ISSN 2586-9256 (Print)
ISSN 2697-410X (Online)

JSSE Journal of Science and Science Education

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566)
Vol. 6, No. 1 (Jan. – Jun. 2023)

FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
Journal of Science and Science Education (JSSE)

ISSN 2586-9256 (Print)
ISSN 2697-410X (Online)

เจ้าของ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สำนักงาน
งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ 045-353401 ต่อ 4425
โทรสาร 045-353422
Email: jsse.sci.ubu@gmail.com หรือ saksri.s@ubu.ac.th หรือ purim.j@ubu.ac.th

พิมพ์ที่
โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
วันที่พิมพ์ 20 มีนาคม 2566

วัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (Journal of Science and Science Education: JSSE) หมายเลข ISSN 2586-9256 เป็นวารสารที่จัดทำโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่บทความวิจัย (Research articles) หรือบทความวิชาการ (Review articles) ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ซึ่งหมายรวมถึงเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ศึกษา และคณิตศาสตร์ศึกษา) และด้านวิทยาศาสตร์ (โดยเน้นเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี) ทั้งบทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ โดยลักษณะของบทความที่จะนำเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย และต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ทั้งนี้ ทุกบทความจะต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องทางวิชาการจากคณะผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในแต่ละสาขาวิชา (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน ตั้งแต่วารสารปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เป็นต้นมา ผลงานที่ได้รับการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระน่าสนใจ เป็นงานที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัยและต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน อนึ่ง วารสาร JSSE จัดอยู่ในกลุ่มสาขาวิชาสังคมศึกษา (Main subject categories: Social Sciences) สาขาวิชาสังคมศึกษา (Subject areas: Social Sciences) และอยู่ในสาขาวิชาย่อยด้านการศึกษา (Sub-subject: Education) นอกจากนี้ ยังมีสาขาวิชาย่อยเพิ่มเติมอีก 4 สาขาวิชาย่อยในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Main subject categories: Physical Sciences) ได้แก่ (1) เคมีทั่วไป (2) คอมพิวเตอร์ทั่วไป (3) คณิตศาสตร์ทั่วไป และ (4) ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ทั่วไป ทั้งนี้วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษามีกำหนดเผยแพร่บทความปีละ 2 ฉบับหรือเล่ม โดยเล่มที่ 1 เป็นเผยแพร่บทความระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน และเล่มที่ 2 เผยแพร่บทความระหว่าง กรกฎาคม – ธันวาคม ในกรณีที่มีกิจกรรมหรือโอกาสพิเศษของคณะวิทยาศาสตร์และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทางกองบรรณาธิการอาจจะมีการพิจารณาเผยแพร่ฉบับเพิ่มเติม (Supplementary Issue) นอกเหนือจากฉบับปกติเป็นรายกรณีไป

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความผลงานวิจัย (Research Articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลที่ผู้เขียนหรือคณะผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตัวเอง
2. บทความวิชาการ (Academic Articles) อาจแยกเป็นบทความปริทัศน์ (Review articles) บทความทางเทคนิค (Technical articles) เรียบเรียงจากการสืบค้น ตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ และบทความพิเศษ (Special articles) เสนอความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

กำหนดออก

เล่มที่ 1 มกราคม – มิถุนายน ของทุกปี
เล่มที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม ของทุกปี

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมต้นฉบับบทความ

ทาง JSSE เปิดรับบทความวิจัยและบทความวิชาการทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ต้นฉบับบทความประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบทคัดย่อ และส่วนเนื้อเรื่อง มีความยาวรวมกันไม่เกิน 16 หน้า ทั้งนี้ ถ้าบทความใดมีความยาวมากกว่า 16 หน้า ทางกองบรรณาธิการจะเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสมอีกครั้ง โดยจัดพิมพ์ต้นฉบับบทความด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2013 หรือเวอร์ชั่นที่ใหม่กว่า ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK สำหรับหัวเรื่องให้ใช้ตัวหนาขนาด 18 point ชื่อผู้เขียน ขนาด 14 point สถาบันต้นสังกัดของผู้เขียนขนาด 12 point ส่วนของเนื้อหาขนาด 14 point และให้ตั้งค่าหน้ากระดาษเป็นขนาด A4 (8.5 x 11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะจากขอบกระดาษด้านบน ด้านขวา และด้านล่าง ด้านละ 1 นิ้ว ส่วนด้านซ้ายเว้นระยะเป็น 1.25 นิ้ว จัดเป็นคอลัมน์เดียว ระยะห่างระหว่างบรรทัดเป็น single space โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนบทคัดย่อ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง (Title) ของคณะผู้วิจัย (Authors) ชื่อสถาบัน และเนื้อหา(Body) พร้อมคำสำคัญ (Keywords) โดยชื่อเรื่อง ความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด ให้ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ ยกเว้นคำนำหน้านาม (article) คำบุพบท (proposition) และคำสันธาน (conjunction) ให้พิมพ์เป็นตัวพิมพ์เล็ก ชื่อคณะผู้วิจัย พิมพ์ด้วยตัวอักษรขนาด 14 point ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุล โดยไม่ต้องมีคำนำหน้านามหรือคุณวุฒิ และใส่ดอกจัน (asterisk, *) หลังนามสกุลของผู้เขียนหลักหรือผู้ประสานงาน (corresponding author) สำหรับภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 เคาะ ระหว่างชื่อผู้วิจัย และผู้วิจัยคนสุดท้ายให้ใส่ "และ" นำหน้าโดยไม่ต้องเว้นวรรค และสำหรับภาษาอังกฤษให้ใส่จุลภาค (comma) หลังนามสกุล ยกเว้นคนสุดท้ายให้นำหน้าด้วย "and" และไม่ต้องใส่จุลภาคหน้า "and" ชื่อสถาบันขึ้นบรรทัดใหม่ พิมพ์ด้วยอักษรขนาด 12 point หากมีมากกว่า 1 สถาบัน ให้ใช้ตัวเลขยก (superscript) กำกับหน้าชื่อสถาบันและหลังชื่อผู้วิจัยให้ตรงกัน อีเมลของผู้เขียนหลักหรือผู้ประสานงานพิมพ์บรรทัดใหม่ใต้ชื่อสถาบันด้วยตัวอักษรขนาด 12 point เนื้อหาในบทคัดย่อควรครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา เช่น วัตถุประสงค์ วิธีการ ผลและอภิปรายผล และคำสำคัญ ให้ขึ้นบรรทัดใหม่ และมีจำนวนอย่างน้อย 3 คำ แต่ไม่เกิน 5 คำ โดยใช้คำที่สื่อความหมายในการค้นอย่างชัดเจน

ส่วนเนื้อเรื่อง ประกอบด้วยบทนำ (Introduction) วิธีดำเนินการวิจัย (Research Method) ผลการวิจัย (Results) อภิปรายผล (Discussion) สรุปผล (Conclusion) กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) และเอกสารอ้างอิง (References) สำหรับบทความวิชาการอาจจะมีรูปแบบการนำเสนอหรือหัวข้อที่แตกต่างออกไปตามความเหมาะสม ทั้งนี้รายละเอียดของบทความวิจัยอาจจะประกอบด้วย (1) บทนำ เป็นส่วนที่อธิบายถึงที่มาและความสำคัญของปัญหาในการวิจัยหรือการศึกษา ตลอดจนสรุปผลการทบทวนวรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างกระชับเพื่อส่งเสริมให้ที่มาองงานวิจัยสำคัญและชัดเจนมากขึ้น (2) วัตถุประสงค์การวิจัย อาจจะเลือกนำเสนอในรูปแบบของคำถามวิจัยหรือสมมติฐานการวิจัยเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเป็นการนำเสนอสิ่งที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน (3) วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการอธิบายวิธีดำเนินการวิจัยซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบและประเภทของการวิจัยที่มีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม (4) ผลการวิจัยและอภิปรายผล เป็นการนำเสนอผลจากการศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัยของการวิจัย ควรนำเสนออย่างตรงประเด็นและอภิปรายผลควบคู่ไปกับผลการวิจัยในแต่ละส่วน โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ หรือเปรียบเทียบกับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (5) สรุปผล เป็นการนำเสนอสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาหรือการวิจัยอย่างกระชับและเข้าใจได้ง่าย ควรมีการให้ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยหรือการศึกษาเพิ่มเติมเข้าไปด้วย (6) กิตติกรรมประกาศ เป็นการระบุแหล่งทุนสนับสนุนการศึกษา หน่วยงานหรือบุคคลที่ให้การสนับสนุนหรือช่วยเหลือในการศึกษา และ (7) เอกสารอ้างอิง เป็นการเขียนรายการเอกสารที่ใช้ในการอ้างอิงในส่วนของเนื้อหาทั้งหมด โดยให้ยึดรูปแบบ APA (American Psychological Association) โดยเขียนบรรณานุกรมหรือเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด โปรดดูคำอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของเอกสารอ้างอิง เอกสารอ้างอิงแต่ละรายการให้พิมพ์ต่อกัน

ยาวจนตกบรรทัดเอง (ใช้การเคาะ space bar ตามความหมาะสม) **แต่ห้ามเคาะ enter เพื่อตัดบรรทัด** และห้ามใช้ชื่อเต็มของวารสาร ทั้งนี้ เอกสารอ้างอิงทุกรายการต้องเขียนระบบการอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association) เป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรุณาศึกษาคำแนะนำและตัวอย่างในการเขียนรายการเอกสารอ้างอิง ดังนี้

คำแนะนำในการเขียนเอกสารอ้างอิง

วารสารนี้ใช้รูปแบบ APA ในการเขียนบรรณานุกรมหรือเอกสารอ้างอิง ซึ่งเป็นรูปแบบที่เป็นที่นิยมใช้ในสาขาวิชา จิตวิทยา การศึกษา และสาขาสังคมศาสตร์อื่นๆ การอ้างอิงมีข้อกำหนดตามแหล่งที่มาของเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิง และมีลำดับอักษรเรียงตามพยัญชนะ A B C ตามลำดับ ดังนี้

การอ้างอิงจากบทความในวารสารวิชาการ

<u>บทความภาษาอังกฤษ</u>

Supasorn, S. and Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. **Chemistry Education Research and Practice**, 16(1), 121-132.

<u>บทความภาษาไทย</u>

กฤษฎา พนันชัยและศักดิ์ศรี สุภาษร. (2563). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารประกอบไอออนิก ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 3(2), 165-176.

<u>เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษเป็น</u>

Pananchai, K. and Supasorn, S. (2020). Development of grade-10 students' conceptual understanding of ionic compound by using inquiry learning in conjunction with particulate models (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(2), 165-176.

การอ้างอิงจากบทความในรายงานการประชุมวิชาการ

Author Name. (Year). Article or chapter title. In **Proceedings of _______** (pp. page-page). Date (if applicable). City: Publisher.

<u>ตัวอย่างบทความภาษาไทย</u>

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2558). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9** (หน้า 388-398). วันที่ 2-3 กรกฎาคม 2558. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

<u>เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษได้ดังนี้</u>

A-waekaji, H. and Supasorn, S. (2015). Development of scientific conceptual understanding of chemical equilibrium by using 5E inquiry learning cycle integrated with predict-observe-explain in the elaboration step for grade-11 students (in Thai). **Proceedings of 9th Ubon Ratchathani University Research Conference** (pp. 388-398). July 2–3, 2015. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

การอ้างอิงจากหนังสือ

Author Name. (Year). **Textbook title**. City: Publisher.

<u>ตัวอย่าง</u>

Okuda, M. and Okuda, D. (1993). **Star trek chronology: The history of the future**. New York: Pocket Books.

การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์

Author Name. (Year). Dissertation/Thesis title. Master's Thesis or Doctoral Dissertation. City: Publisher/University.

