

แนวคิดทางเลือกเรื่องการหายใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 Alternative Conceptions about Respiration of Mathayom Suksa 5 Students

จุฬารัตน์ เลียงไกรลาส (Jurarat Liangkrilas)¹
นฤมล ยูตาคม (Naruemon Yutakom)²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เพื่อสำรวจความเข้าใจแนวคิดเรื่องการหายใจ ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 83 คนจากโรงเรียน 3 แห่ง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสำรวจแนวคิดเรื่องการหายใจ ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกเป็นแบบเลือกถูกผิด พร้อมทั้งเลือกเหตุผลและส่วนที่สองเป็นแบบคำถามปลายเปิด แนวคิดที่สำรวจ ได้แก่ ความหมายของการหายใจและผลที่เกิดขึ้นจากการหายใจ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจของพืช และความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือกเรื่องการหายใจในทุกเรื่อง โดยนักเรียนมีความเข้าใจว่าสัตว์และพืชเท่านั้นที่มีการหายใจ สำหรับจุลินทรีย์ไม่มีการหายใจเนื่องจากไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ ออกซิเจนถูกใช้ในเซลล์เพื่อการดำรงชีวิต โดยไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงาน แต่เซลล์ได้รับพลังงานจากการย่อยอาหาร และไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์ ในประเด็นของพลังงานและกระบวนการทางเคมีได้ จากผลการวิจัยได้ข้อเสนอแนะว่า ผู้สอนควรตระหนักและให้ความสำคัญกับการตรวจสอบแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องการหายใจ เพื่อการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Abstract

This study explored the understanding of respiration concepts held by 83 Mathayom Suksa 5 students from three schools in the Pranakornsriyutthaya Province. The respiration concept test was comprised of the two-tier format and open-ended questions to assess the students' conceptions about the meaning and products of respiration, aerobic respiration, anaerobic respiration, respiration in plants, and the relation between external respiration and cellular respiration. The data were analysed using percentage and content analysis. The results showed that most students had alternative conceptions about respiration, namely they understood that respiration took place only in animals and plants but did not occur in microorganisms, because they don't have respiratory organs. They understood that oxygen is used by the cells to remain alive but is not related with providing energy,

¹ นิสิตระดับปริญญาคุณวุฒิบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ E-mail: ๕4786073@ku.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

but food digestion produces energy. They could not explain the relationship between external respiration and cellular respiration in terms of energy and chemical processes. This finding implies that teachers should be aware and examine the basic concepts of respiration to develop effective teaching and learning.

คำสำคัญ: การหายใจ แนวคิดทางเลือก

Key words: respiration, alternative conception

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และเป็นไปตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ครูคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน และวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่มีแนวคิดเรื่องการเรียนรู้ที่ว่า ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้เป็นของตนเอง เกิดจากการตีความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ โดยอาศัยพื้นฐานของแนวคิดเดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ (Llewellyn, 2001) การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญและให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง จึงให้ความสำคัญต่อแนวคิดที่นักเรียนมีอยู่เดิม และแนวคิดที่เกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนการสอน มีงานวิจัยหลายเรื่องที่ทำการศึกษาและสำรวจแนวคิดของนักเรียนในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์หลายเรื่อง พบว่า แนวคิดของนักเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งมีความหลากหลาย และมีความแตกต่างจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับหรือเข้าใจโดยทั่วไป (สิรินภา และนฤมล, 2547 ; เขาวเรศ เพ็ญศรี และนฤมล, 2550 ; Songer and Mintzes 1994 ; Lin and Hu, 2003) แนวคิดของนักเรียนที่มีอยู่อาจมีความถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่า แนวคิดทางเลือก (Alternative conception) ผลจากการศึกษาหรือสำรวจแนวคิดของนักเรียนจึงเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แก่นักเรียน เนื่องจากแนวคิดใหม่หรือประสบการณ์ที่ครูจัดอาจจะไม่สามารถเชื่อมต่อกับแนวคิดเดิมของผู้เรียน หรือไม่

สามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางเลือกของนักเรียนให้เกิดแนวคิดที่ถูกต้องได้ รวมทั้งควรคำนึงถึงกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่จะไม่เป็นสาเหตุให้เกิดแนวคิดทางเลือกแก่นักเรียนได้

แนวคิดเรื่องการหายใจเป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญในสาขาชีววิทยา และถูกกำหนดเป็นสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในทุกช่วงชั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) เนื่องจากแนวคิดเรื่องการหายใจเป็นแนวคิดพื้นฐานของการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต กระบวนการหายใจ เป็นกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เป็นกระบวนการสลายสารอาหารโดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ภายในเซลล์เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต (สมบุญ, 2548) แนวคิดเรื่องการหายใจมีความสัมพันธ์และเป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความเข้าใจต่อแนวคิดอื่นๆ เช่น กลไกของการหายใจในสัตว์ชั้นสูงที่ทำงานร่วมกันอย่างสอดคล้องกับการหมุนเวียนเลือด และการย่อยอาหาร นอกจากนี้การหายใจยังมีความเกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนของคาร์บอน และการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศ (Anderson, Sheldon, and Dubay, 1990)

