

ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา

Pre-service Biology Teachers' Understandings about Nature of Scientific Inquiry

ลือชา ลดาชาติ* และ ลฎาภา ลดาชาติ**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยาจำนวน 30 คน เกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความและจัดกลุ่มคำตอบแบบอุปนัย ผลการวิจัยแสดงว่า นิสิตส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์บางลักษณะ (เช่น ความหลากหลายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ความจำเป็นของคำถามในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐาน) อย่างไรก็ตาม นิสิตส่วนใหญ่เข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์บางลักษณะ (เช่น ความเป็นอัตวิสัยที่แฝงอยู่ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์) และการใช้หลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์) การวิจัยนี้ให้ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมให้นิสิตเข้าใจธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็พื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

คำสำคัญ: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นิสิตครูวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

This research aimed at studying 30 pre-service biology teachers' understandings about nature of scientific inquiry. The researchers collected data using a questionnaire and analyzed the data through interpreting and inductively categorizing the answers. The research results showed that most of the students did not understand some

*อาจารย์ วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา (email: ladachart@gmail.com)

**อาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

aspects of nature of scientific inquiry (e.g., various ways to do scientific inquiry, necessity of questions in doing scientific inquiry, and the difference between data and evidence). However, they understood some aspects of nature of scientific inquiry (e.g. subjectivity inherently embedded in scientific inquiry and the use of evidence and knowledge in constructing scientific explanations). This research gives suggestions about facilitating the pre-service teachers to understand nature of scientific inquiry, which is necessary for them to implement scientific inquiry-based instruction during practicum.

Keywords: Nature of Science, Scientific Inquiry, Pre-service Science Teachers

บทนำ

ประเทศไทยได้กำหนดให้ “การรู้วิทยาศาสตร์” (Scientific Literacy) เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Yuenyong & Narjaikaw, 2009) ซึ่งนักเรียนทุกคนควรมีความสามารถในการทำ ความเข้าใจและมีส่วนร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏในชีวิตประจำวันได้อย่างมีความหมาย (Fives, Huebner, Birnbaum, & Nicolich, 2014) ในการนี้ ประเทศไทยเล็งเห็นว่า “การสืบเสาะหาความรู้” (Inquiry) เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่จะพัฒนานักเรียนสู่การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้จึงได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมา จากความคิดที่ว่า วิทยาศาสตร์เป็นทั้งความรู้และกระบวนการ ซึ่งไม่สามารถแยก ออกจากกันได้อย่างสิ้นเชิง นักเรียนจึงควรได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ “ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการ” (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553: 1) เช่นเดียวกับ กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดนี้สอดคล้อง กับทฤษฎีการเรียนรู้ที่ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นอย่างมีความหมายเมื่อนักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติ มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และอภิปรายกับผู้อื่น ทั้งนี้เพื่อตอบคำถาม ที่ตนเองอยากรู้ (Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, Westbrook,

& Landes, 2006) โดยนักเรียนควรมีโอกาสทบทวนความคิดของตนเองด้วยมุมมองจากข้อมูลใหม่ ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม ครูหลายคนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้โดยครูจำนวนหนึ่งสับสนระหว่าง “การสืบเสาะหาความรู้” และ “การค้นคว้าหาความรู้” (ธิตยา บงกชเพชร และ วรณทิพา รอดแรงคำ, 2553) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเข้าใจที่ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้คือ “(การ) ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล ... (แล้ว) เอมารวมกัน มีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (หรือ) ให้ทำเป็นรายงานรูปเล่ม ... (จากนั้น) ครูจะสอนเพิ่มเติมจากที่ (นักเรียน) ค้นมา” (จุฬารัตน์ เลี้ยงไกรลาศ และ นฤมล ยุตะคม, 2553: 29) ในขณะเดียวกัน แม้ครูอีกจำนวนหนึ่งเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้คือการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ แต่การปฏิบัตินั้นก็เพียงการปฏิบัติตามขั้นตอนที่แน่นอนโดยปราศจากความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัตินั้นอย่างแท้จริง (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2552)

ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่นที่ กาญจนา มหาลี และ ชาตรี ฝ้ายคำดา (2553) พบว่า ร้อยละ 71 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 110 คน ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในขณะเดียวกัน สุทธิดา จำรัส นฤมล ยุตะคม และ พรทิพย์ ไชยโส (2552) ก็พบว่า ประมาณร้อยละ 53 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้เข้าใจคล้ายกันว่า การทดลองที่มีขั้นตอนแน่นอนตายตัวเป็นวิธีการเดียวหรือวิธีการที่ดีที่สุดของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แม้ประเทศไทยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้มาเป็นเวลานาน แต่หากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางนี้จะประสบผลสำเร็จได้นั้น ครูจำเป็นต้องเข้าใจว่า การสืบเสาะหาความรู้ในทางวิทยาศาสตร์แท้จริงแล้วเป็นอย่างไร แต่การวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจของครูเรื่องนี้ยังมีน้อยมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า นิสิตที่กำลังจะออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ผลการวิจัยจะช่วยให้ข้อมูลที่จะเป็นแนวทางในการผลิตและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะหาความรู้ที่สอดคล้องกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงต่อไป

ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่สะท้อนภาพการทำงานทางวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง นักวิจัยจำนวนหนึ่งจึงพยายามหาแนวทางในการส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สะท้อนลักษณะสำคัญของการทำงานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น Hodson (1988) เล็งเห็นว่า สิ่งที่ขาดหายไปจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไปคือ ลักษณะทางปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนควรได้เรียนรู้ว่า นักวิทยาศาสตร์พัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กันอย่างไร อะไรทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ และอะไรคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ให้คุณค่าและยึดถือร่วมกัน หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นลักษณะทางปรัชญาของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น ซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” (Nature of Science)

ในการนี้ นักวิจัยได้ร่วมกันกำหนดลักษณะสำคัญของ “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ไว้ 6 ประการ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดย ลีอชา ลดาชาติ ฤฎาภา สุทธกุล และ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2556: 271 - 272) ได้สรุปโดยย่อไว้ ดังนี้

(1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการลงข้อสรุปจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (3) ความรู้ มุมมอง และประสบการณ์เดิมของนักวิทยาศาสตร์ มีอิทธิพลต่อการตีความและการลงข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์ (4) นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (5) แม้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งชั่วคราวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และ (6) การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ภายใต้อิทธิพลของความคิด ความเชื่อ ค่านิยม และวัฒนธรรมของคนในสังคม