<u>ตัวอย่างวิทยานิพนธ์ภาษาไทย</u>

ฮิกมะฮ์ อาแวกะจิ (2558). การพัฒนาความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในขั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

<u>เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษ</u>ได้ดังนี้

A-waekaji, H. (2015). Development of scientific conceptual understanding of chemical equilibrium by using 5E inquiry learning cycle integrated with predict-observe-explain in the elaboration step for grade-11 students (in Thai). **Master's Thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

การอ้างอิงจากเว็บไซต์

Author Name. (Year). Title. Retrieved Date Month Year, from **Website Name**: URL

<u>ตัวอย่างเว็บไซต์ภาษาไทย</u>

วิจารณ์ พานิช. (2562). มหาวิทยาลัยแห่งอนาคต. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2562, จาก **GoToKnow**: https://www.gotoknow.org/posts/285169

<u>เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษ</u>

Panich, V. (2019). University of the future (in Thai). Retrieved 8 June 2019, from **GoToKnow**: https://www.gotoknow.org/posts/661810

ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน

http://www.ams.cmu.ac.th/lib/administrator/paper/APA%206th%20New.pdf

ดาวน์โหลดไฟล์เทมเพลทบทความได้ใน

https://drive.google.com/open?id=13ODZ6TaSzzXZV6ElmwxHwyBYQ17ynZQb

ถ้อยแถลงบรรณาธิการ

ปัจจุบันนี้ นักวิชาการหรือผู้ทำงานในสังคมวิชาการส่วนใหญ่มีภารกิจสำคัญหลายอย่าง และหนึ่งในภารกิจเหล่านั้น คือ การเผยแพร่ผลงานวิชาการในวารสารวิชาการหรือการประชุมวิชาการที่มีการกลั่นกรองผลงานโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิชาการด้วยกันเองและเพื่อเป็นการเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปที่สนใจได้อ่านและศึกษาตามความสนใจของแต่ละคน ทั้งนี้ ผู้เขียนต้องพึงระวังว่า การอ้างอิงผลงานวิชาการเป็นเรื่องที่ต้องใส่ใจเป็นอย่างยิ่งและต้องอ้างอิงอย่างมีวิจารณญาณและมีจริยธรรม ทั้งนี้ ผู้เขียนจะต้องพิจารณาประเด็นเหล่านี้อย่างถี่ถ้วนก่อนส่งมารับการพิจารณาเผยแพร่ในวารสารฯ เพื่อป้องกันการคัดลอกผลงานวิชาการ (plagiarism) ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจได้ ทั้งนี้ กองบรรณาธิการของวารสารฯ ได้มีการตรวจสอบบทความอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนจากหลักวิชาการ การคัดลอกผลงานวิชาการหรือการกระทำที่ผิดต่อจริยธรรมการวิจัย

ทางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้เล็งเห็นความสำคัญข้างต้น จึงได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา ขึ้นมาเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยวารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 6 เล่มที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2566 ซึ่งประกอบด้วยบทความทั้งหมด 14 เรื่อง จำแนกเป็นบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ 5 เรื่อง บทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 9 เรื่อง

ทั้งนี้ วารสารได้ประกาศอัตราค่าธรรมเนียมการพิจารณาบทความ (Article Processing Charge) บทความละ 1,500 บาท โดยจะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมนี้ก่อนที่จะส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ทั้งนี้ JSSE จะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการดำเนินการบทความ ผ่านบัญชี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (คณะวิทยาศาสตร์) เลขที่ 869-3-00127-7 ธนาคารไทยพาณิชย์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2566 เป็นต้นไป ทั้งนี้ การชำระค่าธรรมเนียมการพิจารณาบทความ ไม่ได้เป็นการยืนยันว่าบทความดังกล่าวจะได้รับการเผยแพร่ใน JSSE แต่อย่างใด ดังนั้น บทความที่จะได้รับการเผยแพร่ใน JSSE จะต้องผ่านกระบวนการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิตามปกติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร)
หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารฯ

สารบัญ

หน้า

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.1

บทความวิจัย

การสกัดหาสารสำคัญจากกากถั่วเหลือง เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและสารบำรุงผิว

อรรถพล ดวงสวรรค์[1] ธนวรรณ พันธ์เกตุ[2] รมิตา ชัยศรีโสภณกิจ[3]
พชรวรรณ จันทรมงคล[4] บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล[5] และอรอุมา พันธ์เกตุ[6,*]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10240.
[2]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม), กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10110
[3]โรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10330
[4]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม), กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10240.
[5]ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10240.
[6]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม), คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 10240.
**Email: onuma.p@ds.ru.ac.th*

รับบทความ: 4 สิงหาคม 2565 แก้ไขบทความ: 7 พฤศจิกายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 7 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine max* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ถั่ว Fabaceae หรือ Leguminosae โดยถั่วเหลืองจัดเป็นพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตนมถั่วเหลืองและการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง จากอุตสาหกรรมดังกล่าวจะมีกากถั่วเหลืองเหลือทิ้งจากกระบวนผลิตต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยกากถั่วเหลืองที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ ในงานวิจัยชิ้นนี้จึงสนใจเกี่ยวกับการสกัดสารสำคัญที่เหลืออยู่ในกากถั่วเหลือจากโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและนมถั่วเหลือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารสำคัญจากกากถั่วเหลือง และเพื่อนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบหนึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารบำรุงผิว ด้วยวิธีการศึกษาที่ง่ายต่อการนำไปพัฒนา คือ การนำเอากากถั่วเหลืองจากโรงงานผลิตนมถั่วเหลืองและโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองมาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 70% เมทานอล (Methanol) ภายใต้อุณภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการกรองและระเหยตัวทำละลายของสารสกัดและทำการตกตะกอนสารสกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตน (Acetone) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำนมถั่วเหลืองและจากโรงงานน้ำมันนั้น มีน้ำหนักของสารสกัดหยาบเท่ากับ 200 และ 300 กรัม โดยคิดเป็น % yield เท่ากับ 20.0 % และ 25.0% (กรัมต่อกรัมกากถั่วเหลือง) ตามลำดับ และยังพบอีกว่ามีเพียงแค่สารสกัดจากกากถั่วเหลืองของโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเท่านั้นที่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น โดยน้ำหนักสารที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอนเท่ากับ 11.69 กรัม คิดเป็น % yield เท่ากับ 3.4% (กรัมต่อกรัมสารสกัดหยาบ) และเมื่อนำสารที่ตกตะกอนไปทำการวิเคราะห์ พบว่า สารที่ได้เป็นสารกลุ่มน้ำตาลสแตคีโอส (Stachyose) จัดอยู่ในกลุ่มเตตราแซ็กคาไรด์ (Tetrasaccharide) เป็นสารกลุ่มประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) โดยสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มน้ำตาลมีคุณสมบัติเป็นมอยเจอร์ไรเซอร์กักเก็บความชุ่มชื้นให้ผิวและผลัดเซลล์ผิวเก่า ดังนั้นสารที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถพัฒนาและต่อยอดให้เป็นส่วนประกอบหนึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารบำรุงผิวต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: สารสกัด สแตคีโอส คาร์โบไฮเดรต โอลิโกแซ็กคาไรด์ มอยเจอร์ไรเซอร์

Research Article

Soybean meal extraction for use in cosmetics and skincare products

Attapon dongsawan,[1] Tanawan Phankhat,[2] Ramita Chaisrisoponkij,[3] Patcharawan Chantaramongkol,[4] Boon-ek Yingyongnarongkul[5] and Onuma Phankhat[6,*]

[1]*Master of Science Program, Department of Chemistry, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand, 10240.*

[2]*Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (high school), Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand, 10110.*

[3]*Mater Dei School, Pathumwan, Bangkok, Thailand, 10330.*

[4]*Demonstration School of Ramkhamhaeng University (high school), Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand, 10240.*

[5]*Department of Chemistry, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand, 10240.*

[6]*Demonstration School of Ramkhamhaeng University, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand, 10240.*

**Email: onuma.p@ds.ru.ac.th*

Received <4 August 2022>; Revised <7 November 2022>; Accepted < 7 November 2022>

Abstract

Soybean (*Glycine max (L.)* Merr.), also called soja bean or soya bean. The annual soybean legume of the Fabaceae family and a species of legume native to East Asia. The soybean is economically the most important bean, used in the soy milk production industry and soybean oil production. From such initiatives, there will be a large amount of soybean meal from various production processes. The leftover soybean meal from the production process will be used as animal feed. Consequently, our research focuses on soybean meal extraction, a by-product of the food industry. To study and develop crude extracts used as ingredients in cosmetics and skincare products. The soybean meal extraction method was extracted with 70% Methanol at room temperature for 72 hours and filtered. The solvent was evaporated and precipitated with acetone. The results found that the crude extract of soybean meal from soy milk production and soy oil production industry was 200 and 300 g, and the yield was 20.0% and 25.0% (g/g of soybean meal), respectively. It was also found that only the crude extracts from the soy oil production industry were precipitated. The weight of the precipitate obtained from the precipitation process was 11.69 g, and the yield was 3.4% (g/g of crude extracts). The data from spectroscopy analysis indicates that the precipitates are a group of stachyose (Tetrasaccharide), a type of oligosaccharide. The compounds in the stachyose or sugar group have properties as a moisturizer to retain moisture in the skin, improve skin hydration, and exfoliate old skin cells. They could thus be used in skincare or antiaging applications. Therefore, the substances obtained from this research can be developed as a component in cosmetic and skincare products.