จากการตรวจสอบเอกสารที่สำรวจแนวคิดของนักเรียนเรื่องการหายใจ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจแตกต่างไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความหมายของคำว่า การหายใจ นักเรียนมีความเข้าใจว่าการหายใจ คือ การสูดลมหายใจเข้าและออก เพื่อเป็นการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย และกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย หรือ การหายใจ คือ การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างออกซิเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ (Songer and Mintzes, 1994 ; Yip, 2000) นอกจากนี้ยังพบแนวคิดทางเลือกเรื่องการหายใจที่

เกี่ยวข้องกับเรื่องอื่น เช่น นักเรียนเข้าใจว่า การหายใจเกิดขึ้นในเวลากลางคืน และเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นในเวลากลางวัน (สิริรัตน์, 2543) ซึ่งแนวคิดทางเลือกดังกล่าวอาจเกิดจากการตีความหมายประสบการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนพบทั้งในห้องเรียนและในชีวิตประจำวัน (Gunstone, 1990) ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแนวคิดของนักเรียนจะเป็นข้อมูลสำคัญที่จะช่วยให้ครูผู้สอนทราบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆ อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของครู ที่จะไม่ประสบเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดเรื่องการหายใจของนักเรียน ในประเทศไทยยังมีอยู่น้อย และการศึกษายังไม่ครอบคลุมในทุกหัวข้อของการหายใจ โดยเฉพาะการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางเคมี ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจสำรวจแนวคิดเรื่องการหายใจของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 โดยครอบคลุม 5 เรื่อง คือ ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจของพืช และความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการเรียนการสอนเรื่องการหายใจให้เหมาะสมและสอดคล้องตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแนวคิดของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการหายใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน จากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา 3 โรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 2 โรงเรียน ขนาดกลาง 1 โรงเรียน ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวมทั้งสิ้น 83 คน ซึ่งได้

จากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยนักเรียนได้เรียนเรื่อง การหายใจ การหมุนเวียนเลือด และการย่อยอาหารมาแล้ว

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องการหายใจ ซึ่งได้แก่ ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจของพืช และความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์
2. กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียน 3 แห่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสำรวจแนวคิดเรื่องการหายใจซึ่งครอบคลุมแนวคิดสำคัญ คือ ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ การหายใจแบบใช้ออกซิเจน การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจของพืช และความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์ แบบสำรวจประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นแบบให้นักเรียนเลือกข้อความว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งเลือกเหตุผล จำนวน 10 ข้อ สำหรับตอนที่ 2 เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 13 ข้อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตอนที่ 1: ข้อที่ 2 การหายใจเกิดขึ้นเฉพาะพืชชั้นสูงและสัตว์ทั่วไปเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในจุลินทรีย์

- () ถูก () ผิด

เหตุผล

() ก. จุลินทรีย์เป็นสัตว์ชั้นต่ำไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ จึงไม่เกิดการหายใจ

() ข. จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก ออกซิเจนสามารถแพร่เข้าเซลล์และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ได้โดยการแพร่ จึงไม่ต้องใช้การหายใจ

() ค. การหายใจเพื่อรับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายหรือเซลล์ จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการออกซิเจนจึงเกิดการหายใจด้วย

() ง. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องอาศัยพลังงานในการดำรงชีวิต การหายใจเป็นกระบวนการสร้างพลังงานในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จึงเกิดขึ้นในจุลินทรีย์ด้วย

() จ.
.....

ตอนที่ 2: ข้อที่ 3 วิตามิน B3 เป็นส่วนประกอบของ NAD⁺ ซึ่งเราต้องรับประทานเข้าไปในร่างกาย ให้นักเรียนอธิบายว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ เมื่อร่างกายขาด B3 และเขียนวิธีการที่เซลล์จะยังคงสามารถสร้างพลังงานในสภาวะที่ขาด B3

การพัฒนาเครื่องมือเริ่มต้นจากการตรวจสอบรวบรวมแนวคิดทางเลือกของนักเรียน และใช้การสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 20 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนเรื่องการหายใจมาแล้ว เพื่อนำมาสู่การพัฒนาข้อคำถาม และสร้างตัวเลือกที่เป็นเหตุผล จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสำรวจเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา ภาษา และความเหมาะสมของเครื่องมือ หลังจากนั้นนำแบบสำรวจนี้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนเรื่องการหายใจมาแล้ว เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยใช้ค่าสถิติสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha และค่าอำนาจการจำแนก คัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนก $r = .20-.80$ ใช้เป็นข้อคำถามที่จะนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริง รวมทั้งตรวจสอบความเข้าใจคำถามของนักเรียน และศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบสำรวจ พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการตอบแบบสำรวจ คือ 1 ชั่วโมง