เนื่องจากลักษณะสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 6 ประการข้างต้นมุ่งเน้นการบรรยายธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งชั่วคราว) มากกว่าการบรรยายธรรมชาติของกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (เช่น นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์) ในเวลาต่อมา Lederman, Lederman, Bartos, Bartels, Meyer, & Schwartz (2014: 68 - 72) จึงได้สรุปลักษณะสำคัญของ “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” ให้เด่นชัดมากขึ้น ดังนี้

1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มิได้หลายประเภท เช่น การสำรวจ การหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร และการทดลอง ดังนั้น การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน
2. แม้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีหลายประเภท แต่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกประเภทเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์
3. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้น
4. แม้นักวิทยาศาสตร์ใช้กระบวนการเดียวกันในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ แต่ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อาจไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน และวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนใช้ในการจัดการกับข้อมูลแปลกปลอมที่เกิดขึ้น
5. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (เช่น การกำหนดตัวแปร การวัดค่าของตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายของข้อมูล) สามารถ มีอิทธิพลต่อผลการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
6. ไม่ว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นประเภทใดและมีกระบวนการอย่างไร ผลการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้
7. ในทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐาน ข้อมูลเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้ทั้งหมด ในขณะที่หลักฐานเป็นสิ่งที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะถูกนำมาใช้ลงข้อสรุปและตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์
8. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานและความรู้ที่มีอยู่ การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงควรสะท้อนลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 8 ประการเหล่านี้

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (ลือชา ลดาชาติ, 2558) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความเข้าใจของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยาชั้นปีที่ 4 เกี่ยวกับ “ธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์” รายละเอียดของวิธีการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลเป็นนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยาชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน (ชาย 5 คน และหญิง 25 คน) ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรีคู่ขนาน (5 ปี) นิสิตเหล่านี้ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาศิลปะการสอน ซึ่งเปิดสอนในภาคเรียนฤดูร้อนของปีการศึกษา 2558 (กุมภาพันธ์-มีนาคม 2559) และสมัครใจให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ นิสิตเหล่านี้เพิ่งเสร็จสิ้นการทำโครงการวิทยาศาสตร์ตามข้อกำหนดของหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตในภาคเรียนที่ผ่านมา (ภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2558) และได้ผ่านการการเรียนรู้ในรายวิชาเกี่ยวกับวิชาชีพครูต่าง ๆ รวมทั้งการสังเกตและทดลองปฏิบัติการสอนในโรงเรียนมาแล้ว โดยในปีการศึกษาถัดไป (ปีการศึกษา 2559) นิสิตครูเหล่านี้จะต้องออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนเป็นเวลา 1 ปี พร้อมกับการทำวิจัยในชั้นเรียนตามข้อกำหนดของหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต ในรายงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างอิงนิสิตแต่ละคนโดยใช้ตัวอักษร S แล้วตามด้วยหมายเลข 1 – 30 (เช่น S1 – S30) โดย S1 – S5 เป็นนิสิตชาย ในขณะที่ S6 – S30 เป็นนิสิตหญิง ทั้งนี้เพื่อปกป้องความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับนิสิตในภายหลัง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามของ Lederman et al. (2014) ซึ่งผู้วิจัยแปลเป็นภาษาไทย (ดังปรากฏในภาคผนวก) ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามให้นิสิตแต่ละคนทำในเดือนกุมภาพันธ์ 2559 เป็นเวลา 1 วัน โดยนิสิตสามารถนำแบบสอบถามกลับไปทำที่บ้านหรือหอพักได้ ทั้งนี้เพื่อให้การทำแบบสอบถามรบกวนเวลาในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้กำชับนิสิตให้ทำแบบสอบถามด้วยตัวเอง ซึ่งคำตอบของนิสิตจะไม่ส่งผลกระทบต่อคะแนนในรายวิชาศิลปะการสอน แต่ก่อนที่นิสิตจะนำแบบสอบถามกลับไปทำนั้น ผู้วิจัยได้ให้นิสิตทุกคนอ่านคำถามในแบบสอบถามทุกข้อ และสอบถามหากนิสิตไม่เข้าใจข้อคำถามใด ๆ ในการนี้ นิสิตคนหนึ่งสงสัยว่าคำถามข้อที่ 7 มีข้อผิดพลาดหรือไม่ ทั้งนี้เพราะข้อมูลในตารางขัดแย้งกับสิ่งที่ตนเองรับรู้มา เนื่องจากคำถามข้อนี้มีเจตนาเสนอข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับความรู้เดิมของนิสิต ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบว่า นิสิตจะลงข้อสรุปจากข้อมูลนั้นอย่างไร ผู้วิจัยจึงยืนยันกับนิสิตทั้งชั้นว่า คำถามข้อที่ 7 ไม่มีข้อผิดพลาดใด ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเริ่มต้นจากการอ่านคำตอบของนิสิตทีละคนในคำถามที่ละข้อ ทั้งนี้เพื่อพิจารณาว่า นิสิตแต่ละคนเข้าใจแต่ละลักษณะของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร จากนั้น ผู้วิจัยจึงจัดคำตอบของนิสิตออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความหมายของแต่ละคำตอบ เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเกิดขึ้นในครั้งแรกที่ผู้วิจัยพบนิสิต ดังนั้น ผู้วิจัยจึงยังไม่รู้จักนิสิตทุกคนเป็นการส่วนตัว ซึ่งช่วยลดอคติในการตีความหมายข้อมูลของผู้วิจัยได้ในระดับหนึ่ง เมื่อผู้วิจัยทำการจัดกลุ่มคำตอบของนิสิตเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างคำตอบไปให้ผู้วิจัยอีกคนหนึ่งทำการตรวจสอบ จากนั้น ผู้วิจัยทั้งสองร่วมกันตีความ อภิปราย และหาข้อสรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มคำตอบของนิสิตอีกครั้งตามลำดับความสอดคล้องกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ Lederman et al. (2014) ได้บรรยายไว้ จนกระทั่งผู้วิจัยทั้งสองเห็นพ้องต้องกันทั้งหมด