Keywords: Extract, stachyose, carbohydrates, oligosaccharide, moisturizer

บทนำ

ถั่วเหลือง (Soybean หรือ Soya bean) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max* (L.) Merr. จัดอยู่ในวงศ์ถั่ว Fabaceae หรือ Leguminosae โดยถั่วเหลืองจัดเป็นพืชสำคัญและเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลก ซึ่งประโยชน์ของถั่วเหลืองมีมากมายและยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย โดยในประเทศไทยมีกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารจากเมล็ดถั่วเหลืองจำนวนมาก อาทิเช่น นมถั่วเหลือง เต้าหู้ รวมไปถึงน้ำมันพืช ซึ่งอุตสาหกรรมดังกล่าวมีของเหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดอยู่อย่างหนึ่งคือกากถั่วเหลือง ซึ่งการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ 1 กิโลกรัมจะมีกากถั่วเหลืองสดเหลือทิ้งประมาณ 1.1 กิโลกรัม (Khare *et al.,* 1995) โดยกากถั่วเหลืองบางส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตจะถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยแหล่งโปรตีน (Li *et al.,* 2012; Chitisankul, 2018) และยังมีคาร์โบไฮเดรตในถั่วเหลืองซึ่งประกอบไปด้วย กลุ่มน้ำตาล (Sugar free) ประมาณ 10% (5% ซูโครส (Sucrose), 4% สแตคีโอส (Stachyose) และ 1% ราฟฟิโนส (Raffinose) (Macrae *et al.,* 1993*;* Zeng *et al.,* 2021) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ในเมล็ดถั่วเหลืองมีกลุ่มของสารประกอบไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและเป็นยาสำหรับวัยหมดประจำเดือนบรรเทาโรคกระดูกพรุนและคอเลสเตอรอลในเลือดและลดความเสี่ยงของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งและโรคหัวใจ (Wang *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มซาโปนิน (Saponin) โดยสารกลุ่มซาโปนินมีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิว เป็นสารทำให้เกิดฟอง เป็นสารต้านจุลินทรีย์ ต้านเชื้อรา กำจัดศัตรูพืช ต้านมะเร็ง ลดคอเลสเตอรอล (Faizal and Geleen, 2013; Chitisankul, 2016; Niziol-Łukaszewska and Bujak, 2018; Berhow *et al*., 2000) ซึ่งสารกลุ่มซาโปนินได้ถูกใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาด และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีซาโปนินจากโสม (Ginsenoside) ที่มีคุณสมบัติป้องกันการเสียหายของเส้นพร้อมการบำรุงเส้นผม (LVMH Recherche, 1997) และสารกลุ่มน้ำตาลหรือในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตต่างๆ มีคุณสมบัติเป็นมอยเจอร์ไรเซอร์กักเก็บความชุ่มชื้นให้ผิวและช่วยผลัดเซลล์ผิวเก่า ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาและนำเสนอคุณประโยชน์ของสารกลุ่มน้ำตาลหรือสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตต่างๆ เช่น การศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวและในกลุ่มเครื่องสำอาง (Misra and Shrivastava, 2020) และการศึกษาความสามารถของสารสกัดจากอ้อยที่ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางและสารบำรุงผิว (Carvalho *et al*., 2021) รวมไปถึงผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารบำรุงผิวจากธรรมชาติที่ในปัจจุบันก็ยังให้ความสำคัญต่อสารในกลุ่มนี้และได้รับความสนใจในการนำไปเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารบำรุงผิวจากธรรมชาติอย่างกว้างขวาง จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าสารทั้ง 2 กลุ่ม มีความน่าสนใจเป็นอย่างมากในการนำไปพัฒนาและต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นสินค้าหนึ่งที่สามารถวางขายในท้องตลาดและเป็นทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการสกัดสารกลุ่มซาโปนินที่มีคุณสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวและต้านจุลินทรีย์ และสารกลุ่มน้ำตาลหรือสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นมอยเจอร์ไรเซอร์กักเก็บความชุ่มชื้นให้ผิวและช่วยผลัดเซลล์ผิวเก่าจากกากถั่วเหลือง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้มาซึ่งสารประกอบอินทรีย์ในกลุ่มของซาโปนินหรือสารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตต่างๆ และพัฒนาสารสกัดที่ได้เพื่อใช้สำหรับเป็นส่วนประกอบหรือส่วนผสมในเครื่องสำอางหรือสารบำรุงต่างๆ เพื่อเป็นการพัฒนาต่อยอดและเพิ่มมูลค่าให้แก่กากถั่วเหลืองต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) กากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานนมถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองแห้งจากโรงงานน้ำมัน, น้ำปราศจากไอออน (Deionization (DI) water ที่ผลิตจากเครื่องรุ่น Barnstead™ GenPure™ Pro Water Purification System, ของ Thermo Scientific™ ประเทศสหรัฐอเมริกา), 70% v/v เมทานอล (Methanol; CH_3OH, เกรดเชิงพาณิชย์), อะซิโตน (Acetone; CH_3COCH_3, เกรดเชิงพาณิชย์), ดิวเทอเรียม ออกไซด์ (Deuterium oxide; D_2O, Sigma-Aldrich, ประเทศเยอรมัน)

เครื่องมือ

เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator; Rotavaper R-100, Buchi ประเทศสวิตเซอร์แลนด์), เครื่องปั๊มแบบสุญญากาศ (High vacuum pump), นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (Nuclear magnetic resonance; Ascend 400, Bruker ประเทศเยอรมัน), แมสสเปกโทรเมทรี (Mass spectrometry; micrOTOF-II, Bruker ประเทศเยอรมัน), ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Fourier-transform infrared spectroscopy; FT-IR 400 spectrometer (ATR), Perkin-Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิธีการทดลอง

นำกากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานนมถั่วเหลืองไปตากเป็นระยะเวลา 3 วันหรือจนกว่ากากถั่วเหลืองจากโรงงานนมถั่วเหลืองจะแห้งและหลังจากกากถั่วเหลืองเปียกจากโรงงานนมถั่วเหลืองแห้งแล้ว นำกากถั่วเหลืองตากแห้งจากโรงงานนมถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองแห้งจากโรงงานน้ำมัน อย่างละ 1 กิโลกรัม ไปทำการแช่สกัดด้วย 70% เมทานอล ปริมาตร 3000

มิลลิลิตร ที่อุณภูมิห้องและแช่สกัดทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันโดยทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง (ดัดแปลงจากวิธีการของ Korpphaiboon *et al*., 2017) หลังจากนั้นทำการกรองและทำการระเหยตัวทำละลายโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสุญญากาศแบบหมุน ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และความดัน 200 มิลลิบาร์ (mbar)

ทำการชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 แหล่ง อย่างละ 100 กรัม ละลายด้วย 70% เมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำการละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นทำการเติมอะซิโตน ปริมาตร 300 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน หลังจากนั้นจะสังเกตเห็นว่าสารละลายสารสกัดหยาบจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยจะมีตะกอนสีขาวขุ่นเกิดขึ้น (ดัดแปลงจากวิธีการของ Department of Science Service, 2010; Wiley Organic, Inc., 2002) หลังจากนั้นให้ทำการกรองตะกอนสีขาวขุ่นด้วยกระดาษกรองแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง (ทำการตกตะกอนซ้ำ 2-3 ครั้ง โดยการนำส่วนของเหลวที่กรองได้ไประเหยตัวทำละลาย แล้วนำกลับมาตกตะกอนซ้ำตามวิธีข้างต้น) แล้วนำตะกอนที่ได้รวมกันแล้วนำเข้าเครื่องปั๊มแบบสุญญากาศ เพื่อระเหยเอาตัวทำละลายที่ยังเหลือค้างอยู่รวมถึงความชื้นออกไปให้หมด เมื่อระเหยเสร็จจะได้ตะกอนแข็งสีเหลือง หลังจากนั้นทำการบดให้เป็นผงละเอียดแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อทำการคำนวณ % yield และนำผงตะกอนละเอียดที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์เอกลักษณ์ด้วยนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี แมสสเปกโทรเมทรี และอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การสกัดสารสกัดหยาบและการตกตะกอนสารสกัดหยาบจากกากถั่วเหลืองทั้ง 2 แหล่ง ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้ 70% เมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัด และทำการตกตะกอนด้วยอะซิโตน ซึ่งจากที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำนมถั่วเหลืองและจากโรงงานน้ำมันนั้น มีน้ำหนักของสารสกัดหยาบเท่ากับ 200 กรัม และ 300 กรัม โดยคิดเป็น % yield เท่ากับ 20.0% และ 25.0% (กรัมต่อกรัมกากถั่วเหลือง) ตามลำดับ และสารสกัดที่ได้จากการตกตะกอนสารสกัดหยาบนั้นพบว่า มีเพียงสารสกัดหยาบที่ได้จากกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำมันที่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น โดยมีน้ำหนักสารที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอน เท่ากับ 11.69 กรัม โดยคิดเป็น % yield เท่ากับ 3.4% (กรัมต่อกรัมสารสกัดหยาบ) ซึ่งจากกระบวนการสกัดจนถึงกระบวนการตกตะกอนนั้น พบว่ามีเพียงสารสกัดของกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำมันที่มีการตะกอนเกิดขึ้น ส่วนสารสกัดที่ได้ของกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำนมถั่วเหลืองนั้น ไม่พบการตกตะกอน อาจเนื่องจากสารในกลุ่มซาโปนินหรือสารในกลุ่มน้ำตาลนั้นมีความสามารถในการละลายได้ในน้ำ โดยในกระบวนการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองมีน้ำเป็นตัวทำละลายและเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนในการสกัด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสารในกลุ่มที่คณะผู้วิจัยสนใจนั้นได้ละลายและถูกสกัดออกไปหมดแล้ว โดยขณะที่ในกระบวนการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลืองใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่ำ เช่น เฮกเซน (Hexane) เป็นต้น ซึ่งถูกใช้ในการสกัดน้ำมัน ดังนั้นสารในกลุ่มซาโปนินรวมไปถึงสารกลุ่มน้ำตาลจึงไม่ถูกสกัดออกไปด้วย และเมื่อนำกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำมันมาทำการสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลาย 70% เมทานอล และทำการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายอะซิโตน จึงเกิดการตกตะกอนของสารดังกล่าวเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ตะกอนที่ได้จากกระบวนการตกตะกอนของสารสกัดจากโรงงานน้ำมันจะถูกนำไปพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเครื่องมือทางสเปกโทรสโกปี

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ปริมาณสารสกัดที่ได้จากวิธีการสกัดดังกล่าวให้ปริมาณสารสกัดที่ค่อนข้างสูง รวมไปถึงปริมาณสารที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอนก็ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน หากมองในแง่ของการพัฒนาและต่อยอดเพื่อจะนำไปเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางโดยใช้วิธีการสกัดดังกล่าว รวมไปถึงกากถั่วเหลืองจากโรงงานน้ำมันถั่วเหลือง และปริมาณสารสกัดที่ได้นั้นมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนเป็นอย่างมาก เนื่องจากในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาเพื่อต่อยอดนั้น โดยทั่วไปนิยมใช้เป็นสารสกัดหยาบเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นหากดูจาก % yield ที่ได้จากการสกัดในงานวิจัยครั้งนี้ เห็นได้ว่ามีปริมาณสารสกัดที่ค่อนข้างสูง จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อจะนำสารสกัดที่ได้นั้นไปเป็นส่วนประกอบหนึ่งในเครื่องสำอางและสารบำรุงผิว

การพิสูจน์เอกลักษณ์สารสกัดจากกากถั่วเหลือง

ข้อมูลจากการวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้น ด้วยเครื่องนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (NMR) พบว่าสารที่ได้จากการตกตะกอนเป็นสารกลุ่มน้ำตาล (ภาพที่ 1) โดยเบื้องต้นจากการวิเคราะห์ผลจากการเปรียบเทียบลักษณะการเกิดค่าสัญญาณ ^{1}H-NMR ของสารตัวอย่างกับลักษณะการเกิดสัญญาณ ^{1}H-NMR ของน้ำตาลสแตคีโอส, ราฟฟิโนส และซูโครส โดยข้อมูลนี้ได้ถูกรายงานใน Biological Magnetic Resonance Bank (Ulrich *et al*., 2008) จากการเปรียบเทียบลักษณะการเกิดค่าสัญญาณของ ^{1}H-NMR พบว่าลักษณะการเกิดสัญญาณ ^{1}H-NMR ของตะกอนตัวอย่างคล้ายกันกับลักษณะการเกิดสัญญาณ ^{1}H-NMR ของน้ำตาลสแตคีโอส โดยมีค่าสัญญาณสำคัญ ^{1}H-NMR ที่ δ_H 5.44 (*multiplet*) , 4.97 (*singlet*), 4.23 (*multiplet*), 4.13 (*multiplet*), 3.67 (*multiplet*) ดังแสดงในภาพที่ 2 และจากการวิเคราะห์มวลโมเลกุลของสารด้วยเครื่องแมสสเปกโทรเมทรี (MS) สามารถยืนยันได้ว่า สารที่ได้จากกระบวนการตกตะกอนนั้นอยู่กลุ่มน้ำตาลสแตคีโอส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ แสดงไว้ใน (ภาพที่ 3) โดยสแตคีโอส มีสูตรโมเลกุล $C_{24}H_{42}O_{21}$ มีมวลโมเลกุล (M) เท่ากับ 666.5776 โดยมวลโมเลกุล

ที่ได้จากการคำนวณของสแตคีโอส ($C_{24}H_{42}O_{21}Na$) เท่ากับ *m/z*: 689.2116 $[M+Na]^+$ จากการวิเคราะห์ผลที่ได้ พบว่า สารตัวที่ได้จากการตกตะกอนเป็นสารในกลุ่มสแตคีโอส มีมวลโมเลกุลที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ *m/z*: 689.2131 $[M+Na]^+$ ซึ่งเปรียบเทียบกับรายงานก่อนหน้าโดย (Jorge *et al*., 2017) ที่รายงานเกี่ยวกับการวิเคราะห์การหาปริมาณและการศึกษาลักษณะโครงสร้างของโอลิโกแซ็กคาไรด์ในกลุ่มน้ำตาลราฟฟิโนสในเนื้อเยื่อพืช *Casuarina glauca* โดยรายงานว่าพบสารกลุ่มน้ำตาลสแตคีโอสในเนื้อเยื่อพืชดังกล่าวและได้แสดงมวลโมเลกุลที่วิเคราะห์ได้ เท่ากับ m/z: 689.40 $[M+Na]^+$ พบว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ของสารสกัดตัวอย่างที่ได้ตรงกับในรายงานวิจัยดังกล่าว