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ส่งแบบสำรวจให้กับครูผู้สอนเรื่องการหายใจในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคการเรียนที่ 1 เพื่อให้ครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการสำรวจแนวคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องการหายใจมาแล้ว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อคำถามแบบเลือกถูกผิด พร้อมเลือกเหตุผล

1.1 ผู้วิจัยตรวจสอบข้อสอบแต่ละคน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่นและอำนาจจำแนก โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน คือ นักเรียนได้คะแนนในข้อคำถามนั้นเมื่อเลือกคำตอบถูกทั้งส่วนที่เป็นการเลือกตอบถูกผิดและส่วนที่เป็นการเลือกเหตุผล ในกรณีที่นักเรียนตอบคำถามในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ได้ตอบทั้งสองส่วน หรือ เลือกมากกว่าหนึ่งเหตุผลในแต่ละข้อ จะไม่นำมาทำการวิเคราะห์

1.2 คำนวณความถี่คิดเป็นร้อยละของการเลือกเหตุผลในแต่ละข้อคำถาม เพื่อวิเคราะห์แนวคิดทางเลือก การวิเคราะห์แนวคิดทางเลือก ใช้เกณฑ์ของ Tan, Goh, Chia and Treagust (2002) คือแนวคิดนั้นเป็นแนวคิดทางเลือกเมื่อนักเรียนเลือกเหตุผลนั้นมากกว่าร้อยละ 10 ของนักเรียนทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากข้อคำถามแบบปลายเปิด

2.1 ผู้วิจัยอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนในแต่ละคำถาม เพื่อดูภาพรวมของคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียน

2.2 หาค่าความถี่และร้อยละของแต่ละแนวคิด เพื่อนำมาพิจารณาแนวคิดทางเลือกของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์เช่นเดียวกับข้อคำถามแบบตัวเลือก

3. ผู้วิจัยนำเสนอผลการจัดกลุ่มคำตอบต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความตรงของการจัดกลุ่มคำตอบ

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

จากการตอบแบบสำรวจแนวคิดเรื่องการหายใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อย่อยดังนี้ 1) ความหมายและผลที่

ได้จากการหายใจ 2) การหายใจแบบใช้ออกซิเจน 3) การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน 4) การหายใจของพืช และ 5) ความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์ จากการสำรวจพบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกในทุกหัวข้อย่อย แนวคิดทางเลือกของนักเรียนมีจำนวนร้อยละ 12.05 ถึงร้อยละ 59.63 โดยหัวข้อย่อยที่นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกมากกว่าร้อยละ 50 คือ ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ และการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน แนวคิดทางเลือกของนักเรียนที่มีจำนวนมากที่สุด คือ การหายใจเกิดขึ้นเฉพาะแต่ในพืชและสัตว์เท่านั้น จุลินทรีย์ไม่มีการหายใจเนื่องจากไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ รองลงมาคือ นักเรียนเข้าใจว่าออกซิเจนเท่านั้นที่สิ่งมีชีวิตใช้ในการดำรงชีวิตและการหายใจ แนวคิดทางเลือกของนักเรียนที่มีจำนวนน้อยที่สุดคือ เซลล์กล้ามเนื้อลายจะเปลี่ยนจากการหายใจแบบใช้ออกซิเจนมาเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแทน เมื่อมีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ เพื่อสร้างพลังงาน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ในการรายงานผลการวิจัยและอภิปรายผล จะได้เสนอแนวคิดทางเลือกของนักเรียนในแต่ละหัวข้อย่อยดังนี้

1. ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ

ความหมายของการหายใจทางชีววิทยานั้น หมายถึง กระบวนการทางเคมีในการสลายสารอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานในกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ ซึ่งเกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด แต่จากการสำรวจพบว่า นักเรียนร้อยละ 59.03 เข้าใจว่าจุลินทรีย์ไม่มีการหายใจ กระบวนการหายใจเกิดขึ้นเฉพาะในพืชชั้นสูงและสัตว์ทั่วไปเท่านั้น โดยให้เหตุผลว่าจุลินทรีย์ไม่มีการหายใจเนื่องจาก เป็นสัตว์ชั้นต่ำที่มีขนาดเล็ก และไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ ออกซิเจนสามารถแพร่เข้าเซลล์และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ได้โดยการแพร่ จึงไม่ต้องใช้การหายใจ จากเหตุผลแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจความหมายของการหายใจสับสนกับคำว่า ระบบการหายใจของสัตว์ชั้นสูง ซึ่งประกอบด้วยอวัยวะที่เฉพาะสำหรับนำออกซิเจนเข้าและออก

