

## การใช้แบบจำลองและการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 Using Model and Scientific Explanation of Eighth Grade Students

ศศิมน ศรีกุลวงศ์<sup>1\*</sup> และลฎาภา ลดาชาติ<sup>2</sup>  
Sasimon Srikulwong<sup>1\*</sup> and Ladapa Ladachat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Faculty of Education, Chiang Mai University) , sasimon5046@gmail.com

<sup>2</sup>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Faculty of Education, Chiang Mai University) , Ladapa23@gmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการเขียนคำอธิบายและการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน โดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบพร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองจากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาในการเขียนอธิบายตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผล และจัดกลุ่มตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และในส่วนของกรวาดภาพแบบจำลอง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ภาพแบบจำลองของนักเรียนว่ามีการแสดงถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใด ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ คิดเป็นร้อยละ 6.66 26.67 และ 66.67 ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 องค์ประกอบพบว่านักเรียนมีการระบุองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมาคือหลักฐาน และการให้เหตุผล ตามลำดับ และการวาดภาพแบบจำลองพบว่านักเรียนวาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมาคือองค์ประกอบหลักฐาน และไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่วาดภาพแสดงถึงองค์ประกอบการให้เหตุผล จึงกล่าวได้ว่าการวาดภาพแบบจำลองสามารถใช้เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อีกรูปแบบหนึ่ง โดยเฉพาะการแสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

**คำสำคัญ:** ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การวาดภาพแบบจำลอง

### Abstract

This research aimed to study scientific explanation and drawn models of 20 eighth grade students. The researcher used a test consisting of four open-ended questions that asked the students to write explanations for phenomena with drawn models. The content analysis method was utilized for data analysis. This was divided into two parts. First, the components of individual students' written scientific explanations were analyzed to examine whether they had claim, evidence and reasoning, in order to identify the students' ability to construct scientific explanation. Second, their drawn models were analyzed to identify how they were used to support the explanations and which components the model represented. Results show that students have the ability of scientific explanations at high, medium and low levels of 6.66%, 26.67% and 66.67% respectively. When comparing three components, it was found that students

identify the most claim, followed by evidence and reasoning respectively. And drawn models show that students draw the model that most represent the claim. The second is the evidence. And none of the students' drawn models represent the reasoning. In addition, the research results were found that the students mostly used models as claims and evidence to support the explanations.

**Keywords:** Scientific explanation ability, Written scientific explanation, drawn models

*\*Corresponding author, E-mail: sasimon5046@gmail.com โทร. 0882635046*

*Received: 25 May 2020 / Revised: 6 July 2020 / Accepted: 28 August 2020 / Published online: 30 April 2021*

## บทนำ

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแง่ของการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้บุคคลสามารถเข้าใจในสาเหตุ กระบวนการหรือเงื่อนไขต่าง ๆ โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสังคมโลก และยังเป็นการพัฒนาให้นักเรียนให้มีความรู้ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะของความเป็นนักวิทยาศาสตร์ (สันติชัย อนุวรชัย, 2557) นอกจากนี้ยังเป็นความสามารถหนึ่งที่บ่งชี้ถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) และเป็นเป้าหมายของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันในปัจจุบัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) โดยณัฐนันท์ กัตถุรัตน์ (2558) ได้กล่าวว่าบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์หมายถึงบุคคลที่สามารถใช้โมเดลและหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และสามารถตัดสินใจโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีคิดที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้านของ PISA ได้แก่ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ 2) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2009)

การจัดการเรียนการสอนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นการฝึกกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จะต้องเขียนอธิบายผลของการศึกษาเพื่อสื่อสารให้สังคมรับรู้ได้อย่างถูกต้องและตรวจสอบได้ (วิโรจน์ ล้วคงสถาพร, 2552; สันติชัย อนุวรชัย, 2557) โดยนักเรียนควรรู้จักใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย สรุปรหรือสื่อสารในสถานการณ์จำลองของชีวิตจริง (พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์, 2558) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้และประเมินความรู้ ความสามารถของนักเรียน เนื่องจากสะท้อนให้เห็นถึงการประมวลความรู้ การประยุกต์และการสื่อสารความรู้ในรูปของข้อความที่เป็นข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปแล้วแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของตนเอง จากนั้นเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยการให้เหตุผล ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจปรากฏการณ์ได้ชัดเจน ถูกต้องและเหมาะสม (สันติชัย อนุวรชัย, 2557) ซึ่ง Maria Araceli Ruiz-Primo (2008) ได้กล่าวไว้ว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบคือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นสิ่งที่ทดสอบหรือสรุปได้ซึ่งเป็นการตอบคำถามวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งเน้นว่าเกิดอะไรขึ้น หรือเกิดขึ้นได้อย่างไร หรือทำไมสิ่งนั้นจึงเกิดขึ้น 2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสืบเสาะหาข้อมูลที่จะช่วยสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นว่าหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