ตารางที่ 1 การสกัดสารสกัดหยาบและการตกตะกอนสารสกัดหยาบจากกากถั่วเหลือง

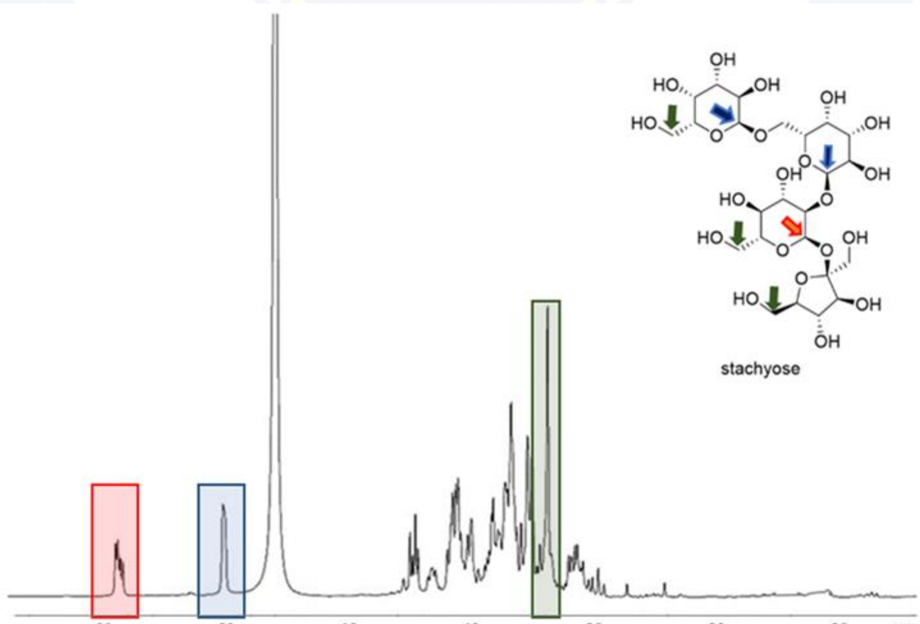
ตัวอย่าง/วัตถุดิบ	น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)	% yield สารสกัดหยาบ (%)	น้ำหนักสารที่ได้จากการตกตะกอน (กรัม)	% yield สารที่ได้จากการตกตะกอน (%)
กากถั่วเหลืองจากโรงงานนมถั่วเหลือง	200	20.0	-	-
กากถั่วเหลืองแห้งจากโรงงานน้ำมัน	300	25.0	11.69	3.4

การคำนวณ % yield สารสกัดหยาบ

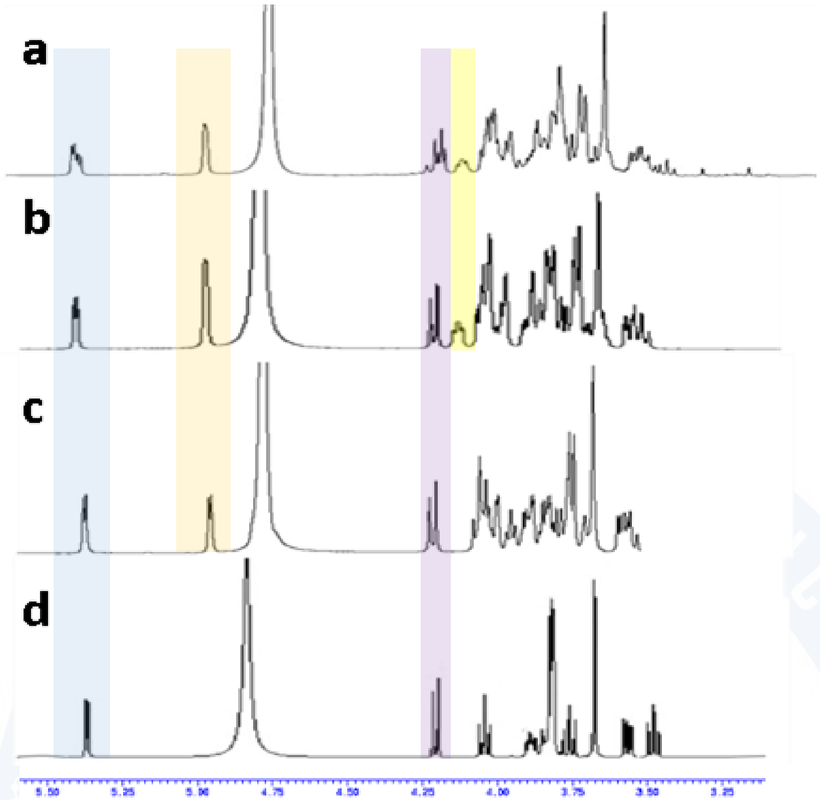
$$\% \text{ yield สารสกัดหยาบ} = \frac{\text{น้ำหนักสกัดหยาบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างกากถั่วเหลืองแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

การคำนวณ % yield สารที่ได้จากการตกตะกอน

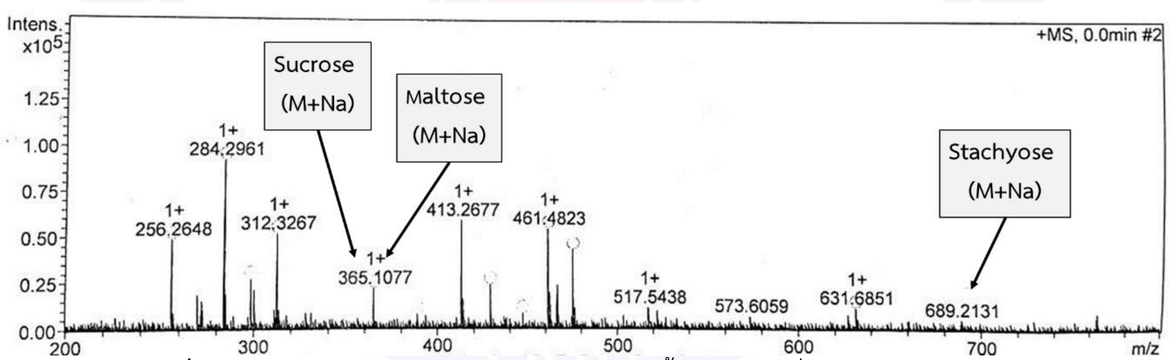
$$\% \text{ yield สารที่ได้จากการตกตะกอน} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสารสกัดหยาบ (กรัม)}} \times 100$$



ภาพที่ 1 ลักษณะสเปกตรัม ^{1}H-NMR ของสารตัวอย่างที่ตกตะกอน (ทำการละลายสารด้วยตัวทำละลายดิวเทอเรียม ออกไซด์ มีสูตรโมเลกุล D_2O)



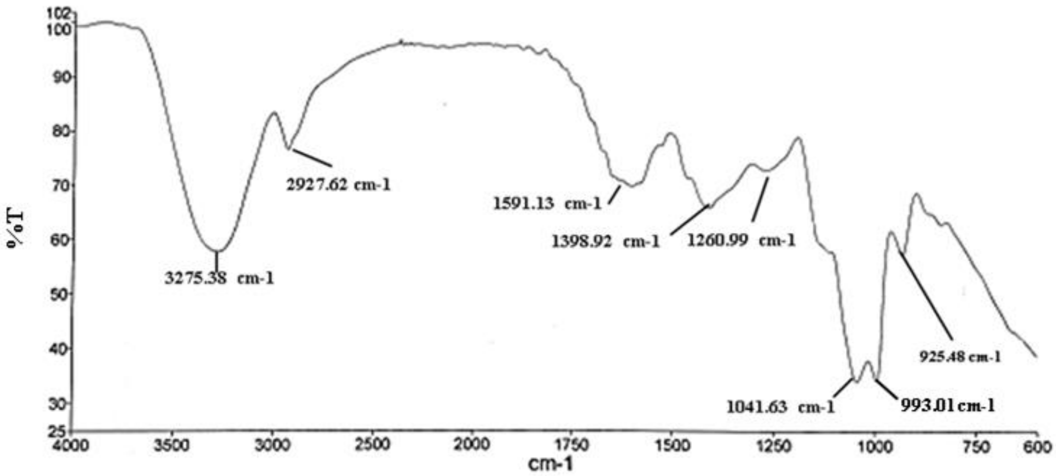
ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพีกของ NMR สเปกตรัม **(a)** ^{1}H-NMR ของสารที่ได้จากกระบวนการตกตะกอน (ทำการละลายสารด้วยตัวทำละลายดิวเทอเรียม ออกไซด์ (D_2O)); **(b)** ^{1}H-NMR ของน้ำตาลสแตคีโอส; **(c)** ^{1}H-NMR ของน้ำตาลราฟฟิโนส; **(d)** ^{1}H-NMR ของน้ำตาลซูโครส



ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์มวลโมเลกุลของสารตัวอย่างเบื้องต้นด้วยเครื่อง Mass spectrometry

การศึกษาฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี หรือ FT-IR สเปกตรัม นั้นเพื่อวิเคราะห์อันตรกิริยา (Interaction) ภายในโครงสร้างสารตัวอย่างที่เกิดขึ้น และเพื่อตรวจวิเคราะห์หาชนิดของหมู่ฟังก์ชันที่อยู่ในโมเลกุลของสาร โดยดูค่าการสั่นของพันธะเคมีที่อยู่ในสารอินทรีย์กับเทคนิคอื่น โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) อยู่ในช่วง 400 - 4000 cm^{-1} จากการศึกษา FT-IR สเปกตรัมของสารตัวอย่างนั้นพบว่า สารตัวอย่างมีการแสดงค่าการดูดกลืนคลื่นอินฟาเรด (IR absorptions) ที่ 3275, 2927, 1591, 1398, 1260, 1041, 993 และ 925 cm^{-1} (ภาพที่ 4) โดยตำแหน่ง 3275 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของพันธะ O-H เป็นลักษณะแถบกว้าง (ในหมู่ฟังก์ชัน ไฮดรอกซิล (Hydroxyl, -OH) ตำแหน่ง 2927 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของของพันธะ C-H (แบบยืด, stretching) ในหมู่ฟังก์ชัน อัลคิล (Alkyl, $-CH_3$, $=CH_2$,) ตำแหน่ง 1591 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของของพันธะ C-H (แบบงอ, bending) ในของหมู่ฟังก์ชัน อัลคิล (Alkyl, C-H) ตำแหน่ง 1398 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของของพันธะ C-H (แบบงอ, bending) ในหมู่ฟังก์ชัน อัลคิล (Alkyl, $-CH_3$, $=CH_2$) ตำแหน่ง 1260 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของพันธะ C-O (แบบยืด, stretching) ของหมู่ฟังก์ชัน ไฮดรอกซิล (Hydroxyl, O-H) ตำแหน่ง 1041 cm^{-1} เป็นความถี่การสั่นของพันธะ C-O (แบบยืด, stretching) เป็นของหมู่ฟังก์ชัน อีเทอร์ (Ether, C-O-C) ตำแหน่ง 993 cm^{-1} และตำแหน่ง 925 cm^{-1} เป็นของหมู่ฟังก์ชัน อัลคิล (Alkyl, $RCH=CH_2$) ซึ่งข้อมูล FT-IR สเปกตรัมของสาร

ตัวอย่างที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์นั้น ได้นำไปเปรียบเทียบกับ FT-IR สเปกตรัมของน้ำตาลสแตคีโอสที่เคยถูกรายงานก่อนหน้า โดย Xin-Hu *et al*. (2012) ที่รายงานเกี่ยวกับการวิเคราะห์ยาสมุนไพรจีน (Chinese drugs) ชื่อว่า ตานเซิน (Danshen) และพบว่าลักษณะพีกของค่าการดูดกลืนและตำแหน่งของสารสกัดที่ได้ตรงกับในรายงานวิจัยดังกล่าว