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา ชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน เกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 8 ประการ ผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลาย และไม่ต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 2 ซึ่งถามว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีได้มากกว่า 1 ประเภทหรือไม่” พร้อมทั้งให้นิสิตยกตัวอย่างการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ คำถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจที่ว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจ การทดลอง และการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ดังนั้น การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่แน่นอน

ในการนี้ นิสิต 3 คน ระบุว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้มากกว่า 1 ประเภท นิสิตเหล่านี้อ้างถึง “การสำรวจ” และ “การทดลอง” ซึ่งแตกต่างกันในแง่ที่ว่า การสำรวจเป็นการศึกษาสิ่งต่าง ๆ ตามสภาพจริงของสิ่งนั้น ในขณะที่การทดลองเกี่ยวข้องกับการจัดกระทำและควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “วิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การทดลอง การสำรวจ ซึ่งแตกต่างกัน การทดลอง

จะมีตัวแปรในการศึกษา ส่วนการสำรวจจะเป็นการจดบันทึกสิ่งที่พบตามความเป็นจริง และทั้ง 2 วิธีนี้จะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือและมีความบกพร่องน้อยที่สุด จึงเป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์” (S23)

ในขณะเดียวกัน นิสิต 22 คน แม้ระบุว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีได้มากกว่า 1 ประเภท แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างที่ชัดเจนได้ นิสิตเหล่านี้มักอ้างถึง “การทดลอง” ซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับวิธีการอื่นๆ เช่น การกำหนดปัญหา การศึกษาจากหนังสือ การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การคำนวณ และการจำแนก ซึ่งไม่ใช่ประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ วิธีการเหล่านี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (National Research Council [NRC], 1996) ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “1. การสังเกต 2. การทดลอง (ซึ่ง) แตกต่างกันในวิธีการในการศึกษา” (S3) ส่วนนิสิตอีก 3 คน ระบุว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีเพียงประเภทเดียว ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่แน่นอนของ “วิธีการทางวิทยาศาสตร์” (การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล) ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “การทำงานของนักวิทยาศาสตร์มีวิธีการทำงานอย่างมีระบบ มีขั้นตอน ได้มีการพัฒนาการสืบทอดกันมาตามลำดับ จนได้ชื่อว่าเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์” (S6) ในขณะที่ นิสิต 2 คนไม่ตอบคำถามข้อนี้

ความไม่เข้าใจความหลากหลายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทำให้นิสิต 16 คน เข้าใจว่า การเฝ้าศึกษาพฤติกรรมการกินอาหารและลักษณะปากของนก เป็นการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งที่การศึกษานี้ไม่ได้มีการกระทำหรือควบคุมตัวแปรใด ๆ นิสิตเหล่านี้ให้เหตุผลโดยการระบุว่า การศึกษานี้เป็นการทดลองเพราะ “การเก็บข้อมูล” และ “การสรุปผล” ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “เป็นการทดลอง เพราะชายคนนี้เขาสงสัยลักษณะของปากนก ซึ่งเป็นการตั้งปัญหา และชายคนนี้เขาเริ่มต้นเก็บข้อมูล แสดงว่า เขาได้มีการวางแผนและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ จนสามารถวิเคราะห์และได้ข้อสรุปของปัญหา” (S16) ผลการวิจัยส่วนนี้จึงระบุว่า นิสิตส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับความหลากหลายของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และมีความสับสนระหว่างประเภทของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กับวิธีการต่าง ๆ ที่เป็นส่วนหนึ่งของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นิสิตส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถระบุความแตกต่างระหว่างการทดลองและการสำรวจได้

2. การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 3 ซึ่งถามเกี่ยวกับบทบาทของคำถามทางวิทยาศาสตร์ในฐานะจุดเริ่มต้นของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า นิสิต 9 คน ตอบว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะคำถามทางวิทยาศาสตร์จะกำหนดทั้งเป้าหมายและแนวทางของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หากปราศจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ในตอนเริ่มต้นแล้ว การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ก็จะไร้ทิศทาง ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ถ้าไม่เกิดคำถาม ก็ไม่เกิดความสงสัย และไม่เกิดการทดลอง การเกิดคำถามจะทำให้เราสงสัยและทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย...คนที่ไม่เกิดคำถาม(จะ)ทดลองโดยไม่มีจุดมุ่งหมาย” (S24)

ในขณะที่ นิสิต 21 คน กลับตอบว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นจากคำถามทางวิทยาศาสตร์ หากแต่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถเริ่มต้นจากข้อสงสัยทั่วไปที่ไม่ใช่คำถามทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “การที่เราจะศึกษาวิทยาศาสตร์นั้น ไม่จำเป็นต้องตั้งคำถาม เพียงแค่เราอยากศึกษาหรือทดลองหรือสำรวจอะไรก็ได้ สิ่งเหล่านี้เราก็สามารถนำมาโยงกับวิทยาศาสตร์ได้อยู่ดี คือ สุ่มคิดว่า เราไปไหนหรือเดินผ่านอะไร แล้วเห็นว่ามันน่าสนใจ เราก็สามารถนำมาเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์ได้แล้ว” (S7) นิสิตเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเข้าใจว่า การสังเกตสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันอาจนำไปสู่ข้อสงสัย ซึ่งนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้โดยทันที แต่นิสิตเหล่านี้ไม่ตระหนักว่า ข้อสงสัยทั่วไปจากการสังเกตเช่นนั้นไม่อาจนำไปสู่การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งนี้เพราะยังขาดกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่จะชี้แนะว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นอย่างไร (Lederman et al., 2014)

3. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถาม

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 6 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ 2 กลุ่มว่า การทดลองแบบใดสามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “ยางแต่ละยี่ห้อสามารถทนต่อการวิ่งไปบนถนนได้เท่ากันหรือไม่” ได้ดีกว่ากัน โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองกับยาง 3 ยี่ห้อบนพื้นถนนแบบเดียวกัน ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ทำการทดลองกับยาง 1 ยี่ห้อบนพื้นถนน 3 ชนิด คำถามข้อนี้ต้องการวัดความเข้าใจของนักเรียนว่า การออกแบบการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใดๆ จะเป็นไปตามลักษณะของคำถามที่นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งขึ้น