การอธิบายทางวิทยาศาสตร์มักถูกนำเสนอในลักษณะของแบบจำลอง (Model) เช่น แบบจำลองทางความคิดที่ใช้ในการแสดงผ่านทางข้อความหรือภาพวาด เพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายความรู้ในทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับการอธิบายความเข้าใจและสื่อสารความคิดของแต่ละบุคคล โดยอ้างอิงหลักฐานและการให้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ จนนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อสรุป (พัฒน์นิดา มีลา, 2560) นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบจำลองในการสร้างสมมติฐานที่จะตรวจสอบ อธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือเป็นแนวทางไปสู่การวิจัยในอนาคต (ชาตรี ฝ่ายคำตา

และ ฤทธิ์ สุกัทรชัยวงศ์, 2557; ลฎาภา ลดาชาติ, 2560) โดยนำแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจนและสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ (นิภาภรณ์ จันทร์โยธา, 2558; พรเทพ จันทราอุทฤษฎ์, 2558; Gilbert, 2005)

จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยส่วนใหญ่ใช้ในการให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือการเขียนคำอธิบายเพียงอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายด้วยการเขียนอยู่ในระดับต่ำ และจากความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และบทบาทของแบบจำลองในการช่วยสร้างคำอธิบายโดยงานวิจัยของ จงกล บุณรอด (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองยังมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเขียนอธิบายคำตอบพร้อมทั้งวาดภาพแบบจำลองเพื่อช่วยในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการเขียนคำอธิบายและการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเขียนคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยมี 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ที่สนับสนุนด้วยหลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง (McNeil & Kracik, 2014)

2. การวาดภาพแบบจำลอง หมายถึง การวาดภาพประกอบคำอธิบายเพื่อช่วยในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางในศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ
2. เป็นแนวทางในการศึกษาวิธีการวาดภาพแบบจำลองเพื่อช่วยในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์
3. เป็นแนวทางสำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษาตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อวงการศึกษานในอนาคต

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียน

## ประชากรและตัวอย่างวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดลำปาง ซึ่งได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 20 คน เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่ได้รับหน้าที่ในการจัดการเรียนการสอน โดยเป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่อยู่ในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เช่น การลำเลียงน้ำของพืช การถ่ายโอนความร้อน ภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เรือนกระจก และสถานะของสาร เป็นต้น

## เครื่องมือวิจัย

แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยแต่ละข้อสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน และได้ทำการหาคุณภาพของแบบวัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะ โดยแบบวัดแต่ละข้อได้มีการวิเคราะห์ผลโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนอธิบาย และส่วนที่ 2 วิเคราะห์การวาดภาพแบบจำลองของนักเรียน โดยภาพ 1 แสดงตัวอย่างคำถามในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ตามลำดับ

ข้อที่ 1



ดอกไม้ที่เราเห็น หลากสีตามท้องตลาดนั้น จริงๆ แล้วเป็นสีของดอกไม้หรือเป็นสีที่ปรุงแต่งขึ้น จากการทดลองเมื่อแช่ดอกไม้ในน้ำสีผสมน้ำมันเล็กน้อยข้ามวันข้ามคืน จะเห็นว่าดอกไม้สีขาวบริสุทธิ์ได้เปลี่ยนสี และระดับน้ำก็ลดลงมาจากตำแหน่งเดิมที่เราใช้หม้อยารัดไว้ หลายคนคงสงสัยว่า สีที่ผสมอยู่ในน้ำเคลื่อนที่ขึ้นไปได้จนถึงดอกได้อย่างไรกัน

แหล่งอ้างอิง : <https://sites.google.com/site/hommaemoh/dxk-mi-e>

จากภาพการทดลอง เพราะเหตุใดดอกกุหลาบจึงเปลี่ยนสี จงเขียนอธิบาย พร้อมวาดภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบาย

ภาพ 1 ตัวอย่างคำถามในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยใช้เกณฑ์ที่ปรับจากแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2014) ซึ่งแบ่งระดับความสามารถของแต่ละองค์ประกอบออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง ดังแสดงในตาราง 1 และตาราง 2 ในส่วนที่ 2 การวาดภาพแบบจำลองโดยวิเคราะห์ภาพแบบจำลองของนักเรียนว่ามีการแสดงถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบใดบ้าง

ตาราง 1 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง
<b>ข้อกล่าวอ้าง (Claim)</b> ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์
<b>หลักฐาน (Evidence)</b> ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
<b>การให้เหตุผล (Reasoning)</b> การเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าหลักฐานนั้นเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ

ที่มา: McNeill and Krajcik (2014)

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 4 โดยคำถามคือ “จากบทความวิธีการหล่อเทียนพรรษา จงใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนสถานะของสารเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิธีการหล่อเทียนพรรษา”

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง
<b>ข้อกล่าวอ้าง (Claim)</b> ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ..... - ทำให้พาราฟินและแวกซ์ซึ่งเป็นของแข็งกลายเป็นของเหลว - ตั้งพาราฟินและแวกซ์ที่ละลายเป็นของเหลวทิ้งไว้ให้เย็นจนกลายเป็นเทียนซึ่งเป็นของแข็ง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ..... ทำให้พาราฟินและแวกซ์ซึ่งเป็นของแข็งกลายเป็นของเหลวจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนกลายเป็นเทียนซึ่งเป็นของแข็ง