ภาพที่ 4 แสดง FT-IR สเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ตกตะกอน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการสกัดสารจากกากถั่วเหลืองทั้ง 2 แหล่ง โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย 70% เมทานอล และทำการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายอะซิโตน พบว่า จากวิธีการดังกล่าวสามารถสกัดและตกตะกอนสารกลุ่มน้ำตาลที่เป็นสารประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ ซึ่งปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้จากกากถั่วเหลืองของโรงงานน้ำนมถั่วเหลืองและโรงงานน้ำมันนั้นมีน้ำหนักของสารสกัดหยาบเท่ากับ 200 กรัมและ 300 กรัม โดยคิดเป็น % yield เท่ากับ 20.0% และ 25.0% (กรัมต่อกรัมกากถั่วเหลือง) ตามลำดับ และยังพบอีกว่ามีเพียงแค่สารสกัดจากกากถั่วเหลืองของโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเท่านั้นที่มีการตกตะกอนเกิดขึ้น โดยน้ำหนักสารที่ได้จากขั้นตอนการตกตะกอน เท่ากับ 11.69 กรัม คิดเป็น % yield เท่ากับ 3.4% (กรัมต่อกรัมสารสกัดหยาบ) ส่วนสารสกัดที่ได้จากกากถั่วเหลืองที่ได้จากโรงงานน้ำนมถั่วเหลืองนั้น ไม่พบการตกตะกอนเกิดขึ้น และการวิเคราะห์สารที่ได้จากขั้นตอนตกตะกอนของสารสกัดกากถั่วเหลืองจากโรงงานผลิตน้ำมัน ด้วยเครื่องมือทางสเปกโทรสโกรปี พบว่า สารที่ได้มีเพียงน้ำตาลสแตคีโอส เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ โดยสารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเป็นมอยเจอร์ไรเซอร์กักเก็บความชุ่มชื้นให้ผิวและผลัดเซลล์ผิวเก่า จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารสกัดที่ได้รวมไปถึงสารกลุ่มน้ำตาลที่ได้จากการตกตะกอนจากกากถั่วเหลืองของโรงงานน้ำมันถั่วเหลืองนั้น มีปริมาณที่ค่อนข้างสูงเหมาะต่อการนำไปพัฒนาและต่อยอด ดังนั้นในการวิจัยในขั้นตอนต่อไปทางคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของสารสกัดที่ได้เพื่อพัฒนาสารที่ได้ให้สามารถนำไปเป็นส่วนประกอบหนึ่งในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและสารบำรุงผิวและเพื่อเป็นการต่อยอดงานวิจัยให้เป็นสินค้าที่มีมูลค่า และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่กากถั่วเหลืองอีกด้วย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้วัตถุดิบที่เป็นกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดเอาส่วนที่เป็นน้ำนมและส่วนของน้ำมัน รวมไปถึงวิตามินและสารในกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระออกไปบางส่วนแล้ว ดังนั้น หากต้องการสารที่อยู่ในกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระรวมไปถึงสารกลุ่มวิตามินด้วย ทางผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้ คือ ควรใช้วัตถุดิบที่เป็นถั่วเหลืองเต็มเมล็ด และใช้วิธีการสกัดโดยการบีบอัด (Hydraulic Press) เป็นวิธีการสกัดแยกน้ำมันโดยใช้แรงดันสูงๆ บีบให้น้ำมันที่อยู่ภายในเมล็ดออกมา โดยไม่ใช้ตัวทำละลายและความร้อน เพื่อหลีกเลี่ยงการสลายตัวของสารกลุ่มวิตามิน ส่วนการเลือกใช้วิธีการสกัดแบบร้อน (Soxhlet Extraction) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ความร้อนในการสกัด และสามารถเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดได้ รวมไปถึงวิธีการสกัดแบบแช่หมัก (Maceration) ก็เป็นอีกวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยทำการเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมกับสารสำคัญในพืชสมุนไพรที่สนใจ เช่น เฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน, เอทิล อะซิเตท และเมทานอล เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้ได้สารสกัดมีสารสำคัญในกลุ่มที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานผลิตนมถั่วเหลือง (ไวตามิลล์) ในนาม บริษัท กรีนสปอต จำกัด และโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลือง (ตรากุ๊ก) ในนามบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนกากถั่วเหลือง และศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านสถานที่ อุปกรณ์ รวมไปถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Berhow, M. A., Wagner, E. D., Vaughn, S. F., and Plewa, M. J. (2000). Characterization and antimutagenic activity of soybean saponins. **Mutation Research**, 448(1), 11-22.

Carvalho, J. M., Oliveira, L. A., Pedrosa, S. S., Pintado, M., and Madureira, R. A. (2021). Potential sugarcane extracts as cosmetic and skincare ingredients, **Industrial Crops and Products**, 169, 113625.

Chitisankul, T. W. (2018). The utilities and values of okara (in Thai). **Food Journal**, 48(2), 40-48.

Chitisankul, T. W., (2016). Saponin in soybean for healthy (in Thai). **Food Journal**, 46(1) 43-46.

Department of Science Service. (2010). Saponins: Production, Extraction, and purification (in Thai). Retrieved 18 June 2021, from **OTOP**: http://www.sptn.dss.go.th/otopinfo/index.php/en/knowledge/informationrepack/388-saponins?showall=&start=12

Faizal, A., Geelen, D. (2013). Saponins and their role in biological processes in plants. **Phytochemistry Reviews**, 12, 877–893.

Jorge, T. F., Florêncio, M. H., Ribeiro-Barros, A. I., and António, C. (2017). Quantifying and structural characterization of raffinose family oligosaccharides porous graphitic carbon electrospray quadrupole ion trap mass spectrometry. **International Journal of Mass Spectrometry**, 413, 127–134.

Khare, S. K., Jha, K., and Gandhi, A. P. (1995). Citric acid production from Okara (soy-residue) by solid-state fermentation. **Bioresource Technology**, 54(3), 323–325.

Korpphaiboon, A., Chusri, O., and Tengrang, S. (2017). Development on saponin extraction from rambutan peel and the efficacy test of saponin. **Thai Journal of Agricultural Science**, 35(1), 60-73.

Li, B., Qiao, M., and Lu, F. (2012). Composition, nutrition, and utilization of Okara (Soybean Residue). **Food Reviews International**, 28(3), 231-252.

LVMH Recherche. (1997). Cosmetic or dermatological composition containing at least one saponin of the ginsenoside type, and its applications, especially for treating the hair. Meybeck, A. and Bonte, F. Int.Cl. A61K 31/56. US. Pat. 5, 663, 160. 1997-09-02.

Macrae, R., Robinson, R. K., and Sadler, M. J. (1993). **Encyclopedia of food science, food technology and nutrition**. London: Academic Press.

Misra, V., and Shrivastava, A. K. (2020). **Expanding Horizon of Sugar Application: Skin Care and Cosmetics**. In: Mohan, N., and Singh, P. (eds), Sugar and sugar derivatives: Changing consumer preferences. Singapore: Springer.

Nizioł-Łukaszewska, Z., and Bujak, T. (2018). Saponins as natural raw materials for increasing the safety of bodywash cosmetic use. **Journal of Surfactants and Detergents**, 21(6), 767-776.

Ulrich, L. E., Akutsu, H., Doreleijers, F. J., Harano, Y., Ioannidis, E. Y., Lin, J., Livny, M., Mading, S., Maziuk, D., Miller, Z., Nakatani, E., Schulte, F. C., Tolmie, E. D., Wenger, K. R., Yao, H., and Markley, L. J. (2008). BioMagResBank. **Nucleic Acids Research**, 36(1), 402–408.

Wang, Q., Ge, X., Tian, X., Zhang, Y., Zhang, J., and Zhang, P. (2013). Soy isoflavone: The multipurpose phytochemical (Review). **Biomedical Reports**, 1(5), 697-701.

Wiley Organic, Inc. (2002). **A process for isolating saponins from soybean-derived materials**. Bobbins, T. C07H 15/00. WO. WO 02/055529 A2. 2002-07-18.

Xin-Hu, L., Huan-Jun, X., Su-Qin, S., Jian, H., Guo-Yu, L., Yun, Z., Hong-Ying, G., Zhi-Cheng, Z., and Jin-Hui, W. (2012). Analysis and identification of Chinese drugs by three-step infrared spectroscopy—A case study of Danshen. **Analytical Methods**, 4(10), 3344–3350.

Zeng, Z., Zhang, Y., He, J., Yu, J., Mao, X., Zheng, P., Luo, Y., Luo, J., Huang, Z., Yu, B., and Chen, D. (2021). Effects of soybean raffinose on growth performance, digestibility, humoral immunity and intestinal morphology of growing pigs. **Animal Nutrition**, 7(2), 393-399.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.2
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566) : 10-24 | 10

บทความวิจัย

ความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สุรสิทธิ์ สุทธิคำภา[1,*]
[1]สาขาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี
**Email: surasit.s@ubu.ac.th*

รับบทความ: 31 สิงหาคม 2565 แก้ไขบทความ: 26 ตุลาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 20 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

การสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงสิงหาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ถึง 2565 พบเห็ดจำนวน 45 ชนิด จำแนกได้เป็น 2 ไฟลัม คือ ไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา (Phylum Basidiomycota) จำนวน 39 ชนิด ซึ่งในไฟลัมนี้จำแนกต่อได้เป็น 6 อันดับ (Order) 15 วงศ์ (Family) ได้แก่ อันดับ Agaricales Auricularieales Boletales Cantharellales Polyporales และ Russulales วงศ์ Agaricaceae Amanitaceae Auriculariaceae Boletaceae Cantharellaceae Coprinaceae Clavulinaceae Entolomataceae Ganodermataceae Marasmiaceae Nidulariaceae Polypolaceae Russulaceae Sclerodermataceae และ Tricholomataceae ส่วนเห็ดอีก 6 ชนิดอยู่ในไฟลัมแอสโคมายโคตา (Phylum Ascomycota) ซึ่งพบจำนวน 1 อันดับ 1 วงศ์ คือ อันดับ Xylariales วงศ์ Xylariaceae นอกจากนี้ ยังมีเห็ดที่ไม่สามารถจำแนกต่อจำนวน 3 ชนิดในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา และอีก 1 ชนิดในไฟลัมแอสโคมายโคตา เห็ดที่พบส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นทรงร่ม การเจริญของเห็ดพบทั้งประเภทกินซากและปรสิต โดยเห็ดส่วนใหญ่ไม่มีข้อมูลว่าสามารถกินได้หรือเป็นพิษหรือไม่ มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นอาหารได้ เห็ดบางชนิดสามารถพบได้ทุกปี เช่น เห็ดผึ้งพระ เห็ดแดงน้ำหมาก แต่เห็ดบางชนิดสามารถพบได้ในบางปีและยังไม่พบซ้ำอีก การศึกษาในครั้งนี้ได้ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดในพื้นที่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในแง่ของการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากเห็ดต่อไป

คำสำคัญ: เห็ด ความหลากชนิด การแพร่กระจายของเห็ด

Article

Species Diversity of Mushrooms in Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Surasit Sutthikhampa[1,*]

[1]*Microbiology Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani*

**Email: surasit.s@ubu.ac.th*

Received <31 August 2022>; Revised <26 October 2022>; Accepted <20 November 2022>

Abstract

Surveying of mushroom species diversity in Faculty of Science, Ubon Ratchathani University was conducted during June to August in the year 2019 to 2022. In total, 45 mushroom species were found, which were grouped into 2 Phyla. 39 species were in Phylum Basidiomycota; which were further classified into 6 Orders and 15 Families as following; Order Agaricales, Auricularieales, Boletales, Cantharellales, Polyporales and Russulales; Family Agaricaceae, Amanitaceae, Auriculariaceae, Boletaceae, Cantharellaceae, Coprinaceae, Clavulinaceae, Entolomataceae, Ganodermataceae, Marasmiaceae, Nidulariaceae, Polypolaceae, Russulaceae Sclerodermataceae and Tricholomataceae. On the other hand, 6 species belonged to Phylum Ascomycota. All of them were classified as a member belonging to Family Xylariaceae of Order Xylariales. However, 3 species in Phylum Ascomycota and 1 species in Phylum Basidiomycota were unable to further classified. The majority of mushrooms found were an umbrella-shape. They were found to grow as saprobe or parasite. For most of mushroom species, the information about their use or whether they are poisonous were insufficient. Some of mushrooms found annually e.g. *Boletus* sp. and *Russula* sp., while some only found once. This study offers information on the biodiversity of mushrooms in the area and will be beneficial in terms of conservation and further use of mushrooms.

