเอง และหนูก็ได้รู้ว่าเราเรียกกระบวนการนั้นว่าการหายใจระดับเซลล์ และมีตั้ง 4 ขั้นตอนแน่ะ คือ ไกลโคไลซิส การสร้างอะซิทิลโคเอ วัฏจักรเครบ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ดีนะที่อาจารย์สอนทำความให้เข้าใจ ถ้าให้จำหนูปวดหัวตายแน่ ทีนี้หนูรู้แล้วล่ะว่าทำไมอาจารย์ชอบกินซาเขียวเพราะอาจารย์ต้องการพลังงานนั่นเองเหนื่อยใช่ไหมล่ะที่สอนพวกหนูทุก ๆวันอย่างนี้

ความรู้สึกต่อการสอนในสัปดาห์นี้ คือ เหนื่อย สนุก และอิ่ม (อาจารย์ใจดีจังเลี้ยงน้ำหวานด้วย) หนูรู้สึกว่ากิจกรรมที่อาจารย์ให้ทำ ทำให้พวกเราเข้าใจมากกว่าการจำ ก่อนหน้านี้เวลาเรียนหนูต้องท่อง ๆ ๆ ไม่รู้เรื่องเลยแต่การสอนของอาจารย์อาจารย์ทำให้เราเข้าใจโดยมาเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง หนูว่าทำให้หนูเห็นภาพและน่าสนใจ แล้วอาจารย์ยังให้เราได้คิดเอง วางแผน เป็นกลุ่มอย่างอิสระไม่มีข้อกำหนดนู่นนี่นั่นอะไรมากมายหนูว่ามันเป็นสิ่งที่ดีนะคะที่ครูให้ความสำคัญกับเรา(ซึ่งมะอย่าร้องไห้ล่ะ) หนูอยากให้อาจารย์คนอื่นสอนอย่างนี้มั่งจัง

ปัญหาที่พบจากการสอน คือเหนื่อยค่ะวิ่งจนหิวข้าวเลย นอกจากนี้ไม่มีอะไรสนุกดี

ในสัปดาห์หน้าหนูอยากให้มีกิจกรรมอีก ไม่อยากนั่งฟังมันดูเครียดอยากให้อาจารย์เล่นเกมส์บ้างก็สนุกดีแต่ไม่ได้ไม่เป็นไรนะค่ะ สัปดาห์นี้แค่นี้ก่อนเขียนมากสัปดาห์หน้าหมดเรื่องเขียน

Bye Bye

นางสาวพัชรียา ข้อค้า เลขที่26