จากร่างกาย และนำความเข้าใจนั้นมาเชื่อมโยงเข้ากับการหายใจของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น จุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดแนวคิดทางเลือกที่ว่า การหายใจเกิดขึ้นเฉพาะในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง เช่น คนหรือพืชเท่านั้น และพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่ไม่ชัดเจนในเรื่องผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของสิ่งมีชีวิต ซึ่งผลลัพธ์ที่สำคัญคือ พลังงาน ที่เกิดจากการสลายโมเลกุลของสารอาหาร โดยนักเรียนมีความเข้าใจว่าพลังงานที่ใช้ในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตมาจากสารอาหาร (ร้อยละ 15.66) และมาจากกระบวนการย่อยอาหาร (ร้อยละ 30.12) การหายใจเป็นเพียงกระบวนการที่ทำให้ชีวิตดำรงอยู่ได้เท่านั้น ถึงแม้ว่านักเรียนร้อยละ 50.60 มีความเข้าใจที่ถูกต้องว่ากระบวนการหายใจเป็นกระบวนการที่สร้างพลังงานในรูปของ ATP แต่นักเรียนเหล่านี้ก็ไม่ได้นึกถึงพลังงานส่วนหนึ่งที่สูญเสียในรูปของพลังงานความร้อน ในขณะที่มีการสลายพันธะคาร์บอนของโมเลกุลสารอาหาร

2. การหายใจแบบใช้ออกซิเจน

จากการสำรวจความเข้าใจเรื่องบทบาทของออกซิเจนในการหายใจ พบว่า นักเรียนร้อยละ 36.14 มีความเข้าใจว่าออกซิเจนเข้าไปในร่างกาย ถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ และ ร้อยละ 36.14 เข้าใจว่าออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย เพื่อมาแลกเปลี่ยนกับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นของเสียออกจากร่างกาย เพื่อการสร้างพลังงานทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ มีนักเรียนเพียงร้อยละ 16.87 ที่สามารถอธิบายบทบาทที่ชัดเจนของออกซิเจน ว่าออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายในระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการหายใจ ผลการสำรวจนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจว่าการหายใจเป็นกระบวนการเพื่อแลกเปลี่ยนระหว่างออกซิเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับการหายใจที่ไม่ครอบคลุมไปถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับเซลล์

ระบบการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เพื่อการสร้างพลังงานในรูปของ ATP อาศัยตัวนำอิเล็กตรอน คือ NAD^+ และ FAD^+ ซึ่งจะทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนและโปรตรอนจากขั้นตอน ไกลโคลิซิส การสร้างแอซิติล

โคเอนไซม์เอ และวัฏจักรเครบส์ จากการให้นักเรียนอธิบายผลของการขาดวิตามิน B3 ที่เป็นโครงสร้างของ NAD⁺ ต่อการหายใจระดับเซลล์ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเรื่อง ตัวนำอิเล็กตรอน และวิธีการสร้าง ATP โดยการเกิดฟอสโฟริเลชัน (Phosphorylation) พบว่า นักเรียนร้อยละ 16.98 สามารถอธิบายบทบาทของ NAD⁺ ได้ว่า เป็นสารตัวนำอิเล็กตรอนที่ถูกเปลี่ยนเป็น NADH จากขั้นตอนไกลโคลิซิส การสร้างแอซิติล-โคเอนไซม์เอ และวัฏจักรเครบส์ เพื่อเข้าสู่การถ่ายทอดอิเล็กตรอน เพื่อสร้าง ATP ในนักเรียนกลุ่มนี้มีนักเรียนร้อยละ 5.66 ที่อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า FAD⁺ เป็นสารตัวนำอิเล็กตรอนอีกตัวหนึ่งซึ่งเซลล์สามารถใช้ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพื่อสร้างพลังงานได้ นักเรียนร้อยละ 28.30 สามารถระบุได้ว่า NAD⁺ และ FAD⁺ เป็นตัวนำอิเล็กตรอนที่ใช้ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เพื่อสร้างพลังงานแต่ไม่สามารถระบุความเชื่อมโยงของขั้นตอนต่างๆ ในการหายใจได้ นักเรียนร้อยละ 16.98 ระบุได้ว่า NAD⁺ เกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP แต่ไม่สามารถอธิบายรายละเอียดได้ มีนักเรียนถึงร้อยละ 31 ที่ไม่ตอบและตอบไม่ตรงคำถาม ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดเรื่องการสร้าง ATP ซึ่งเกิดในสามขั้นตอนแรกของการหายใจแบบใช้ออกซิเจน ที่อาศัยปฏิกิริยาฟอสโฟริเลชัน แบบที่เรียกว่า ฟอสโฟริเลชันระดับซับสเตรต (Substrate Phosphorylation)

ผลการสำรวจนี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจบทบาทของตัวนำอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ นักเรียนอาจเพียงท่องจำได้ว่า NAD⁺ และ FAD⁺ เป็นสารตัวนำอิเล็กตรอนเพื่อเข้าสู่การถ่ายทอดอิเล็กตรอนและจดจำขั้นตอนของการหายใจแต่ละขั้นตอนแยกจากกัน โดยไม่สามารถเชื่อมโยงสารผลิตภัณฑ์ได้ในแต่ละขั้นตอนได้

3. การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

จากการสำรวจเรื่องการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน พบว่า นักเรียนร้อยละ 53.01 ไม่ได้คำนึงถึงการหายใจในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยเข้าใจว่าออกซิเจนเท่านั้นที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ในการสร้างพลังงานในระดับเซลล์ เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ แม้ว่านักเรียนบางส่วนจะเข้าใจว่าการหายใจ

สามารถเกิดขึ้นได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่นักเรียนร้อยละ 14.45 มีความเข้าใจว่า สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถใช้แก๊สอื่นในการดำรงชีวิตได้ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแนวคิดทางเลือกนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารตั้งต้น

เมื่อนักเรียนพิจารณาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในสภาพที่มีอากาศและไม่มีอากาศในหลอดทดลองที่มีปริมาณกลูโคสแตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของแบคทีเรีย พบว่า นักเรียนร้อยละ 42.17 มีแนวคิดว่าคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการหายใจเช่นเดียวกับการหายใจแบบใช้ออกซิเจน แต่นักเรียนร้อยละ 22.89 ไม่สามารถระบุได้ว่าจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจแบบใดมากกว่ากัน ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 19.28 มีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องว่าการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน จากการถามนักเรียนถึงการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อลายของคน พบว่า นักเรียนร้อยละ 36.14 มีแนวคิดที่ถูกต้องในขณะที่ออกกำลังกายมาร่างกายมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการสร้างพลังงานโดยการหายใจแบบใช้ออกซิเจน เซลล์กล้ามเนื้อลายจะสามารถหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนไปพร้อมกับหายใจแบบใช้ออกซิเจนเพื่อช่วยเสริมการสร้างพลังงาน ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 20.48 มีแนวคิดทางเลือกที่ว่า เซลล์กล้ามเนื้อลายจะหยุดการหายใจแบบใช้ออกซิเจนเปลี่ยนมาใช้การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแทน เมื่อร่างกายมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ

จากผลการสำรวจในเรื่องการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนแสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจกระบวนการทางเคมีของการหายใจน้อยมาก ในประเด็นของการสลายพันธะคาร์บอน การเกิดพลังงานและการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ Yip (2000) ได้วิเคราะห์ถึงสาเหตุในประเด็นนี้ไว้ว่า เนื่องจากหนังสือมักจะเน้นว่าการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้พลังงานน้อยกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน แต่ไม่ได้ชี้ให้เห็น

ว่ายังคงมีพลังงานอยู่ในพันธะคาร์บอนในรูปของแอลกอฮอล์ ที่ได้จากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบการหมักแอลกอฮอล์ หรือกรดแลกติกที่ได้จากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแบบการหมักกรดแลกติก และจากการสอนของครูที่ไม่เน้นให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการสลายพันธะคาร์บอนในโมเลกุลของกลูโคส

4. การหายใจของพืช

จากการสำรวจเรื่องการหายใจของพืช เมื่อให้นักเรียนระบุบริเวณที่มีการหายใจของพืช พบว่านักเรียนร้อยละ 25.30 เข้าใจว่าการหายใจของพืชสามารถเกิดขึ้นได้หลายบริเวณ เช่น ที่ราก ใบ และลำต้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 42.17 เข้าใจว่าการหายใจของพืชเกิดขึ้นที่ปากใบ ซึ่งสามารถเปิดรับออกซิเจนเข้าสู่เซลล์และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับเมื่อถามถึงการหายใจของเมล็ดพืชขณะงอก พบว่านักเรียนเข้าใจว่าเมล็ดพืชขณะที่ยังงอกจะยังไม่มีการหายใจ นักเรียนร้อยละ 22.89 เข้าใจว่า เมล็ดพืชจะใช้ออกซิเจนและน้ำเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการทางเคมีของการงอก และนักเรียนร้อยละ 45.78 เข้าใจว่า เนื่องจากการงอกอาศัยพลังงานจากสารอาหารที่เก็บไว้ เมล็ดพืชจะเริ่มหายใจเมื่อเริ่มมีใบ ผลการสำรวจนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดทางเลือกว่าการหายใจคือการแลกเปลี่ยนแก๊ส เป็นแนวคิดที่ไม่ครอบคลุมถึงการหายใจระดับเซลล์ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์เพื่อสร้างพลังงานมาใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลต่อการมีแนวคิดทางเลือกอื่นที่ว่าพืชมีการหายใจที่ใบตรงบริเวณที่เรียกว่า ปากใบ หรือส่วนต่างๆ ของพืช