นิสิต 24 คน ตอบได้ว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ดีกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 โดยนิสิตเหล่านี้ให้เหตุผลว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 สามารถตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 คำตอบลักษณะนี้แสดงให้เห็นว่า นิสิตเหล่านี้เข้าใจว่าคำถามทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่กำหนดว่า กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นอย่างไร ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “กลุ่มที่ 1 ทำการทดสอบยาง 3 ยี่ห้อบนพื้นถนนแบบเดียวกัน สัมพันธ์กับคำถามที่ว่า ยางรถแต่ละยี่ห้อสามารถทนต่อการวิ่งไปบนถนนได้เท่ากันหรือไม่เพราะคำถามคือแต่ละยี่ห้อ->ทนต่อการวิ่ง”(S20)

แต่ในขณะเดียวกัน นิสิต 6 คน กลับตอบว่า การทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ดีกว่าการทดลองของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “กลุ่มที่ 2 ดีกว่า เพราะเราจะรู้ไปเลยว่า ยางรถยี่ห้อนี้มีความคงทนมากน้อยแค่ไหน จากพื้นถนน 3 แบบ เพราะแต่ละพื้นที่มีสภาพทั้งพื้นที่ขรุขระ ลาดยาง หรือไม่กี่อาจเป็นหลุมเป็นบ่อก็ได้ ยางแต่ละยี่ห้อจะมีแบบไม่เหมือนกันอยู่แล้ว เราก็ควรทดลองยางรถเพียงยี่ห้อเดียวไปก่อน แล้วค่อยมาทดสอบยางยี่ห้ออื่น ๆ ทีหลัง” (S7) คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นิสิตเหล่านี้ยังไม่เข้าใจว่า กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นไปตามลักษณะของคำถามทางวิทยาศาสตร์

4. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เดียวกันอาจไม่ให้ผลที่เหมือนกันเสมอไป

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 4 ซึ่งถามว่า “ถ้านักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้จำเป็นต้องได้ข้อสรุปเหมือนกันหรือไม่” คำถามข้อนี้มุ่งศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความเป็นอัตวิสัยที่แฝงอยู่ในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความแตกต่างกันในแง่ของภูมิหลัง ความรู้ ประสบการณ์ แนวคิดทางทฤษฎี การตีความข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ถึงแม้ว่านักวิทยาศาสตร์จะมีคำถามเดียวกัน เก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน และได้ข้อมูลเหมือนกัน ก็ไม่ใช่สิ่งที่จะรับประกันว่า พวกเขาจะได้ข้อสรุปที่เหมือนกันเสมอไป

ในการนี้ นิสิต 27 คน เข้าใจว่า แม้นักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน แต่นักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นไม่จำเป็นต้องได้ข้อสรุปที่เหมือนกันเสมอไป นิสิตเหล่านี้ให้เหตุผลโดยการอ้างถึงการที่นักวิทยาศาสตร์

แต่ละคนมีแนวคิดและมุมมองที่แตกต่างกันดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ไม่เพราะทุกคนมีความคิดที่ไม่ตรงกันเสมอไป แม้จะทำเรื่องเดียวกันก็ตาม ต่างมีแนวคิดมุมมองที่ต่างกันออกไป” (S14) คำตอบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า นิสิตเหล่านี้เข้าใจว่าธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ใดๆ มักมีความเป็นอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์แฝงอยู่

อย่างไรก็ดี นิสิต 3 คน ไม่เข้าใจความเป็นอัตวิสัยของนักวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นิสิตเหล่านี้คิดว่า หากนักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกันและเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกันแล้ว นักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นต้องได้ข้อสรุปเดียวกัน ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “เหมือนกัน เนื่องจากคำถามเดียวกัน การตั้งสมมติฐานเหมือนกัน เก็บข้อมูลเดียวกัน ดังนั้น คำตอบที่ได้หรือข้อสรุปจะต้องเหมือนกันหรือคล้ายกันแน่นอน เพราะเวลาสรุปก็ต้องมีการสรุปแบบมีเหตุมีผลตามหลักวิทยาศาสตร์” (S8) นิสิตเหล่านี้มีแนวโน้มจะเพิกเฉยบทบาทของการลงสรุปจากข้อมูล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ และแนวคิดทางทฤษฎีของตนเองร่วมด้วย

5. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีอิทธิพลต่อผลที่จะเกิดขึ้น

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 7.3 ซึ่งถามว่า ข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่พืชได้รับแสงและความสูงของพืช (ดังตารางในภาคผนวก) เป็นไปตามความคาดหวังของนิสิตหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลชุดนี้มีความขัดแย้งกัน ในตัวเอง โดยข้อมูลในแถวที่ 1 2 3 และ 6 เป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ว่าแสงเป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชดังนั้นยังพืชได้รับแสงมาก พืชก็ยิ่งเจริญเติบโตได้เร็วและสูงมาก แต่ข้อมูลในแถวที่ 4 และ 5 กลับเป็นข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะพืชที่ได้รับแสง 15 นาที่/วัน กลับมีความสูงที่น้อยกว่าพืชที่ได้รับแสง 20 นาที่/วัน ความขัดแย้งในข้อมูลชุดนี้ บ่งบอกว่า กระบวนการทดลองนี้อาจมีข้อผิดพลาดบางอย่าง คำถามข้อนี้จึงมุ่งวัดว่า หากนิสิตประสบกับชุดข้อมูลที่ขัดแย้งกันเอง นิสิตจะตั้งข้อสงสัยหรือไม่ว่า ข้อมูลชุดนี้อาจเป็นผลมาจากกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ผิดพลาด

นิสิต 23 คน ตระหนักถึงข้อมูลแปลกปลอมที่ปรากฏในตาราง โดยนิสิตเหล่านี้ระบุว่า ข้อมูลชุดนี้ไม่เป็นไปตามที่ตนเองคาดการณ์ไว้ ทั้งนี้เพราะข้อมูลนั้นไม่สอดคล้องกับความเข้าใจของตนเองที่ว่า หากพืชได้รับแสงมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ดี ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ไม่เป็นไปตามที่คิด เพราะพืชที่ได้รับแสงมากควรมี

การเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับแสงหรือรับแสงน้อย เนื่องจากพืชใช้แสงในการสังเคราะห์อาหาร ดังนั้น พืชที่ไม่ได้รับแสงควรมีการเจริญเติบโตที่น้อยที่สุด และพืชที่ได้รับแสงมากที่สุดควรมีการเจริญเติบโตมากที่สุด ตามลำดับ” (S26) อย่างไรก็ตาม ในจำนวนนิสิตเหล่านี้ มีนิสิตเพียง 2 คนเท่านั้นที่ระบุว่า ความขัดแย้งในข้อมูลชุดนี้อาจเกิดจากความผิดพลาดในระหว่างการทดลอง โดยเฉพาะการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ยังไม่รัดกุมเพียงพอ ในขณะที่นิสิตที่เหลืออีก 21 คน ไม่มีการอ้างถึงความผิดพลาดในระหว่างการทดลองที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลองนี้

นิสิต 7 คน ระบุว่า ข้อมูลในตารางเป็นไปตามที่ตนเองคาดหวังไว้ นิสิตกลุ่มนี้ให้เหตุผลว่า พืชที่ถูกใช้ในการทดลองอาจเป็นพืชที่ไม่ชอบแสง ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่ผลการทดลองจะเป็นเช่นนั้น นิสิตเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเพิกเฉยต่อความขัดแย้งที่มีอยู่ในข้อมูลชุดนี้ การเพิกเฉยต่อข้อมูลแปลกปลอมบ่งบอกว่า นิสิตเหล่านี้ อาจยังไม่เข้าใจว่า ความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการทดลองเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนตามไปด้วย ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “พืชที่ทำการทดลองเป็นพืชที่ไม่ค่อยชอบแสงแดด การให้แสงในปริมาณที่มากเกินไป (พืช) จะไม่เจริญเติบโต” (S22)

6. ผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 7.1 และ 7.2 ซึ่งกำหนดให้นิสิตลงข้อสรุปจากข้อมูล (ดังตารางในภาคผนวก) เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่พืชได้รับแสงและความสูงของพืช ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่ว่า การลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ใดๆ ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อมูลชุดนี้มีความขัดแย้งในตัวเอง การลงข้อสรุปไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (เช่น ยิ่งพืชได้รับแสงมาก พืชจะเจริญเติบโตได้เร็ว หรือยิ่งพืชได้รับแสงมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ช้า) ล้วนขัดแย้งกับบางส่วนของข้อมูลชุดนี้ทั้งสิ้น ดังนั้น ข้อสรุปที่ดีที่สุดจากข้อมูลชุดนี้ก็คือว่า ปริมาณแสงที่พืชได้รับกับความสูงของพืช ไม่สัมพันธ์กัน

ในการนี้ นิสิต 13 คน ระบุว่า ข้อสรุปที่ดีที่สุดจากข้อมูลชุดนี้คือว่า ปริมาณแสงที่พืชได้รับไม่สัมพันธ์กับความสูงของพืช ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นิสิตเหล่านี้ไม่ได้มองข้อมูลเพียงส่วนใดส่วนหนึ่ง และลงข้อสรุปไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งตามความรู้เดิมของ

ตนเอง นิสิตเหล่านี้มองข้อมูลในภาพรวมและลงข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูลทั้งหมด ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ข้อมูลชุดนี้ ความสูงของพีชกับจำนวนวันที่พีชได้รับแสงในแต่ละวันไม่สัมพันธ์กัน (ทั้งนี้เพราะ) ตัวเลขความสูงของพีชมีช่วงหนึ่งที่โดดข้าม” (S29)

แต่ด้วยความตระหนักถึงความขัดแย้งในข้อมูลชุดนี้ นิสิตอีก 7 คน จึงระบุว่าผลการทดลองไม่อาจนำไปสู่ข้อสรุปใด ๆ ได้ นิสิตเหล่านี้จึงเลือกไม่ลงข้อสรุปใด ๆ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปทั้งสอง เพราะจากตารางข้อมูลพบว่าเมื่อพีชได้รับแสงน้อย ความสูงจะเพิ่มขึ้นมาก ในขณะที่พีชได้รับแสงมาก จะไม่สูงขึ้น ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว ไม่ตรงกับข้อสรุปทั้งสอง” (S23) นิสิตเหล่านี้มองข้ามไปว่าตนเองสามารถเลือกลงข้อสรุปที่ไม่บ่งชี้ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งได้ว่าความสูงของพีชไม่สัมพันธ์กับปริมาณแสงที่พีชได้รับ

นิสิต 10 คน เลือกลงข้อสรุปไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทั้ง ๆ ที่ข้อมูลบางส่วนขัดแย้งกับข้อสรุปนั้น ดังตัวอย่างที่ว่า “เพราะจากตาราง แสดงให้เห็นว่า พีชไม่ได้รับแสงเจริญเติบโตได้ดีกว่าพีชที่ได้รับแสง” (S14) คำตอบเช่นนี้แสดงให้เห็นว่า นิสิตเลือกลงข้อสรุปโดยปราศจากการพิจารณาข้อมูลอย่างรอบด้าน ซึ่งส่งผลให้อคติส่วนบุคคลเข้ามาแทรกแซงการลงข้อสรุปได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นการอ้างว่า พีชชนิดนี้ไม่ชอบแดด (S2) และแสงที่มากเกินไปทำให้พีชหยุดการสังเคราะห์แสง (S12) ด้วยเหตุนี้ นิสิตเหล่านี้จึงอาจลงข้อสรุปที่ขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยปราศจากข้อสงสัยใด ๆ

7. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งเดียวกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 5 ซึ่งถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างข้อมูลกับหลักฐาน โดย Lederman et al. (2014: 70) ได้อธิบายไว้ว่า ข้อมูลคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เก็บรวบรวมได้จากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่หลักฐานคือสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล และนำไปใช้เพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

ในการนี้ นิสิต 20 คน เข้าใจว่า ข้อมูลและหลักฐานไม่ใช่สิ่งเดียวกัน อย่างไรก็ตามไม่มีนิสิตคนใดที่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐานได้อย่างชัดเจน นิสิตเหล่านี้มักระบุว่า ข้อมูลและหลักฐานแตกต่างกันในแง่ของระดับความน่าเชื่อถือและความชัดเจน โดยหลักฐานมีระดับความน่าเชื่อถือหรือความชัดเจนมากกว่าข้อมูล ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ข้อมูลเป็นข้อมูลที่ไม่ค่อยน่าเชื่อถือ หลักฐาน