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 4 โดยคำถามคือ “จากบทความวิธีการหล่อเทียนพรรษา จงใช้ความรู้เรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสารเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิธีการหล่อเทียนพรรษา” (ต่อ)

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง
<b>ข้อกล่าวอ้าง (Claim)</b> ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ..... - ทำให้พาราฟินและแวกซ์ซึ่งเป็นของแข็งกลายเป็นของเหลว - ตั้งพาราฟินและแวกซ์ที่ละลายเป็นของเหลวทิ้งไว้ให้เย็นจนกลายเป็นเทียนซึ่งเป็นของแข็ง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ..... ทำให้พาราฟินและแวกซ์ซึ่งเป็นของแข็งกลายเป็นของเหลว จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนกลายเป็นเทียนซึ่งเป็นของแข็ง
<b>หลักฐาน (Evidence)</b> ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือระบุหลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย ..... - มีการกล่าวถึงการเปลี่ยนสถานะของสาร - มีการระบุคำว่า “หลอมเหลว/แข็งตัว” แต่ไม่ระบุความหมาย - มีการระบุคำว่า “การหลอมเหลว” หรือ “การแข็งตัว” อย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ..... การหลอมเหลวเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ส่วนการแข็งตัวเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง
<b>การให้เหตุผล (Reasoning)</b> การเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าหลักฐานนั้นเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ ..... - การที่ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับปานกลาง - ข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานอย่างใดอย่างหนึ่งอยู่ในระดับสูงแต่ อีกอย่างหนึ่งอยู่ในระดับปานกลาง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ ..... การหล่อเทียนพรรษามีวิธีการคือ การนำพาราฟินและแวกซ์ ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งนำมาหลอมเหลวจนกลายเป็นของเหลว จากนั้นตั้งของเหลวทิ้งไว้ให้เย็นจนแข็งตัวกลายเป็นเทียนซึ่งมีสถานะของแข็ง

ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินการวาดภาพแบบจำลองในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 โดยคำถามคือ “จากการทดลอง เพราะเหตุใดดอกกุหลาบจึงเปลี่ยนสี จงเขียนอธิบาย พร้อมวาดภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบาย”

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
<b>ข้อกล่าวอ้าง (Claim)</b> ข้อสรุปซึ่งเป็นคำตอบของคำถาม	เป็นภาพแบบจำลองที่มีการวาดลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำสีจากในแก้วไปยังดอกกุหลาบ
<b>หลักฐาน (Evidence)</b> ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	เป็นภาพแบบจำลองที่แสดงถึงการเปลี่ยนสีของดอกกุหลาบว่าเปลี่ยนไปตามสีของน้ำในแก้ว เช่น น้ำในแก้วสีแดงดอกสีขาวก็จะเปลี่ยนเป็นสีแดง น้ำในแก้วสีน้ำเงินดอกสีขาวก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน เป็นต้น
<b>การให้เหตุผล (Reasoning)</b> การเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าหลักฐานนั้นเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ	เป็นภาพที่มีการระบุคำว่า “การลำเลียง” หรือ “การออสโมซิส” และมีการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

### ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งแบ่งระดับความสามารถของแต่ละองค์ประกอบออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง และส่วนที่ 2 การวาดภาพแบบจำลอง โดยวิเคราะห์ภาพแบบจำลองของนักเรียนว่ามีการแสดงถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบใดบ้าง และนำเสนอข้อมูลดังนี้

ตาราง 4 จำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียน(ร้อยละ) ตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์														
	ระดับต่ำ					ระดับปานกลาง					ระดับสูง				
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	เฉลี่ย	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	เฉลี่ย	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	เฉลี่ย
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	30	20	60	25	33.75	40	65	40	55	50.00	30	15	0	20	16.25
หลักฐาน (Evidence)	50	100	90	45	71.25	40	0	10	50	25.00	10	0	0	5	3.75
การให้เหตุผล (Reasoning)	90	100	95	95	95.00	10	0	5	5	5.00	0	0	0	0	0
เฉลี่ยรวม 3 องค์ประกอบ	66.67					26.67					6.66				

ตาราง 4 แสดงถึงจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยรวมทั้ง 3 องค์กรประกอบ ดังนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ กล่าวคือนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้องและไม่สามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งไม่ระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และนักเรียนร้อยละ 26.67 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง กล่าวคือนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์และสามารถระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ยังไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งสามารถระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้แต่ยังไม่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ และนักเรียนร้อยละ 6.67 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง กล่าวคือนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์และระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ โดยมีตัวอย่างการเขียนอธิบายของนักเรียนและการวิเคราะห์ผลในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

**ส่วนที่ 1 การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์**

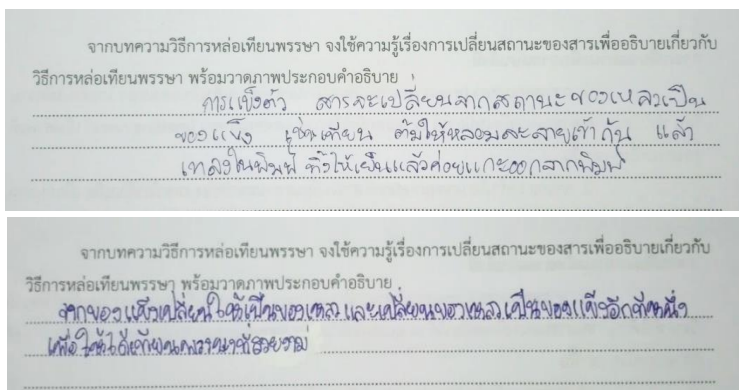
**องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง (Claim)**

จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างดังนี้ นักเรียนร้อยละ 33.75 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างเช่นคำถามข้อที่ 4 ถามว่า “จากบทความวิธีการหล่อเทียนพรรษา จงใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนสถานะของสารเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิธีการหล่อเทียนพรรษา” โดยนักเรียนคนที่ 11, 13, 16 และ 17 (S11, S13, S16, S17) ไม่ได้เขียนระบุข้อกล่าวอ้างจึงจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับต่ำ

นักเรียนร้อยละ 50 มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ข้อกล่าวอ้างนั้นยังไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนคนที่ 15 (S15) ตอบว่า “สารจะเปลี่ยนจากสถานะของเหลวเป็นของแข็ง เช่นเทียน ต้มให้หลอมละลายเข้ากัน แล้วเทลงในพิมพ์ ทิ้งให้เย็นแล้วค่อยแกะออกจากพิมพ์” จะเห็นได้ว่านักเรียนระบุถึงการที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเพียงอย่างเดียว แต่ไม่เขียนอธิบายว่าสารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จึงถือว่าข้อกล่าวอ้างนั้นยังไม่สมบูรณ์และจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับต่ำ

นักเรียนร้อยละ 16.25 มีความสามารถอยู่ในระดับสูง โดยนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและข้อกล่าวอ้างนั้นมีความสมบูรณ์ ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนคนที่ 18 (S18) ตอบว่า “จากของแข็งเปลี่ยนให้เป็นของเหลว และเปลี่ยนของเหลวเป็นของแข็ง” โดยนักเรียนมีการกล่าวถึงการเปลี่ยนสถานะของสาร จากของแข็งเป็นของเหลวและของเหลวเป็นของแข็ง จึงถือว่านักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์และจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับสูง

จากผลการศึกษารูปได้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับปานกลาง โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างในระดับปานกลาง และระดับสูง ตามลำดับ



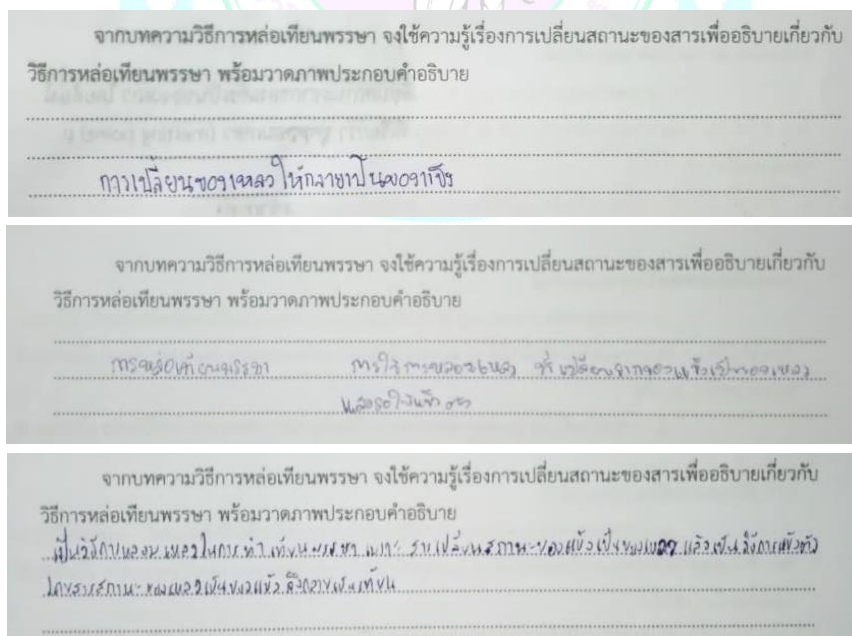
### องค์ประกอบหลักฐาน (Evidence)

จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานดังนี้ นักเรียนร้อยละ 71.25 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานหรือสามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้แต่ข้อมูลนั้นไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 4 ถามว่า “จากบทความวิธีการหล่อเทียนพรรษา จงใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนสถานะของสารเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิธีการหล่อเทียนพรรษา” โดยนักเรียนคนที่ 5 (S5) ตอบว่า “การเปลี่ยนของเหลวให้กลายเป็นของแข็ง” ซึ่งนักเรียนไม่ได้กล่าวถึง “การหลอมเหลว” และ “การแข็งตัว” จึงถือว่านักเรียนไม่ได้เขียนระบุหลักฐานและจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบหลักฐานอยู่ในระดับต่ำ