เมื่อถามถึงเวลาที่เกิดการหายใจของพืช พบว่านักเรียนร้อยละ 65.06 มีแนวคิดทางเลือกว่าพืชหายใจเฉพาะในเวลากลางวัน และสังเคราะห์ด้วยแสงในเวลากลางวัน โดยนักเรียนร้อยละ 43.37 ให้เหตุผลว่าในเวลากลางวันพืชจะเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นออกซิเจนโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ต้องอาศัยแสงในปฏิกิริยา และนำออกซิเจนมาใช้ในการกระบวนการหายใจเพื่อเปลี่ยนออกซิเจนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเกิดขึ้นในเวลากลางวัน ใน

ขณะที่นักเรียนร้อยละ 21.69 ให้เหตุผลว่า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นปฏิกิริยาเคมีย้อนกลับกับกระบวนการหายใจ เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยแสงอาศัยแสงในการสร้างน้ำตาล และเกิดการหายใจเพื่อสลายน้ำตาลเป็นพลังงานในตอนกลางคืนที่ไม่มีแสง แนวคิดทางเลือกนี้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความสับสนเกี่ยวกับการเกิดกระบวนการหายใจกับการเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งทั้งสองกระบวนการเกี่ยวข้องกับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งนักเรียนมีความเข้าใจไม่ชัดเจนถึงหน้าที่ของการหายใจว่าเพื่อการสร้างพลังงานในกระบวนการต่างๆ ของเซลล์ ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา

เมื่อให้นักเรียนอธิบายสาเหตุของการที่พืชขาดตายเมื่อถูกน้ำท่วมขัง พบว่า นักเรียนร้อยละ 13.21 ให้เหตุผลเพียงว่าเนื่องจากพืชไม่สามารถปรับตัวได้ นักเรียนร้อยละ 18.87 ให้เหตุผลว่า เนื่องจากพืชได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้รากเน่า และไม่สามารถปรับตัว นักเรียนร้อยละ 30.19 ให้เหตุผลในเรื่องของการหายใจว่า พืชไม่สามารถหายใจได้ในสภาพน้ำท่วมเนื่องจากขาดออกซิเจน แต่ไม่อธิบายรายละเอียด นักเรียนร้อยละ 20.75 ให้เหตุผลเพิ่มเติมถึงเรื่องความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นสาเหตุให้พืชตาย จากผลการสำรวจนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องการหายใจของพืชน้อยมาก นักเรียนไม่สามารถระบุกระบวนการที่สำคัญที่ทำให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้ คือ การหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง

5. ความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์

จากการให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการดูดลมหายใจและลึกกับการหายใจระดับเซลล์ในขณะที่ออกกำลังกายและหลังออกกำลังกาย พบว่ามีนักเรียนเพียง 3 คน (ร้อยละ 3.77) ที่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดลมหายใจเข้าออกเพื่อการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในการหายใจระดับเซลล์ เพื่อการสร้างพลังงานให้เพียงพอแก่ความต้องการและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลลัพท์ของการหายใจที่เป็นของเสียออกนอกร่างกาย นักเรียนร้อยละ 15.09 อธิบายว่าเนื่องจากความต้องการ

พลังงานในการออกกำลังกาย ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 24.53 อธิบายเพิ่มเติมถึงความต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมาก และต้องการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่มากเช่นกัน นักเรียนร้อยละ 35.85 อธิบายความสัมพันธ์ได้ทั้งความต้องการออกซิเจนจำนวนมากเพื่อนำไปใช้ในการหายใจระดับเซลล์ เพื่อการสร้างพลังงานให้เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย แต่นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้ระบุถึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลลัพธ์ที่เป็นของเสียของการหายใจที่ร่างกายต้องการกำจัดออกจากร่างกายโดยอาศัยการทำงานของระบบหายใจ ผลการสำรวจนี้แสดงว่านักเรียนมีแนวคิดเพียงว่าร่างกายต้องการใช้พลังงาน ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนจากการสูดลมหายใจเข้า และ ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กับลมหายใจออก นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเรื่องการหายใจภายนอกของคนที่ประกอบด้วย การสูดลมหายใจ และการแลกเปลี่ยนแก๊ส กับการหายใจในระดับเซลล์ในประเด็นของความสัมพันธ์ที่เชื่อมต่อกันของสารตั้งต้นและสารผลลัพธ์ ที่ได้จากการหายใจภายนอก เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างพลังงานซึ่งเป็นจุดประสงค์และผลลัพธ์ที่สำคัญของการหายใจ รวมทั้งยังไม่สามารถเชื่อมโยงการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ร่างกายต้องปล่อยออกจากลมหายใจออก ว่าเกิดจากการหายใจในระดับเซลล์

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดทางเลือกเรื่องของการหายใจในทุกหัวข้อย่อย การที่นักเรียนที่แนวคิดทางเลือกนี้อาจส่งผลไปยังการมีแนวคิดทางเลือกในเรื่องอื่นที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง หรือการถ่ายทอดพลังงาน ผลการวิจัยบ่งชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจน้อยมากในเรื่องของกระบวนการทางเคมีของการหายใจ เนื่องจากเป็นเรื่องนามธรรม อีกทั้งนักเรียนยังต้องมีแนวคิดพื้นฐานทางเคมีที่ถูกต้องอีกด้วย ดังนั้นเรื่องการหายใจจึงถูกระบุว่าเป็นเรื่องที่ยากต่อการเรียนของนักเรียนและยากต่อการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอน (Sander,