Keywords: Mushroom, Species diversity, Spread of mushrooms

บทนำ

เห็ด (Mushroom) เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดรวมอยู่ในกลุ่มของเชื้อราในอาณาจักรฟังไจ (Kingdom Fungi) เห็ดอาจจะมีรูปร่างลักษณะได้หลายแบบ อาทิ คล้ายร่ม ถ้วย แท่ง หรือ ก้อน ซึ่งเห็ดที่นิยมนำไปรับประทานอาหารและขายตามท้องตลาดจะมีรูปร่างคล้ายร่ม เช่น เห็ดฟาง เห็ดนางรม เห็ดแดงน้ำหมาก เห็ดผึ้ง เป็นต้น เห็ดที่พบในท้องตลาดตลอดทั้งปีจะเป็นเห็ดที่สามารถเพาะในโรงเรือนได้ แต่เห็ดที่พบได้เฉพาะฤดูฝนจะเป็นเห็ดที่ไม่สามารถเพาะได้ในโรงเรือน ทั้งนี้ เนื่องจากเห็ดบางชนิดเป็นเห็ดไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal mushroom) ที่มีเส้นใยเจริญอยู่กับรากพืชชั้นสูง ดำรงชีวิตในแบบพึ่งพาอาศัย มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกัน (Chandrasrikul *et al.*, 2008) เห็ดจะจัดอยู่ในไฟลัมแอสโคมายโคตา (Phylum Ascomycota) และไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา (Phylum Basidiomycota) โดยเจริญได้ทั้งบนดิน บนซากใบไม้ ซากไม้ตาย รวมถึงต้นไม้ที่มีชีวิต ซึ่งสามารถจัดแบ่งเห็ดออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะการเจริญ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เห็ดกินซาก (Saprophytic mushroom) คือ เห็ดที่เจริญอยู่บนเศษซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่กำลังย่อยสลายผุพัง มีบทบาทเป็นผู้ย่อยสลายในธรรมชาติ กลุ่มที่ 2 เห็ดปรสิต (Parasitic mushroom) คือ เห็ดที่เจริญอยู่บนสิ่งมีชีวิตที่มีชีวิต และ กลุ่มที่ 3 เห็ดไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal mushroom) คือ เห็ดที่มีเส้นใยเจริญอยู่กับรากของพืชชั้นสูงที่มีชีวิตในแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน ดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร เช่น น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตจากพืช (Sanoamuang, 2010)

ในพื้นที่ประเทศไทยมีการศึกษาการสำรวจเห็ดอย่างแพร่หลาย เพื่อประโยชน์ด้านการจัดจำแนกชนิดเห็ด เพื่อเป็นประโยชน์ต่อชาวบ้านและผู้อาศัยโดยรอบพื้นที่ใกล้เคียง (Pitakpong, 2021) รวมถึงการศึกษาความหลากหลายของชนิดเห็ดในพื้นที่การศึกษา เช่น พื้นที่ป่าในมหาวิทยาลัย (Rattanasuk *et al.*, 2017; Sutthikhampa, 2022) รวมถึงคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยที่ตั้งจังหวัดอยู่ทางทิศตะวันออกสุดของประเทศ จะได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือก่อนจังหวัดอื่นๆ ดังนั้น ฤดูหนาวจะเริ่มเดือนตุลาคมแต่จะไม่นาน โดยส่วนใหญ่จะร้อนอบอ้าว ซึ่งฝนจะทิ้งช่วงแล้วแต่ปี โดยปกติฤดูฝนจะเริ่มเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมของปี (Ubon Ratchathani, 2022) พื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ เดิมเป็นพื้นที่ทุ่งนาโล่งๆ ได้มีการปลูกไม้ต้นเพื่อให้ร่มเงา มีพื้นที่ที่เป็นอาคาร ลานจอดรถ สนามหญ้า คลองน้ำ สนามหญ้า และพื้นที่สีเขียวที่มีไม้พุ่ม ต้นไม้ใหญ่ อาทิ ต้นดอกจาน ต้นตะเคียน ต้นคูณ ต้นหางนกยูง ต้นอินทนิล เป็นต้น ในช่วงฤดูฝนมักจะมีเห็ดเจริญตามบริเวณต่างๆ ตามธรรมชาติการเจริญของเห็ดทั้งที่เกิดบนดิน บนต้นไม้ บนซากใบไม้ทับถม ซากไม้ตาย ซึ่งเห็ดที่พบอาจจะพบในปีเดียวหรือพบได้ทุกปี เห็ดบางชนิดกินได้ บางชนิดมีพิษ ซึ่งผู้พบเห็นจะต้องมีความรู้หรือมีประสบการณ์ จึงจะสามารถระบุได้ ดังนั้น จึงเป็นที่มาในการสำรวจเพื่อเป็นการรวบรวมความหลากชนิดของเห็ดที่สามารถพบได้ในเขตพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งข้อมูลการแพร่กระจายของเห็ดที่พบได้ในพื้นที่แห่งนี้จะทำให้เกิดแหล่งเรียนรู้ความหลากหลายของชนิดเห็ดหรือการค้นพบเห็ดชนิดใหม่จากการศึกษาเชิงลึกต่อไป รวมทั้งการวางแผนการใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญของพืชอาศัยและการป้องกันเห็ดปรสิตในการทำลายต้นไม้ในเขตพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

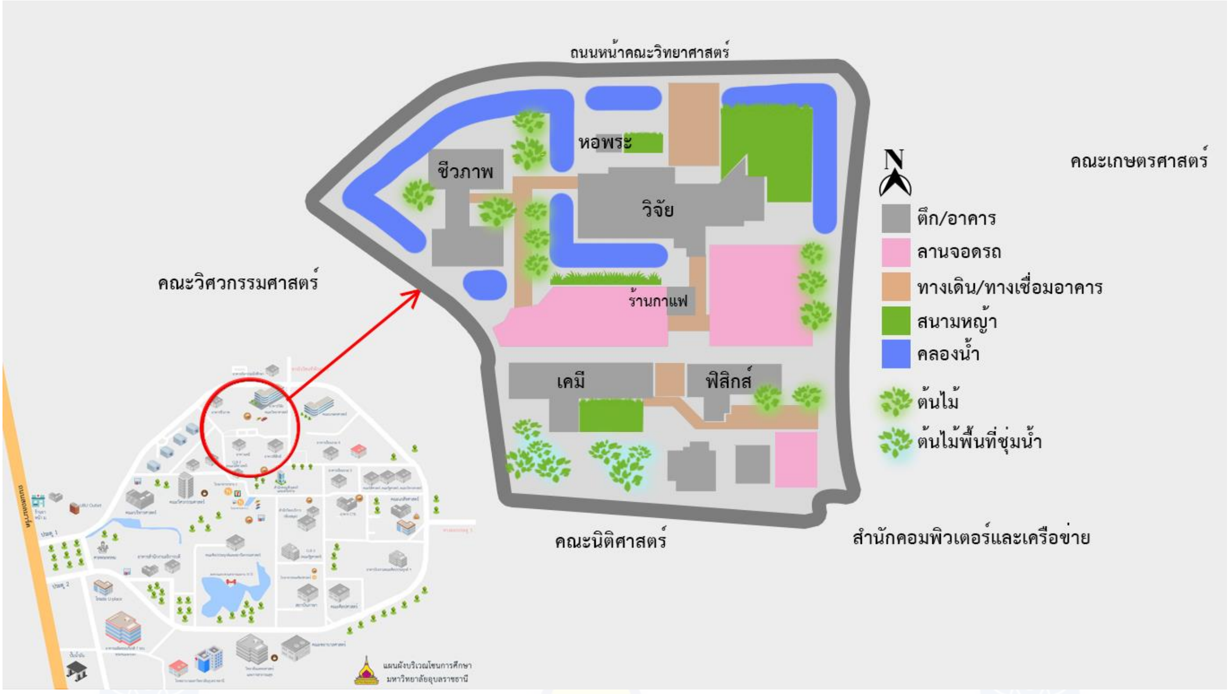
วิธีดำเนินการวิจัย

การสำรวจและเก็บตัวอย่างเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ดำเนินการในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึง เดือนสิงหาคมของแต่ละปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2562 ถึง 2565 โดยการเดินสำรวจตามบริเวณที่มีต้นไม้ พุ่มไม้ สนามหญ้า ซากไม้ตาย รอบคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สำรวจด้วยการถ่ายรูปเห็ดด้วยกล้องมือถือที่บันทึกวันเดือนปี และตำแหน่งจีพีเอส (GPS) เพื่อตรวจสอบย้อนกลับได้ เห็ดบางชนิดจะเก็บและนำกลับไปห้องปฏิบัติการเพื่อทำการศึกษารายละเอียดและเก็บตัวอย่างสำหรับการศึกษาในเชิงลึกต่อไป ในการจำแนกชนิดของเห็ดจะอาศัยคู่มือเห็ดในประเทศไทย Chandrasrikul *et al.* (2008; 2011), Sanoamuang (2010) Pukahuta *et al.* (2014; 2020) และ Forest Biodiversity Division, (2020)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

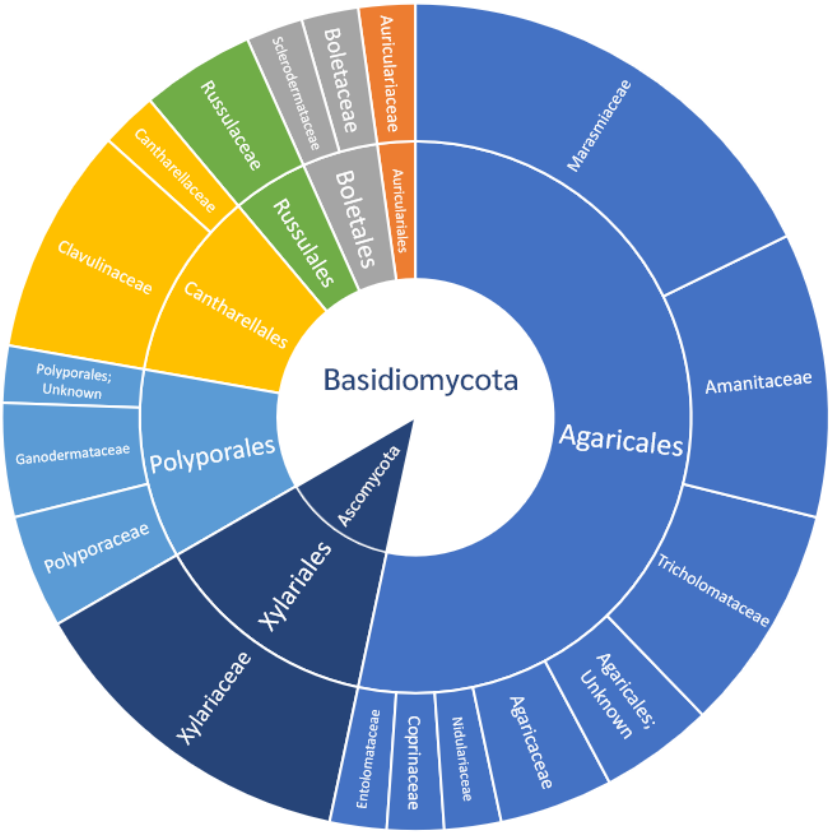
จากการสำรวจรวบรวมชนิดเห็ดที่พบในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (ภาพที่ 1) อยู่ในเขตพื้นที่การศึกษาของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยพื้นที่ติดกับถนนสายหลักหน้าคณะวิทยาศาสตร์ มีอาณาเขตด้านทิศตะวันตกติดกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้านทิศตะวันออกติดกับคณะเกษตรศาสตร์ ผู้สำรวจได้รวบรวมชนิดเห็ดเป็นระยะเวลา 4 ปี มีการบันทึก