นักเรียนร้อยละ 25 มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนสามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานที่เหมาะสมแต่ข้อมูลนั้นยังไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานที่ไม่เหมาะสมด้วย ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนคนที่ 6 (S6) ตอบว่า “การหลอมเหลวที่เปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวและรอให้แข็งตัว” จะเห็นได้ว่านักเรียนเขียนความหมายของ “การหลอมเหลว” แต่ไม่ได้เขียนความหมายของ “การแข็งตัว” จึงเป็นหลักฐานที่เหมาะสมแต่ข้อมูลยังไม่เพียงพอ จึงจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบหลักฐานอยู่ในระดับปานกลาง

นักเรียนร้อยละ 3.75 มีความสามารถอยู่ในระดับสูง โดยนักเรียนสามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนคนที่ 2 (S2) ตอบว่า “การหลอมเหลวเปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลวและการแข็งตัวโดยสารสถานะของเหลวเป็นของแข็ง” เป็นต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนเขียนความหมายของ “การหลอมเหลว” และ “การแข็งตัว” อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ จึงเป็นหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบหลักฐานอยู่ในระดับสูง

จากผลการศึกษารูปได้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 71.25 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานอยู่ในระดับต่ำ โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานในระดับต่ำ ระดับปานกลาง และระดับสูง ตามลำดับ

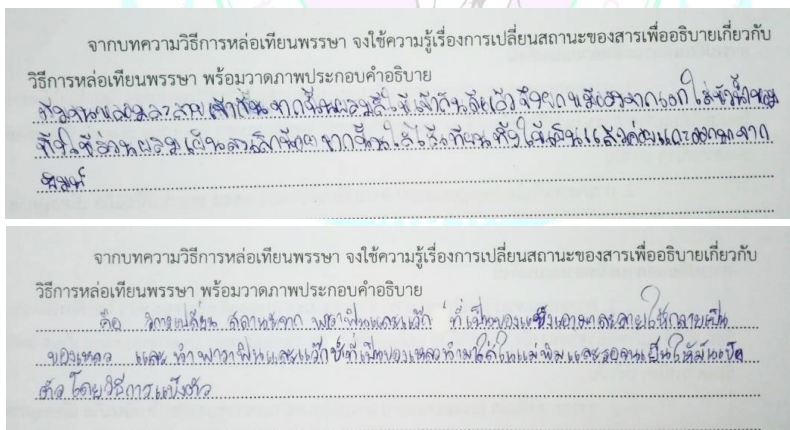
**องค์ประกอบการให้เหตุผล (Reasoning)**

จากผลการศึกษพบว่านักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการให้เหตุผลดังนี้ นักเรียนร้อยละ 95 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่สามารถระบุการให้เหตุผลหรือระบุการให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ดังตัวอย่างเช่น คำถามข้อที่ 4 ถามว่า “จากบทความวิธีการหล่อเทียนพรรษา จงใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนสถานะของสารเพื่ออธิบายเกี่ยวกับวิธีการหล่อเทียนพรรษา พร้อมวาดภาพประกอบคำอธิบาย” โดยนักเรียนคนที่ 20 (S20) ตอบว่า “ต้มจนหลอมละลายเข้ากันจากนั้นผสมสีให้เข้ากันดีแล้วจึงยกหม้อลงจากเตาใส่หัวน้ำหอมทิ้งให้ส่วนผสมเย็นลงเล็กน้อย จากนั้นใส่ไส้เทียนตั้งทิ้งให้เย็นแล้วค่อยแกะออกมาจากพิมพ์” จะเห็นได้ว่านักเรียนไม่ได้ระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง จึงจัดระดับความสามารถในองค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับต่ำ

นักเรียนร้อยละ 5 มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนสามารถระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ยังไม่เพียงพอ ดังตัวอย่างเช่น นักเรียนคนที่ 14 (S14) ตอบว่า “พาราฟินและแวกซ์ที่เป็นของแข็งเอามาละลายให้กลายเป็นของเหลว และนำของเหลวมาใส่ในแม่พิมพ์และรอจนเย็นให้มันแข็งตัวโดยวิธีการแข็งตัว” จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการเขียนเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานคือคำว่า “แข็งตัว” กับข้อกล่าวอ้างคือ “ของเหลวมาใส่ในแม่พิมพ์และรอจนเย็นให้มันแข็งตัว” แต่ยังไม่สมบูรณ์เพราะนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้าง “พาราฟินและแวกซ์ที่เป็นของแข็งเอามาละลายให้กลายเป็นของเหลว” แต่นักเรียนไม่ได้เชื่อมโยงกับหลักฐาน โดยไม่มีการระบุคำว่า “การหลอมเหลว” จึงถือว่าคำอธิบายของนักเรียนดังกล่าวมีการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง แต่ยังไม่สมบูรณ์

นักเรียนร้อยละ 0 มีความสามารถในการระบุการให้เหตุผลอยู่ในระดับสูง แสดงว่าไม่มีนักเรียนคนใดสามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้

จากผลการศึกษารูปได้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95 มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับต่ำ โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนแสดงใน ภาพ 4



ภาพ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุการให้เหตุผลที่อยู่ในระดับต่ำและระดับปานกลาง ตามลำดับ