1993) ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะดังนี้

1. ครูผู้สอนและผู้พัฒนาหลักสูตรควรตระหนักถึงความสำคัญของแนวคิดทางเลือกของนักเรียน ทั้งในเรื่องที่ทำการสอนและเรื่องที่เป็นพื้นฐานความรู้ก่อนที่จะเรียนเรื่องนั้นๆ รวมทั้งตรวจสอบหรือหาสาเหตุที่ทำให้เกิดแนวคิดทางเลือก เพื่อหาทางป้องกันแนวคิดทางเลือกที่จะเกิดขึ้นได้
2. ในการสอนเรื่องการหายใจ ครูควรจะเน้นถึงความหมายของคำว่า การหายใจทางชีววิทยา เพื่อป้องกันความสับสนที่เกิดขึ้นจากการใช้ภาษาในชีวิตประจำวัน เน้นให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของสารตั้งต้น สารตัวกลาง และผลลัพธ์ที่เกิดในแต่ละขั้นตอนของการหายใจระดับเซลล์ เพื่อให้นักเรียนอธิบายได้ถึงกาเกิดเป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง ให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสร้าง ATP ในแต่ละขั้นตอน เพื่อสรุปได้ถึงวิธีการสร้าง ATP
3. ครูควรเชื่อมโยงเรื่องการหายใจกับปรากฏการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นนามธรรม กับแนวคิดที่เป็นรูปธรรมที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน จะทำให้นักเรียนได้เข้าใจความความสัมพันธ์ ความต่อเนื่องของการเรียนชีววิทยา เช่น ความเข้าใจการทำงานร่วมกันของระบบต่างๆ ในร่างกาย ตั้งแต่ระดับโครงสร้างจนถึงระดับเซลล์

References

- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม. 2547. สำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ 25(2): 139-149.

- สิริรัตน์ สุขทัษะ. 2543. แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับ
มโนคติชีววิทยา: การหายใจ การหายใจและ
การสังเคราะห์ด้วยแสง และการสังเคราะห์
ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ในโรงเรียนที่มีระดับความพร้อมในการ
สอนวิทยาศาสตร์ต่างกัน. การศึกษามหา
บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
2545. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- เยาวเรศ ใจเย็น, เพ็ญศรี บุญสุวรรณค์สง, และ นฤมล
ยุตาคม. 2550. แนวคิดเรื่องสมดุลเคมีของ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.
วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์
และมนุษยศาสตร์ 13(4): 541-553.
- Anderson, C., Sheldon, T. and Dubay, J. 1990. The
effects of instruction on college nonmajors'
conceptions of respiration and
photosynthesis. **Journal of Research in
Science Teaching**. 27(8): 761-776.
- Gunstone, R. F. 1990. Children's Science: A Decade
of Developments in Constructivist Views
of Science Teaching and Learning. **The
Australian Science Teachers Journal**
36(4): 9-19.
- Lin, C.-Y. and Hu, R. 2003. Students' understanding
of energy flow and matter cycling in the
context of the food chain, photosynthesis,
and respiration. **International Journal of
Science Education**. 25(12): 1529-1544.
- Llewellyn, D. 2001. **Inquiry within: Implementing
inquiry-based science standards**. USA:
Corwin Press.
- Sanders, M. 1993. Erroneous Ideas about respiration:
the teacher factor. **Journal of Research
in Science Teaching**. 30(8): 919-934.
- Songer, C. and Mintzes, J. 1994. Understanding
cellular respiration: an analysis of
conceptual change in college biology.
Journal of Research in Science Teaching.
31(6): 621-637.
- Tan, Goh, Chia and Treagust. 2002. Development
and application of a two-tier multiple choice
diagnostic instrument to assess high school
students' understanding of inorganic
chemistry qualitative analysis. **Journal of
Research in Science Teaching**. 39(4):
283-301.
- Yip, D. Y. 2000. Promoting a better understanding
of lactic acid fermentation. **Journal of
Biological Education**. 35(1): 37-40.