เป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือ อย่างเราทำการทดลอง เราเก็บข้อมูลไปเรื่อย ๆ แต่ไม่สามารถยืนยันให้ใครเชื่อว่า ข้อมูลนี้มีความน่าเชื่อถือ ไม่เหมือนกับหลักฐานที่เห็นทันทีคนที่เชื่อ” (S27)

ในขณะที่ นิสิตอีก 7 คน ระบุว่า ข้อมูลและหลักฐานไม่มีความแตกต่างกัน ในแง่ของความหมาย ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “ไม่แตกต่างกัน ข้อมูลเป็นสิ่งที่เก็บไว้รวบรวมไว้ เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องหรือเก็บไว้ใช้หลักฐานในอนาคตเมื่อมีคนถามถึง เราสามารถนำข้อมูลหรือหลักฐานมาให้ตรวจสอบได้” (S12) ส่วนนิสิตอีก 3 คน ไม่ตอบคำถามข้อนี้

8. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายบนพื้นฐานของหลักฐานและความรู้ที่มีอยู่

การวิเคราะห์คำตอบของนิสิตในคำถามข้อที่ 8 ซึ่งให้เปรียบเทียบและอธิบายการต่อกระดูกของไดโนเสาร์ว่า ระหว่างการต่อกระดูกแบบที่ 1 (ซึ่งกระดูกขาหลังใหญ่กว่ากระดูกขาหน้า) กับการต่อกระดูกแบบที่ 2 (ซึ่งกระดูกขาหน้าใหญ่กว่ากระดูกขาหลัง) การต่อกระดูกแบบใดดีกว่ากันและเพราะเหตุใด คำถามข้อนี้มุ่งวัดความเข้าใจที่ว่า การสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของไดโนเสาร์จำเป็นต้องอาศัยทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากไดโนเสาร์จำเป็นต้องเคลื่อนที่เพื่อหาอาหารขาหลังของไดโนเสาร์จึงควรมีขนาดใหญ่กว่าขาหน้า ดังนั้น การต่อกระดูกแบบที่ 1 จึงมีความเป็นไปได้มากกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 ในการตอบคำถามข้อนี้ นิสิตต้องอ้างทั้งหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์

นิสิต 25 คน ตอบว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 นิสิตเหล่านี้ให้เหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานร่วมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง โดยการอ้างถึงความสามารถในการทรงตัว ความสามารถในการรับน้ำหนักและความสะดวกในการเคลื่อนที่เพื่อหาอาหาร ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “การทรงตัวของสิ่งมีชีวิตในการใช้ชีวิต อวัยวะที่ใช้ในการทรงตัวและรับน้ำหนักตัวจะต้องมีขนาดใหญ่ การหาอาหารก็มีความสัมพันธ์กับอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เนื่องจากไดโนเสาร์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ นอกจากอวัยวะที่ใช้ในการทรงตัวและรับน้ำหนักจะมีขนาดใหญ่ ช่วยให้เคลื่อนที่ได้รวดเร็วแล้ว อวัยวะที่ใช้หยิบจับอาหารไม่ควรมีขนาดใหญ่จนเกินไป มีข้อกระดูกที่เหมาะสมต่อการหยิบจับอาหาร” (S26)

อย่างไรก็ดี นิสิต 2 คน แม้ตอบว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 และอ้างถึงความสามารถในการรับน้ำหนักและการเคลื่อนที่ แต่นิสิตคู่นี้กับ

ให้เหตุผลโดยการอ้างถึงกฎการใช้และไม่ใช่อวัยวะ ซึ่งขัดแย้งกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบัน ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “เพราะขาหลังใช้เคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องมีขนาดใหญ่และแข็งแรง ขาหน้าใช้จับเหยื่อเพียงอย่างเดียว จึงไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิวัฒนาการ อวัยวะใดใช้งานมากหรือใช้งานหนัก จะยังคงอยู่และแข็งแรง อวัยวะใดที่ไม่ได้ใช้ จะค่อย ๆ หายไป” (S15) การให้เหตุผลเช่นนี้น่าจะเป็นผลมาจากการมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

ในขณะที่นิสิตอีก 3 คน ตอบว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 ดีกว่าการต่อกระดูกแบบที่ 2 เช่นเดียวกับนิสิตคนอื่น ๆ แต่คำตอบของนิสิตเหล่านี้ค่อนข้างคลุมเครือ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “(จาก)การศึกษาวิวัฒนาการของไดโนเสาร์ของนักวิทย์ (และ) พื้นฐานความคิดของนักวิทย์ ถ้าต่อแบบที่ 2 จะลำบากต่อการใช้ชีวิต” (S5) และ “(จาก)ลักษณะทางสรีระของไดโนเสาร์ แบบที่ 1 เป็นไปได้มากกว่าแบบที่ 2 ขาหน้าใช้ประโยชน์ได้มากกว่า” (S24) โดยนิสิตเหล่านี้ไม่ได้ขยายความว่า การต่อกระดูกแบบที่ 2 ทำให้ไดโนเสาร์ใช้ชีวิตอย่างลำบากอย่างไร และการต่อกระดูกแบบที่ 1 ช่วยให้ไดโนเสาร์ใช้ประโยชน์จากขาหน้าได้อย่างไร

บทสรุป การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูเอกชีววิทยาชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยเปิดเผยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลายประการ ตัวอย่างเช่น นิสิตส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มิได้หลายประเภทและแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ นิสิตบางคนไม่เข้าใจว่า คำถามเป็นสิ่งจำเป็นในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ยิ่งไปกว่านั้น นิสิตบางคนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคล้ายกับความเข้าใจของนักเรียนในงานวิจัยอื่น ๆ (กาญจนา มหาลี และ ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2553; สุทธิดา จำรัส และคณะ, 2552; ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกุล, 2555) ที่ว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จึงมีความเป็นไปได้ว่า นิสิตสร้างความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่นนี้จากประสบการณ์ที่ตนเองเคยได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอดีต ซึ่งอาจยังไม่สะท้อนภาพการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

เนื่องจากนิสิตเหล่านี้เพิ่งผ่านประสบการณ์การเรียนรู้จากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ แต่นิสิตหลายคนยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติ

ของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นั้นหมายความว่า ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้
ทนต่อการเปลี่ยนแปลง ประสบการณ์ตรงจากการทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
ก็ไม่ใช่สิ่งที่จะรับประกันได้ว่า นิสิตจะเปลี่ยนแปลงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้โดยง่าย
ผลการวิจัยนี้จึงสนับสนุนผลการวิจัยในต่างประเทศที่ว่า ประสบการณ์ตรงจากการ
ทำงานทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ นิสิตเข้าใจธรรมชาติ
ของวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) ยกเว้นเสียว่า ลักษณะ
สำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ จะถูกหยิบยกขึ้นมาอภิปรายและเน้นย้ำ
อย่างชัดเจนในระหว่างหรือหลังจากทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Akerson,
Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000)

ดังนั้น ในระหว่างที่นิสิตกำลังเรียนรู้ในรายวิชาปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
เป็นช่วงเวลาที่นิสิตได้มีประสบการณ์ตรงในการทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
นิสิตต้องได้รับโอกาสให้สะท้อนคิดและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับธรรมชาติของ
การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนอาจถามนิสิตว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
นั้นมุ่งตอบคำถามอะไร คำถามนั้นจำเป็นหรือไม่และมีบทบาทอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้
นิสิตเข้าใจว่า กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จะเป็นไปตามลักษณะของคำถาม
และเมื่อนิสิตได้เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุปแล้ว นิสิตก็ควร
ได้สะท้อนคิดด้วยว่า ข้อสรุปเหล่านั้นตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้
นิสิตเข้าใจว่า ข้อสรุปต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูล ในขณะเดียวกัน หลังจากที่นิสิต
วิเคราะห์ข้อมูลและได้หลักฐานที่ช่วยในการตอบคำถามแล้ว นิสิตก็ควรได้รับการ
เน้นย้ำเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างข้อมูลและหลักฐานด้วยเช่นกัน การสะท้อนคิด
และการอภิปรายเช่นนี้จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะ
ทางวิทยาศาสตร์ (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002)

เนื่องจากนิสิตกลุ่มนี้ยังมีความเข้าใจที่จำกัดเกี่ยวกับความหลากหลายของ
การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นิสิตเหล่านี้จึงควรได้เห็นตัวอย่างของการสืบเสาะทาง
วิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย (Gray, 2014) นิสิตเหล่านี้ควรได้สะท้อนคิดและอภิปรายว่า
การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ทั้งนี้
เพื่อให้ นิสิตเห็นว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทุกประเภทคือการตอบคำถาม
ด้วยข้อมูลและหลักฐาน แต่สิ่งที่ทำให้การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท
แตกต่างกันก็คือลักษณะของคำถาม ซึ่งอาจนำไปสู่การสำรวจ การหาความสัมพันธ์
ระหว่าง 2 ตัวแปร หรือการทดลองก็ได้ ด้วยคำถามที่ต่างกันนี้ กระบวนการ

สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามแต่ละประเภทจึงแตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น นิสิตต้องตระหนักว่า ไม่ว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นั้นจะเป็นประเภทใดก็ตาม คำตอบจะต้องมาจากข้อมูลและมีหลักฐานสนับสนุนเสมอ

เนื่องด้วยนิสิตกลุ่มนี้กำลังออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในภาคการศึกษาหน้า จึงมีความเป็นไปได้สูงว่า นิสิตเหล่านี้จะนำเสนอภาพของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ตามความเข้าใจของตนเอง ซึ่งอาจยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์มากนัก ความจำเป็นเร่งด่วนที่จะพัฒนานิสิตเหล่านี้ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในช่วงเวลาอันจำกัดนี้ การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่จำลองการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดย Lederman & Abd-El-Khalick (2000) อาจช่วยเรื่องนี้ได้ แต่ในระยะยาว การสอดแทรกลักษณะสำคัญของธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ผ่านการสะท้อนคิดและการอภิปรายกลุ่ม) จำเป็นต้องปรากฏในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ในขณะเดียวกัน การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเกี่ยวกับวิชาชีพครูก็ควรให้ความสำคัญกับเรื่องนี้มากขึ้นด้วยเช่นกัน

รายการอ้างอิง

- กาญจนา มหาลี และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารสงขลานครินทร์ (ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์)*, 16(5), 795 – 809.
- จุฬารัตน์ เลี้ยงไกรลาศ และ นฤมล ยุตาคม. (2553). กรณีศึกษา: การรับรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะและการปฏิบัติการสอนของครูชีววิทยา. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 29(4), 23–37.
- จิตติยา บงกชเพชร และ วรณทิพา รอดแรงคำ. (2553). ความรู้/ความเชื่อเกี่ยวกับการสอนดาราศาสตร์ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 29(3), 85 – 97.
- พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2552). สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรที่วิทยาศาสตร์เป็น. *วารสารวิทยาศาสตร์*, 63(1), 84 – 89.
- ลฎาภา สุทธกุล, นฤมล ยุตาคม, และ บุญเกื้อ วัชรเสถียร. (2554). กรณีศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติการสอนของครูระดับ

- ประถมศึกษา. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 32(3), 458 – 469.
- ลือชา ลดาชาติ. (2558). *การวิจัยเชิงคุณภาพสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกุล. (2555). การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์*, 4(2), 73 – 90.
- ลือชา ลดาชาติ, ลฎาภา สุทธกุล, และ ชาตรี ฝ้ายคำดา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 34(2), 269 – 282.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2553. *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุทธิดา จำรัส และ นฤมล ยุตาคม. (2551). ความเข้าใจและการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่องโครงสร้างอะตอมของครูผู้สอนวิชาเคมี. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)*, 29(3), 228 – 239.
- สุทธิดา จำรัส, นฤมล ยุตาคม, และ พรทิพย์ ไชยโส. (2552). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัย มข.*, 14(4), 360 – 374.
- Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N. G. (2000). Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665 – 701.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. (2000). Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295 – 317.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Retrieved from

- http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf (4 April 2014)
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A. S., and Nicolich, M. (2014). Developing a Measure of Scientific Literacy for Middle School Students. *Science Education*, 98(4), 549 – 580.
- Gray, R. (2014). The Distinction between Experimental and Historical Sciences as a Gramework for Improving Classroom Inquiry. *Science Education*, 98(2), 327 – 341.
- Hodson, D. (1998). Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum. *Science Education*, 72(1), 19 – 40.
- Khishfe, R., and Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective Versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551 – 578.
- Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2000). Avoiding De-natured Science: Activities That Promote Understandings of the Nature of Science. In W. F. McComas (Ed.). *The Nature of Science in Science Education: Rationals and Strategies*. (pp. 83 - 126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., and Schwartz, R. S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry—The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65 – 83.
- National Research Council [NRC]. 1996. *The National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Yuenyong, C. and Narjaikaew, P. (2009). Scientific Literacy and Thailand Science Education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 335 – 349.