**ส่วนที่ 2 การวาดภาพแบบจำลอง**

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ภาพแบบจำลองของนักเรียนจากแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 4 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ชี้แจงไว้ในโจทย์คำถามทั้ง 4 ข้อ โดยให้นักเรียนเขียนอธิบาย พร้อมวาดภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบาย จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าภาพแบบจำลองนั้นมีการแสดงถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบใดบ้างใน 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยนำเสนอดังตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนนักเรียนที่วาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบรูปแบบต่าง ๆ

คำถาม ข้อที่	จำนวนนักเรียนที่วาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน องค์ประกอบต่าง ๆ							
	แสดงถึงเพียงองค์ประกอบเดียว			แสดงถึง 2 องค์ประกอบ			แสดงถึงทั้ง 3 องค์ประกอบ	ไม่แสดงถึง องค์ประกอบ ใด
	ข้อ กล่าว อ้าง	หลักฐาน	การให้ เหตุผล	ข้อกล่าว อ้าง และ หลักฐาน	ข้อกล่าว อ้างและ การให้ เหตุผล	หลักฐาน และการ ให้เหตุผล		
ข้อที่ 1	5	5	0	5	0	0	0	5
ข้อที่ 2	12	0	0	0	0	0	0	8
ข้อที่ 3	14	0	0	1	0	0	0	5
ข้อที่ 4	8	1	0	1	0	0	0	10
เฉลี่ย	9.75	1.5	0	1.75	0	0	0	7
คิดเป็น ร้อยละ	48.75	7.50	0	8.75	0	0	0	35.00

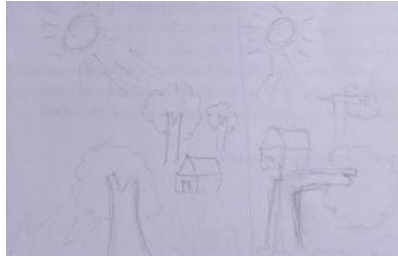
จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการวาดภาพแบบจำลองดังนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 48.75 วาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างเพียงองค์ประกอบเดียว รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 35 วาดภาพแต่ไม่แสดงถึงองค์ประกอบใด ส่วนนักเรียนร้อยละ 8.75 วาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึง 2 องค์ประกอบคือข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน และนักเรียนร้อยละ 7.5 มีการวาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบหลักฐานเพียงองค์ประกอบเดียว

ตัวอย่างคำถาม ในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3 คือ “จากบทความข้างต้น นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดการเผาในที่โล่งจึงทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจงเขียนอธิบาย พร้อมวาดภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบาย” โดยภาพ 5 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนดังนี้ นักเรียนคนที่ 1 (S1) วาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงข้อกล่าวอ้างเพียงองค์ประกอบเดียว โดยนักเรียนวาดภาพและมีการระบุคำว่า “เผาในที่โล่ง” และคำว่า “ทำให้เกิดความร้อน”



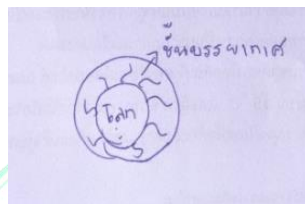
ภาพ 5 ตัวอย่างภาพแบบจำลองของนักเรียนที่แสดงถึงข้อกล่าวอ้างเพียงองค์ประกอบเดียว

ภาพ 6 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนคนที่ 7 (S7) ซึ่งวาดภาพที่ไม่แสดงถึงองค์ประกอบใดเลย โดยนักเรียนวาดภาพที่แสดงถึงการไม่มีต้นไม้และพระอาทิตย์ยังคงให้ความร้อนจึงทำให้เกิดความแห้งแล้งขึ้น



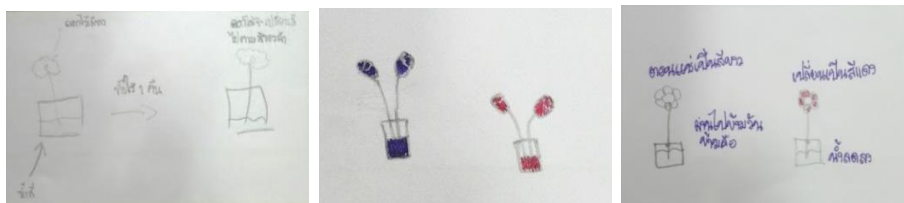
ภาพ 6 ตัวอย่างภาพแบบจำลองของนักเรียนที่ไม่แสดงถึงองค์ประกอบใด

ภาพ 7 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างการวาดภาพแบบจำลองของนักเรียนคนที่ 17 (S17) ซึ่งวาดภาพที่แสดงถึง 2 องค์ประกอบ นั่นคือ ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยนักเรียนวาดภาพที่มีลายเส้นและระบุคำที่แสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง และการที่ความร้อนลอยขึ้นไปแต่ไม่สามารถออกไปจากชั้นบรรยากาศได้แสดงถึงองค์ประกอบหลักฐาน เป็นต้น



ภาพ 7 ตัวอย่างภาพแบบจำลองของนักเรียนที่แสดงถึง 2 องค์ประกอบคือ ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