ตารางที่ 1 แนวคิดทางเลือกเรื่องการหายใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แนวคิดทางเลือก	ร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดทางเลือก
ความหมายและผลที่ได้จากการหายใจ	
จุลินทรีย์เป็นสัตว์ชั้นต่ำ ที่มีขนาดเล็ก ไม่มีอวัยวะที่ใช้ในการหายใจ	59.03
ออกซิเจนสามารถแพร่เข้าเซลล์และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากเซลล์ได้โดยการแพร่ จึงไม่เกิดการหายใจ	
พลังงานที่ใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตได้มาจากสารอาหาร ไม่ได้มาจากการหายใจ	15.66
พลังงานที่ได้จากการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตได้มาจากการย่อยอาหาร	30.12
การสร้างพลังงานในการหายใจได้ในรูป ATP ไม่มีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น	50.60
การหายใจแบบใช้ออกซิเจน	
การเจริญเติบโตของแบคทีเรียขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหาร	36.14
ออกซิเจนเพียงช่วยในการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย	
ออกซิเจนเข้ามาในร่างกาย เพื่อแลกเปลี่ยนกับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นของเสียออกนอกร่างกาย	36.14
ออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ของร่างกาย เพื่อให้เซลล์มีชีวิตอยู่รอด แต่พลังงานได้มาจากการย่อยอาหาร	30.12
การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	
ออกซิเจนเท่านั้นที่มีชีวิตสามารถนำไปใช้ในการสร้างพลังงานในระดับเซลล์	53.01
เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ	
สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถใช้แก๊สอื่นในการดำรงชีวิตได้ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์	14.45
การหายใจทั้งใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ได้ผลลัพธ์ คือคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน	22.89
แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจแบบใดมากกว่ากัน	
การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน	19.28
เซลล์กล้ามเนื้อลายสามารถหายใจได้ทั้งสองแบบ คือ ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อมีออกซิเจน	12.05
ไม่เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์เพื่อสร้างพลังงานในขณะนั้น เซลล์กล้ามเนื้อลาย จึงเปลี่ยนมาหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อให้มีการสร้างพลังงานตลอดเวลา	
ในขณะที่ออกกำลังกายมากๆ เราต้องการพลังงานจำนวนมาก ซึ่งการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	25.30
ได้พลังงานมากกว่าการหายใจแบบใช้ออกซิเจน ดังนั้นเซลล์กล้ามเนื้อลายจึงเปลี่ยนเป็น	
การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนแทน	
การหายใจในพืช	
ในเวลากลางวันพืชจะเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นออกซิเจนโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์	43.37
ด้วยแสง ที่ต้องอาศัยแสงในปฏิกิริยา และนำออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการหายใจ เปลี่ยน	
ออกซิเจนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเกิดขึ้นเวลากลางคืน	
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกระบวนการหายใจเป็นปฏิกิริยาทางเคมีย้อนกลับซึ่งกันและ	21.69
กัน ในเวลากลางวันที่มีแสง จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เพื่อสร้างน้ำตาล ในเวลา	
กลางคืนที่ไม่มีแสง พืชจึงจะเกิดกระบวนการหายใจ ใช้น้ำตาลที่พืชสร้างเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน	
ที่ใบพืชจะมีโครงสร้างที่เรียกว่า ปากใบ ซึ่งสามารถเปิดนำออกซิเจนในอากาศเข้าสู่เซลล์และ	42.17
ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อม การหายใจจึงเกิดที่บริเวณใบเท่านั้น	
พืชสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ที่ใบ ราก และ ลำต้น แล้วแต่ชนิด	25.30
ขณะที่มีการงอก เมล็ดพืชจะใช้ออกซิเจนและน้ำเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการทางเคมี	22.89
ของการงอก ไม่เกี่ยวข้องกับการหายใจ	
ขณะที่พืชกำลังงอกต้องใช้สารอาหารที่เก็บไว้ในเมล็ดมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน ซึ่งเป็น	45.78
กระบวนการทางเคมีของการงอก ยังไม่มีการหายใจเกิดขึ้น จนกว่าพืชจะมีใบจึงเกิดการหายใจ	

ตารางที่ 1 แนวคิดทางเลือกเรื่องการหายใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

แนวคิดทางเลือก	ร้อยละของนักเรียน ที่มีแนวคิดทางเลือก
พืชตายเมื่อถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน เนื่องจากพืชไม่สามารถปรับตัวได้ในสภาพที่มีน้ำท่วม	13.21
พืชตายเนื่องจากได้รับน้ำมากเกินไป ทำให้รากเน่า และไม่สามารถปรับตัวได้	18.87
พืชตายเนื่องจาก พืชไม่สามารถหายใจในสภาพที่มีน้ำท่วมได้ เนื่องจากขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ	30.19
พืชได้รับน้ำมากเกินไป และยังขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจ และการที่น้ำท่วมยังส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	20.75
ความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจภายนอกกับการหายใจระดับเซลล์	
การสูดลมหายใจถี่ๆ ในขณะที่ออกกำลังกายหรือหลังการออกกำลังกายเนื่องจากร่างกายต้องการพลังงานไปใช้ในการออกกำลังกาย	15.09
การสูดลมหายใจถี่ๆ เนื่องจากร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนมาก และต้องการเอาคารบอนไดออกไซด์ที่มีจำนวนมากออกจากร่างกายเช่นกัน	24.53
สูดลมหายใจถี่ๆ เกี่ยวข้องกับการนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์เพื่อให้ได้พลังงาน หรือ ATP มากขึ้น	35.85