ภาคผนวก

1. ชายคนหนึ่งสนใจเรื่องนกมาก เขาเฝ้ามองนกหลายชนิด ซึ่งกินอาหารแตกต่างกันไป เขาสังเกตเห็นว่า นกที่กินอาหารคล้ายกันมักมีลักษณะของปากที่คล้ายกันด้วย ตัวอย่างเช่น นกที่กินถั่วเปลือกแข็งมักมีปากที่สั้นและแข็ง ในขณะที่นกที่กินแมลงมักมีปากที่ยาวและเรียว เขาจึงเกิดความสงสัยว่า ลักษณะของปากนกเกี่ยวข้องกับประเภทของอาหารที่นกกินหรือไม่ เขาจึงเริ่มต้นเก็บข้อมูลเพื่อตอบคำถามนี้ และในที่สุด เขาก็ได้ข้อสรุปว่า “ลักษณะของปากนกและอาหารที่นกกินมีความเกี่ยวข้องกัน”
 - 1.1. การศึกษาของชายคนนี้เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด
 - 1.2. การศึกษาของชายคนนี้เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เพราะเหตุใด
2. นิสิตคิดว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์สามารถมีได้มากกว่า 1 ประเภทหรือไม่ ถ้าใช่ โปรดระบุการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 2 ประเภท พร้อมทั้งระบุว่า แต่ละประเภทเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร แต่ถ้าไม่ใช่ โปรดอธิบายว่า เหตุใดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จึงมีได้เพียงประเภทเดียว
3. เมื่อเพื่อนของนิสิต 2 คน ต้องตอบคำถามที่ว่า “การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยคำถามทางวิทยาศาสตร์เสมอไปหรือไม่” เพื่อนคนหนึ่งตอบว่า “ใช่” ในขณะที่เพื่อนอีกคนหนึ่งตอบว่า “ไม่ใช่” นิสิตเห็นด้วยกับเพื่อนคนใด และเพราะเหตุใด
4. ถ้านักวิทยาศาสตร์หลายคนมีคำถามเดียวกัน และทำการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้จำเป็นต้องได้ข้อสรุปเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด
5. นิสิตคิดว่า “ข้อมูล” กับ “หลักฐาน” แตกต่างกันหรือไม่ โปรดอธิบายและยกตัวอย่างประกอบคำตอบ
6. นักวิทยาศาสตร์ 2 กลุ่ม กำลังเดินทางไปยังที่ทำงานของตนเอง ในระหว่างนั้นพวกเขาก็สังเกตเห็นว่า รถคันหนึ่งกำลังวิ่งไปบนถนนด้วยยางที่แบน พวกเขาทั้งหมดก็เกิดคำถามขึ้นมาว่า ยางแต่ละยี่ห้อสามารถทนต่อการวิ่งไปบนถนนได้เท่ากันหรือไม่ โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 1 ทำการทดลองกับยาง 3 ยี่ห้อบนพื้นถนนแบบเดียวกัน ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ 2 ทำการทดลองกับยาง 1 ยี่ห้อบนพื้นถนน 3 ชนิด โปรดระบุและให้เหตุผลว่า วิธีการของนักวิทยาศาสตร์กลุ่มใด “ดีกว่า” กัน
7. ตารางข้อมูลข้างล่าง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของพืชใน 1 สัปดาห์ และจำนวนนาฬิกาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน

ตาราง: ข้อมูลประกอบคำถามข้อที่ 7 ในแบบสอบถาม

เวลาที่พืชได้รับแสงในแต่ละวัน (นาทีก)	ความสูงของพืช (เซนติเมตร/ 1 สัปดาห์)
0	25
5	20
10	15
15	5
20	10
25	0

- 7.1. จากข้อมูลในตาราง นิสิตเห็นด้วยกับข้อสรุปใด
 - ก. พืชที่ได้รับแสงมากจะมีความสูงที่มาก และพืชที่ได้รับแสงน้อยจะมีความสูงน้อย
 - ข. การเจริญเติบโตของพืชไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ
- 7.2. เพราะเหตุใดนิสิตจึงเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้
- 7.3. ข้อมูลในตารางเป็นไปตามที่นักเรียนคาดหวังหรือไม่ เพราะเหตุใด
8. นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งได้ขุดพบกระดูกของไดโนเสาร์จำนวนหนึ่ง พวกเขาพยายามต่อกระดูกเหล่านี้ เพื่อดูว่า ไดโนเสาร์มีรูปร่างอย่างไร พวกเขาพบว่ากระดูกไดโนเสาร์เหล่านี้สามารถต่อกันได้ 2 แบบ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นว่าการต่อกระดูกแบบที่ 1 มีกระดูกขาหน้าเล็กและมีการกระดูกขาหลังใหญ่ ส่วนการต่อกระดูกแบบที่ 2 มีกระดูกขาหน้าใหญ่และมีการกระดูกขาหลังเล็ก
 - 8.1. โปรดระบุเหตุผลอย่างน้อย 2 ข้อ ที่อธิบายว่า เหตุใดนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จึงคิดว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 “ดีกว่า” การต่อกระดูกแบบที่ 2
 - 8.2. อะไรเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ควรใช้ในการอธิบายว่า การต่อกระดูกแบบที่ 1 “ดีกว่า” การต่อกระดูกแบบที่ 2
 - 8.3. เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษารื่องใด ๆ ก็ตาม สิ่งใดที่นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ในการอธิบายข้อสรุปของตนเอง

³ คำถามข้อนี้มีการแสดงภาพการต่อกระดูกทั้ง 2 แบบ ให้นักเรียนพิจารณาด้วยตัวเอง โดยปราศจากข้อความที่บรรยายลักษณะของภาพ แต่เนื่องจากปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ของภาพ ผู้วิจัยจึงขอสงวนการแสดงภาพในรายงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งผู้อ่านสามารถสืบค้นได้จากเอกสารประกอบงานวิจัยของ Lederman et al. (2014)