ภาพ 8 แสดงถึงตัวอย่างภาพแบบจำลองของนักเรียนที่แสดงถึงหลักฐานเพียงองค์ประกอบเดียว โดยคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 คือ “จากการทดลอง เพราะเหตุใดดอกกุหลาบจึงเปลี่ยนสี จงเขียนอธิบาย พร้อมวาดภาพแบบจำลองประกอบคำอธิบาย” นักเรียนคนที่ 12 (S12) ได้วาดภาพพร้อมระบุคำว่า “ดอกไม้สีขาว” และ “ดอกไม้เปลี่ยนสีไปตามสีของน้ำ” นักเรียนคนที่ 13 (S13) ได้วาดภาพพร้อมระบายสีของดอกเป็นสีเดียวกันกับสีของน้ำในแก้ว และนักเรียนคนที่ 18 (S18) ได้วาดภาพพร้อมระบุคำว่า “ตอนเช้าเป็นสีขาว” และ “เปลี่ยนเป็นสีแดง” และ “น้ำลดลง” เป็นต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ได้มีการนำหลักฐานซึ่งเป็นภาพการทดลองจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง



ภาพ 8 ตัวอย่างภาพแบบจำลองของนักเรียนที่แสดงถึงหลักฐานเพียงองค์ประกอบเดียว

### อภิปราย และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 4 ข้อ โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยในส่วนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เมื่อคิดจากจำนวน

นักเรียนเฉลี่ยรวมทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนอธิบายอยู่ในระดับสูงร้อยละ 6.66 ระดับปานกลางร้อยละ 26.67 และระดับต่ำร้อยละ 66.67

เมื่อวิเคราะห์จากองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ พบว่าในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 50 มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง โดยนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องตามหลักการหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่ข้อกล่าวอ้างนั้นยังไม่สมบูรณ์ ในองค์ประกอบหลักฐานนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 71.25 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานหรือสามารถระบุข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้แต่ข้อมูลนั้นไม่ได้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และในองค์ประกอบการให้เหตุผล นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95 มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ โดยนักเรียนไม่สามารถระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้

โดยเมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับปานกลางของแต่ละองค์ประกอบพบว่านักเรียนจะมีความสามารถในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ร้อยละ 50 รองลงมาคือองค์ประกอบหลักฐาน ร้อยละ 25 และองค์ประกอบการให้เหตุผล ร้อยละ 5 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับปานกลางของแต่ละองค์ประกอบพบว่านักเรียนมีความสามารถในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด ร้อยละ 16.25 รองลงมาคือองค์ประกอบหลักฐาน ร้อยละ 3.75 และองค์ประกอบการให้เหตุผล ร้อยละ 0 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมากที่สุด โดยเมื่อพิจารณาลักษณะของข้อกล่าวอ้างจะพบว่าเป็นองค์ประกอบที่เป็นลักษณะของการเขียนคำตอบเพื่อตอบคำถามให้ถูกต้อง (McNeill and Krajcik, 2014) ส่วนองค์ประกอบหลักฐานเป็นลักษณะของการนำข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ให้ไว้ในแบบวัด ทั้งในรูปแบบของภาพการทดลอง บทความ มาเขียนเพื่อเป็นหลักฐานที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่นักเรียนส่วนใหญ่ก็ไม่ได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ในการเขียนอธิบาย และองค์ประกอบการให้เหตุผลพบว่าเป็นองค์ประกอบที่ยากเพราะจะต้องเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ถ้านักเรียนไม่เขียนในส่วนของข้อกล่าวอ้างหรือหลักฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ก็ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และถือว่าไม่มีการระบุองค์ประกอบการให้เหตุผล ซึ่งงานวิจัยพบว่ามีนักเรียนที่เขียนระบุองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างแต่ไม่ได้เขียนระบุถึงองค์ประกอบหลักฐาน ซึ่งสอดคล้องกับ พันนิดา มีลา (2560) ที่ได้ศึกษาการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่าในองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผลเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียนเนื่องจากในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์นักเรียนมักจะทำให้หลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและระบุเหตุผลที่ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้

จากการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนอธิบาย โดยพิจารณารวมทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล สรุปได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ กล่าวคือ นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้องและไม่สามารถระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งการให้เหตุผลที่เป็นหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉริยา นาวิวงศ์ (2556) ที่ได้ศึกษาคำอธิบายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เกี่ยวกับการมองเห็น พบว่าไม่มีนักเรียนคนใดที่ให้คำอธิบายได้อย่างสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของพุทธริธ บุรณสถิตวงศ์ (2559) ที่ได้สำรวจสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนสามารถใช้เนื้อหาและความรู้ที่ได้รับนำมาใช้ในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่ในชีวิตประจำวันได้ในระดับต่ำ และสร้างข้อสรุปได้เล็กน้อยจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย

เมื่อวิเคราะห์การวาดภาพแบบจำลองพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 48.75 มีการวาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างเพียงองค์ประกอบเดียว นักเรียนร้อยละ 7.5 วาดภาพที่แสดงถึงหลักฐานเพียงองค์ประกอบเดียว และนักเรียนร้อยละ 8.75 วาดภาพที่แสดงถึง 2 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ไม่มีภาพวาดของนักเรียนคนใดเลยที่แสดงถึงการให้เหตุผล นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่ามีนักเรียนที่ไม่เขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในบางองค์ประกอบ เช่น

บางคนไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง และบางคนไม่ระบุหลักฐาน แต่นักเรียนเหล่านี้สามารถวาดภาพแบบจำลองที่แสดงถึงองค์ประกอบนั้น ๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่น ในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1 นักเรียนที่ไม่สามารถเขียนคำอธิบายคำว่า “ถ้าเลี้ยงขึ้นไป” ได้ แต่นักเรียนสามารถวาดภาพลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำสีในแก้วน้ำขึ้นไปยังดอกกุหลาบสีขาวได้ ซึ่งการวาดภาพเป็นแบบจำลองทางความคิดอย่างหนึ่งที่แสดงถึงการคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของจงกล บุณรอด (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่าการวาดภาพแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการอธิบายอีกรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนแสดงความคิดออกมาให้เป็นรูปธรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ พรเทพ จันทราอุทฤษฎ์ (2558) ที่กล่าวว่าในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้นำแบบจำลองลักษณะต่าง ๆ มาใช้ในการอธิบายในรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจนและสัมผัสได้ และสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยงานวิจัยพบว่าภาพแบบจำลองสามารถแสดงถึงองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ สอดคล้องกับ Cory T. Forbes (2015) ที่ได้กล่าวไว้ในกระบวนการอธิบายนั้นคำตอบของนักเรียนจะต้องประกอบด้วย “how” and “why” ซึ่งเป็นส่วนสำคัญขององค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง และ สอดคล้องกับ Christina V. Schwarz (2009) ที่ได้กล่าวว่านักเรียนสามารถสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงและอธิบายว่าปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดปรากฏการณ์นั้นและแบบจำลองดังกล่าวต้องประกอบด้วยหลักฐานของปรากฏการณ์นั้นด้วย ส่วนองค์ประกอบการให้เหตุผลไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่วาดภาพแล้วแสดงถึง ทั้งนี้เพราะการให้เหตุผลเป็นการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงมักจะไม่ระบุค่าที่แสดงถึงหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ลงในภาพวาดแบบจำลอง

### ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนอธิบายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะองค์ประกอบการให้เหตุผล ซึ่งเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียน ครูผู้สอนจึงควรชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการให้เหตุผลว่าจะทำให้การอธิบายของเรามีความชัดเจนมากขึ้น ส่วนในองค์ประกอบหลักฐาน ครูผู้สอนควรฝึกให้นักเรียนนำข้อมูลที่เป็นความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่แล้วมาใช้ในการอธิบายเพื่อให้การอธิบายมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และครูผู้สอนอาจนำเทคนิคหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นต้น เพื่อนำมาพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และอาจใช้การวาดภาพแบบจำลองเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจนำรูปแบบจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

### กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร. ลฎาภา ลดาชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณะผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ เอาใจใส่ในการทำบทความวิจัยฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจเครื่องมือ และชี้แนะในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ได้เครื่องมือสำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้อำนาจใจ และให้การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน เพื่อนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้การช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อมูล ตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัยอย่างยิ่ง ความสำเร็จ ความสำเร็จ ความภาคภูมิใจ และคุณค่าของบทความวิจัยฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 11(1), 219-237.
- จกมล บุญรอด. (2558). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10(2), 238-248.
- ประสาธน์ เนื่องเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 7(2), 232-248.
- พัฒน์นิดา มีลา. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 19(3), 1-15.
- พุทธริชช บุณยสถิตวงศ์. (2560, กรกฎาคม 20-21). การสำรวจสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและหลักฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ ตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ นครสวรรค์ ครั้งที่ 13: วิจัยและนวัตกรรมขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม. การประชุมจัดโดยกองบริหารการวิจัย, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก.
- ลฎาภา สุทธกุล และลือชา ลดาชาติ. (2556). แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เกี่ยวกับแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 4(1), 90-105.
- ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง. (2559). สิ่งทีครุวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 28(2), 108-137.
- สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สันติชัย อนุวรชัย. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 7(2), 1-14.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Journal of Science Education*, 93(1). 26-55.
- Bayer, L. W., & Davis, H. T. (2008). Fostering second graders' scientific explanations: A beginning elementary teacher's knowledge beliefs and practice. *Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 381-414.
- Hui, J. (2015). A US-China interview study: Biology students' argumentation and explanation about energy consumption issues. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 301-318.
- Ionas, I. G. (2012). Prior knowledge influence on self-explanation effectiveness when solving problems: An exploratory study in science learning. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 24(3), 349-358.
- Shemwell, J. T. (2015). Seeking the general explanation: A test of inductive activities for learning and transfer. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(1), 58-83.
- Ruiz-Primo, M. A. (2008). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: A study that examines students' scientific explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 583-608.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2008). Investigating the structure and the content of pupils' written explanations during science teaching sequences focused on conceptual obstacles. *Themes in Science and Technology Education*, 1(2), 135-155.
- Gilmanshina, S. I. (2015). The feature of scientific explanation in the teaching of chemistry in the environment of new information of school students' developmental education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(4), 349-358.
- Saglam, Y. (2014). Creating a taken-as-shared understanding for scientific explanation: Classroom norm perspective. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 2(2), 149-163.