ข้อมูลเห็ดตั้งแต่ปี พ.ศ.2562 ถึง พ.ศ.2565 ในแต่ละปีมีการสำรวจซ้ำในตำแหน่งเดิมที่พบเห็ดชนิดดังกล่าว รวมทั้งข้อมูลการเจริญในสภาพแวดล้อม และรายละเอียดการจัดจำแนกปรากฏในตารางที่ 1 และ 2 (ภาคผนวก)



ภาพที่ 1 ภาพวาดพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

การศึกษาครั้งนี้ พบเห็ดทั้งหมด 45 ชนิด มีทั้งเห็ดที่มีรูปร่างทรงร่ม และไม่ใช่ทรงร่ม และสามารถจำแนกตามคู่มือเห็ดได้ 2 ไฟลัม (Phylum) 7 อันดับ (Order) 16 วงศ์ (Family) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การจำแนกชนิดเห็ดตามไฟลัม (Phylum) อันดับ (Order) และวงศ์ (Family)

เห็ดที่พบมากที่สุดจำนวน 39 ชนิด จัดอยู่ในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา แบ่งเป็น 6 อันดับ 15 วงศ์ และไฟลัมแอสโคมายโคตา 1 อันดับ 1 วงศ์ จำนวนเห็ด 6 ชนิด เห็ดในอันดับ Agaricales พบมากที่สุดจำนวน 22 ชนิด โดยที่เห็ดในวงศ์ Marasmiaceae พบมากที่สุดจำนวน 8 ชนิด วงศ์ Tricholomataceae พบจำนวน 4 ชนิด วงศ์ Amanitaceae พบจำนวน 5 ชนิด เห็ดวงศ์ Clavulinaceae พบจำนวน 4 ชนิด เห็ดวงศ์ Agaricaceae, Ganodermataceae, Polypolaceae และ Russulaceae พบชนิดเห็ด วงศ์ละ 2 ชนิด วงศ์ Entolomataceae, Coprinaceae, Nidulariaceae, Auriculariaceae, Boletaceae, Sclerodermataceae และ Cantharellaceae พบชนิดเห็ด วงศ์ละ 1 ชนิด นอกจากนั้น ยังมีเห็ดที่อยู่ในไฟลัมนี้ที่ยังไม่สามารถระบุวงศ์ได้ 3 ชนิด แต่จากข้อมูลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาเบื้องต้น ได้แก่ ลักษณะดอก ครีบ หรือรูสปอร์ เป็นไปได้ว่าน่าจะเป็นเห็ดในอันดับ Agaricales และ Polyporales อย่างละ 2 และ 1 ชนิด ตามลำดับ สำหรับเห็ดในไฟลัมแอสโคมายโคตาสามารถจำแนกได้ 5 ชนิดในวงศ์ Xylariaceae และยังไม่สามารถระบุได้ 1 ชนิด ซึ่งจะได้ศึกษารายละเอียดต่อไป

เห็ดส่วนใหญ่พบบนซากใบไม้และดินที่ถูกทับถมด้วยใบไม้ เนื่องจากพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีต้นไม้ยืนต้นห่างกัน ไม่หนาแน่นเหมือนในป่า ดังนั้นจะมีพื้นที่ทั้งแดดรำไรและรับแสงแดดทั้งวัน โดยเห็ดที่พบกลางแจ้งในวงศ์ Agaricaceae พบจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดตาปู้ (*Calvatia boninensis*) และเห็ดทุ่งหญ้า (*Agaricus* sp.) (ภาพที่ 3 ก และ ข) สามารถพบได้ทุกปีที่สำรวจ ส่วนเห็ดทุ่งหญ้าจะพบหลังฝนตกและมีอายุสั้น เห็ดตาปู้จากคู่มือพบว่าเมื่ออ่อนสามารถรับประทานได้ (Chandrasrikul *et al*., 2008) แต่จากการสอบถามคนทั่วไปพบว่าไม่กินเห็ดดังกล่าว เห็ดกระโดงครีบ (*Chlorophyllum molybdites*) เห็ดก้านขนรุงรัง (*Lepiota clypeolaria*) เห็ดทาทอง (*Agaricus augustus*) เห็ดเนื้อร่วน (*Psathyrella candolleana*) และเห็ดขี้เถ้า (*Amanita griseofarinosa*) ซึ่งอยู่ในวงศ์ Amanitaceae (ภาพที่ 3 ข – ง) เป็นเห็ดมีพิษ เห็ดในวงศ์ Entolomataceae พบเพียงชนิดเดียวและครั้งเดียว ในปี พ.ศ. 2562 ใต้ต้นมะม่วงหลังตึกชีวภาพ ไม่มีข้อมูลว่ากินได้ มีสีทั้งขาและดอก (ภาพที่ 3 จ) เห็ดในวงศ์ Coprinaceae พบ 1 ชนิด คือ เห็ดน้ำหมึก (*Coprinus narcoticus*) (ภาพที่ 3 ฉ) ซึ่งเป็นเห็ดที่พบในสนามหญ้าลานจอดรถ มีอายุสั้น เห็ดในวงศ์ Nidulariaceae พบเห็ดรังนก ซึ่งมีรูปร่างคล้ายรังนก ไม่เหมือนรูปร่างเห็ดทรงร่มทั่วไป พบครั้งเดียวในปี พ.ศ.2563 ใต้ต้นอินทนิลทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ เห็ดในวงศ์ Tricholomataceae ที่รู้จักกันดี คือ เห็ดโคน (*Termitomyces robustus*) และเห็ดตีนแรด (*Tricholoma crassum*) (ภาพที่ 3 ซ และ ฌ) จากการสำรวจพบตำแหน่งเดียว แต่จากข้อมูลการสอบถามพบว่าเห็ดโคนหรือเรียกว่าเห็ดปลวก ในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สามารถพบได้หลายแห่ง เช่น ใต้พุ่มต้นเข็มอีกด้วย แต่เห็ดโคนเป็นเห็ดที่ต้องอาศัยรังปลวกที่มีชีวิตในการเจริญแบบพึ่งพาอาศัยกัน ในการแลกเปลี่ยนสารอาหารซึ่งกันและกัน (Wood and Thomas, 1989) ดังนั้นบริเวณที่เจริญจะสามารถระบุรังปลวกใต้ดินได้ เห็ดตีนแรด พบครั้งแรกใน ปี พ.ศ. 2564 ในรอยแตกแยกของปูน ของหอพระ เมื่อพิจารณาการแพร่กระจายของเห็ดโดยธรรมชาติจะอาศัยสปอร์ที่ปลิวไปตามอากาศ เมื่อตกลงในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะเจริญเป็นเส้นใย (Boonlue, 2022) แต่เห็ดตีนแรด อาจจะมีการเจริญในดินที่นำมาปรับพื้นที่ตอนที่มีการสร้างหอพระ ประมาณปี พ.ศ. 2559 เจริญเป็นดอกเห็ดและโผล่ออกมาจากรอยแยกของปูนในบริเวณดังกล่าว เห็ดหมวกเหลืองทอง (*Hygrocybe flavescens*) (ภาพที่ 3 ญ) เจริญเป็นดอกเดี่ยว ขนาดเล็ก ใต้พุ่มชาดัดทางเดินเข้าตึกชีวภาพ ไม่มีข้อมูลว่ากินได้ รวมถึงเห็ดชงโคเล็ก (*Lepista sordida*) (ภาพที่ 3 ฎ) เจริญเป็นหมู่บนซากใบไม้ทับถมใต้ต้นพิกุล ริมตึกชีวภาพฝั่งทางทิศตะวันออก การเจริญช่วงแรกเป็นดอกทรงร่ม แต่เมื่อดอกแก่มีการยกขอบหมวกขึ้นซึ่งอาจจะเป็นพฤติกรรมการปลดปล่อยสปอร์ของเห็ดชนิดนี้

(ก) เห็ดตาปู้ (ข) เห็ดทุ่งหญ้า (ฃ) เห็ดกระโดงครีบ (ค) เห็ดก้านขนรุงรัง

(ฅ) เห็ดทาทอง (ฆ) เห็ดเนื้อร่วน (ง) เห็ดขี้เถ้า (จ) เห็ดเบื่อ (ฉ) เห็ดน้ำหมึก

(ช) เห็ดรังนก (ซ) เห็ดปลวก (ฌ) เห็ดตีนแรด (ญ) เห็ดหมวกเหลืองทอง (ฎ) เห็ดชงโคเล็ก

ภาพที่ 3 เห็ดในลำดับ Agaricales วงศ์ Agaricaceae (ก – ข) วงศ์ Amanitaceae (ฃ – ง) วงศ์ Entolomataceae (จ) วงศ์ Coprinaceae (ฉ) วงศ์ Nidulariaceae (ช) วงศ์ Tricholomataceae (ซ – ฎ)

เห็ดในวงศ์ Marasmiaceae พบจำนวนมากที่สุดตลอดระยะเวลาติดตามและสำรวจ จำนวน 8 ชนิด แต่เห็ดในวงศ์นี้มีขนาดเล็กมากเจริญบนใบไม้ ได้แก่ เห็ดลวดดำหมวกดำ (*Marasmius nigrobrunneus*) เห็ดหมวกขาวขายาว (*M. pallenticeps*) เห็ดเฟืองล้อหมวกแดง (*Marasmius* sp.) และเห็ดดอกรัก เฟืองล้อ (*M. purpureostriatus*) (ภาพที่ 4 ก - ค) และที่พบบนเปลือกของต้นไม้ที่กำลังเจริญ และกิ่งไม้แห้ง ได้แก่ เห็ดหมวกขาว (*M. arborescens*) เห็ดเกล็ดขาว (*M. candidus*) เห็ดใบหูแก้ว (*M. simulans*) และเห็ดใบหูแก้วสีม่วง (*Campanella* sp.) (ภาพที่ 4 ฅ – จ) โดยจะพบเฉพาะหลังฝนตกใหม่ๆ มีความชื้นสูง เมื่อผ่านวันไปจะแห้งและมองไม่เห็น

(ก) เห็ดลวดดำหมวกดำ (ในธรรมชาติ และในห้องปฏิบัติการ) (ข) เห็ดหมวกขาวขายาว (ฃ) เห็ดเฟืองล้อหมวกแดง

(ค) เห็ดดอกรัก เฟืองล้อ (ฅ) เห็ดหมวกขาว (ฆ) เห็ดเกล็ดขาว (ง) เห็ดใบหูแก้ว (จ) เห็ดใบหูแก้วสีม่วง

ภาพที่ 4 เห็ดในลำดับ Agaricales วงศ์ Marasmiaceae

เห็ดหูหนู (*Auricularia polytricha*) และเห็ดผึ้งพระ (*Leccinum extremiorientale*) (ภาพที่ 5 ก และ ข) เป็นเห็ดกินได้ โดยเห็ดหูหนู จำแนกอยู่ในวงศ์ Auriculariaceae พบครั้งแรกและครั้งเดียวในปี พ.ศ.2563 บนขอนไม้ตายใต้ต้นอินทนิลร่วมกับเห็ดดันหมี (*Daldinia concentrica*) (ภาพที่ 8 ก) บริเวณทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ ทั้งนี้เนื่องจากมีการกวาดใบไม้และทำความสะอาดพื้นที่จึงอาจเป็นส่วนหนึ่งทำให้ไม่พบเห็ดหูหนูในปีถัดมา

ภาพที่ 5 เห็ดในลำดับ Auriculariales วงศ์ Auriculariaceae (ก) เห็ดในลำดับ Boletaceae วงศ์ Boletaceae (ข) และ Sclerodermataceae (ฃ) เห็ดในลำดับ Cantharellales วงศ์ Cantharellaceae (ค) และ Clayulinaceae (ฅ – จ)

ส่วนเห็ดผึ้งพระจำแนกอยู่ในวงศ์ Boletaceae พบได้ทุกปีใต้พุ่มต้นเข็มทางเดินเข้าร้านอาหารใต้ตึกเคมี ซึ่งมีต้นตะเคียนหลายต้น จากการสอบถามพบว่ามีการเก็บไปรับประทานทุกปี และอีกชนิดหนึ่งในวงศ์เดียวกับเห็ดผึ้งพระ คือ เห็ดก้อนลูกฝุ่น (*Scleroderma verrucosum*) (ภาพที่ 5 ฃ) เป็นลักษณะกลม รูปก้อนและมีราก มีรูปร่างแตกต่างจากเห็ดทั่วไป ซึ่งเกิดเป็นจำนวนมากใต้ต้นตะเคียนบริเวณเดียวกับเห็ดผึ้งพระและทางเดินระหว่างตึกเคมีกับตึกฟิสิกส์ เมื่อแก่จะมีรูข้างบนเพื่อพ่นสปอร์ได้ เห็ดมันปูสีส้ม (*Cantharellaceae* sp.) ในวงศ์ Cantharellaceae (ภาพที่ 4 ค) เจริญเป็นกลุ่ม มีขนาดเล็ก ใต้ต้นดอกจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ พบได้ทุกปี มีรายงานว่ากินได้แต่จากการสำรวจพบว่าไม่มีร่องรอยการเก็บแต่อย่างใด เห็ดที่มีรูปร่างคล้ายปะการัง พบ 4 ชนิด ได้แก่ เห็ดปะการังเขากวางสีขาว (*Scytinopogon angulisporus*) เห็ดปะการังตีนเป็ด (*Scytinopogon pallescens*) เห็ดปะการังสีเหลืองอ่อน (*Clavulina* sp.) และเห็ดปะการังสีเทา (*Clavulina* sp.) (ภาพที่ 5 ฅ และ จ) เห็ดปะการังเขากวางสีขาวพบมากใต้ต้นหางนกยูงทางเดินเข้าร้านอาหารใต้ตึกเคมี แต่ใน ปี พ.ศ. 2565 มีการปรับปรุงพื้นที่ไม่มีใบไม้ทับถมส่งผลให้ไม่พบเห็ดนี้ในปีถัดมา แต่พบเพิ่มเติมที่ใต้ต้นจามจุรี ทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ ร่วมกับเห็ดปะการังตีนเป็ด และมีข้อมูลว่ากินได้ สำหรับเห็ด เห็ดปะการังสีเหลืองอ่อน และเห็ดปะการังสีเทา พบใต้ต้นยางนา ริมถนนฝั่งคณะเกษตรศาสตร์

(ก) เห็ดหลินจือดอกซ้อน (ข) เห็ดขวานม่วงแดง (ฃ) เห็ดพัดรังผึ้ง (ด้านบนและรูใต้ดอก)

(ค) เห็ดหิ้งซ้อน (ฅ) เห็ดแดงน้ำหมาก (ฆ) เห็ดหลังม่วงขาแดง (ดอกอ่อนและดอกแก่)

ภาพที่ 6 เห็ดในลำดับ Polyporales วงศ์ Ganodermataceae (ก - ข) วงศ์ Polyporaceae (ฃ - ค)
และเห็ดในลำดับ Russulales วงศ์ Russulaceae (ฅ – ฆ)

ในกลุ่มเห็ดชั้น เห็ดหิ้ง ในอันดับ Polyporales พบเห็ดในวงศ์ Ganodermataceae (ภาพที่ 6 ก และ ข) ได้แก่ เห็ดหลินจือดอกซ้อน (*Ganoderma tropicum*) เจริญใต้ต้นหางนกยูงที่มีชีวิตทางเข้าตึกเคมี ซึ่งเป็นเห็ดปรสิตทำลายต้นหางนกยูงทำให้ยืนต้นตาย (Sanoamuang, 2010) ซึ่งเคยเกิดขึ้นกับต้นหางนกยูงตรงลานจอดรถหน้าตึกเคมี ส่วนเห็ดขวานม่วงแดงซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกันพบว่าเจริญจำนวนมากบนซากต้นไทร ทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ และพบเห็ดพัดรังผึ้ง (*Polyporus brasiliensis*) ในวงศ์ Polyporaceae (ภาพที่ 6 ฃ - ค) จำนวนมากเกิดบนซากต้นไทรดังกล่าว รวมไปถึงเห็ดหิ้งซ้อน (*Trametes* sp.) เห็ดในอันดับ Russulales 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดแดงน้ำหมาก (*Russula emetica*) พบทุกปีใต้พุ่มต้นเข็มทางเข้าร้านอาหารตึกเคมี รวมถึงใต้ต้นยางนา ริมถนนฝั่งคณะเกษตรศาสตร์ เป็นเห็ดกินได้ และเห็ดหลังม่วงขาแดง (*Russula* sp.) ซึ่งพบจำนวนมากรอบต้นตะเคียนทางเดินระหว่างตึกเคมีและตึกฟิสิกส์ (ภาพที่ 6 ฅ และ ฆ) พบว่าไม่มีร่องรอยการเก็บ

ในการสำรวจครั้งนี้ เห็ดจำนวน 4 ชนิด ยังไม่สามารถจำแนกในระดับวงศ์ได้ จึงได้ระบุว่าเป็นเห็ดปริศนา (unknown) โดยที่ เห็ดจำนวน 3 ชนิด จัดอยู่ในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา อันดับ Agaricales ได้แก่ เห็ดนางฟ้าปริศนา (ภาพที่ 7 ก) มีลักษณะดอกคล้ายเห็ดนางฟ้า แต่เกิดบนดิน พบบริเวณร้านขายกาแฟ มุมตึกวิจัย จากการสอบเจ้าของร้านพบว่า ในปี พ.ศ.2562 ที่มีการก่อสร้าง และมีการนำวัสดุเพาะพืชตกแต่งรอบร้าน จึงคาดว่าน่าจะมากับวัสดุเพาะ ซึ่งก่อนหน้านี้พื้นที่แห่งนี้เป็นสนามหญ้า เห็ดหมวกยกปริศนา (ภาพที่ 7 ข) เกิดเป็นหมู่ พบตั้งแต่ดอกอ่อน จนถึงดอกแก่ที่มีขอบหมวกยกขึ้น มีสีน้ำตาล พบครั้งเดียวใต้ต้นเอกมหาชัยและต้นยางนา มุมทางออกคณะวิทยาศาสตร์ ด้านทิศตะวันออก และเห็ดแผ่นติดขอนปริศนา (ภาพที่ 7 ฃ) รูปร่างไม่เหมือนดอกเห็ดทรงร่มเหมือนทั่วไป แต่จากสัณฐานวิทยาเบื้องต้นน่าจะจัดอยู่ในวงศ์ Polyporaceae นอกจากนั้นยังมีอีก 1 ชนิด คือเห็ดดันหมีน้อยปริศนา (ภาพ 8 ข) ซึ่งมีลักษณะทรงกลมคล้ายเห็ดดันหมี แต่มีขนาดเล็กและสีค่อนข้างเทาจัดอยู่ในไฟลัมแอสโคมายโคตา อย่างไรก็ตามมีการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาเชิงลึกต่อไป

(ก) เห็ดนางฟ้าปริศนา (ข) เห็ดหมวกยกปริศนา (ฃ) เห็ดแผ่นติดขอนปริศนา

ภาพที่ 7 เห็ดในลำดับ Agaricales ที่ยังไม่สามารถจำแนกได้

ไฟลัมแอสโคมายโคตา เป็นกลุ่มที่พบได้น้อยและมีรูปร่างไม่ใช่ทรงร่ม พบจำนวน 6 ชนิด จัดอยู่ในอันดับ Xylariales วงศ์ Xylariaceae (ภาพที่ 8) ได้แก่ เห็ดดันหมี (*Daldinia concentrica*) มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีน้ำตาลเข้ม พบครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2563 พร้อมกับเห็ดรังนก (*Cyathus striatus*) และพบบนซากต้นไทร ทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ พร้อมกับเห็ดในวงศ์เดียวกัน ในปี พ.ศ.2565 เห็ดดันหมีน้อยปริศนา (ภาพที่ 8 ข) มีลักษณะคล้ายเห็ดดันหมี แต่มีขนาดเล็กกว่า มีสีเทาถึงขาว และเจริญเป็นหมู่ พบในปี พ.ศ. 2565 สำหรับเห็ดธูป (*Xylaria* sp.) (ภาพที่ 8 ฃ) มีลักษณะเป็นแท่งคล้ายธูปเกิดเป็นหมู่บนซากต้นไทร ซึ่งแตกต่างจากเห็ดธูปปลายขาว (*Xylaria hypoxylon*) (ภาพที่ 8 ค) ที่เกิดจำนวนมากบนซากผลคูณใต้ต้นคูณทางทิศเหนือของตึกชีวภาพ และหน้าตึกฟิสิกส์ นอกจากนี้ยังพบเห็ดนิ้วมือทอง และเห็ดหนอนแบน (*Hypoxylon* sp.) (ภาพที่ 8 ฅ – ฆ) ซึ่งเจริญบนซากต้นไทรเช่นเดียวกันกับเห็ดในวงศ์เดียวกันนี้

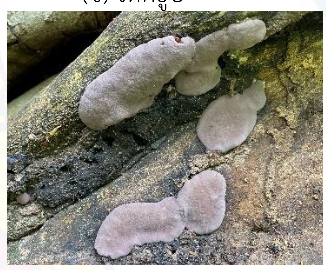

(ก) เห็ดดันหมี


(ข) เห็ดดันหมีน้อยปริศนา


(ฃ) เห็ดธูป


(ค) เห็ดธูปปลายขาว


(ฅ) เห็ดนิ้วทอง


(ฆ) เห็ดหนอนแบน

ภาพที่ 8 เห็ดในลำดับ Xylariales วงศ์ Xylariaceae (ก - ฆ)

จากการสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่ามีจำนวนชนิดและความหลากหลายระดับวงศ์ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการสำรวจเห็ดในพื้นที่อนุรักษ์ป่าต้นน้ำร่องก่อ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (Sutthikhampa, 2022) สำหรับเห็ดที่เป็นชนิดเดียวกันมีจำนวนน้อย เช่น เห็ดแดงน้ำหมาก เห็ดปะการังเขากวาง เป็นต้น ซึ่งชนิดเห็ดที่พบในป่าร่องก่อส่วนใหญ่เป็นเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) ที่มีความสัมพันธ์กับต้นไม้อาศัยในป่า โดยที่ความชื้นในดิน อุณหภูมิอากาศ ความเข้มแสงรอบวัน จะมีอิทธิพลต่อการเจริญของเห็ดที่มีหลากหลายชนิด (Kaewgrajang, 2019) แตกต่างจากพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความหนาแน่นของต้นไม้น้อยกว่า และเห็ดที่พบส่วนใหญ่อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับพืชอาศัยเหมือนกับเห็ดที่พบในป่าร่องก่อ แต่สามารถเจริญบนดิน ซากใบไม้ หรือซากต้นไม้ โดยเฉพาะเห็ดที่เจริญบนซากต้นไทร ซึ่งมีความหลากหลายของชนิดเห็ดจำนวนมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเห็ดชนิดดังกล่าวมีการเจริญและมีความสามารถย่อยเนื้อไม้ตายเป็นอย่างดี และอาจจะหายไปหากซากไม้ดังกล่าวถูกนำออกจากพื้นที่หรือถูกย่อยสลายจนหมดแล้ว รวมไปถึง เห็ดต่างๆ อาจจะพบหรือไม่พบในแต่ละปีได้ เนื่องจากมีการปรับปรุงภูมิทัศน์เป็นประจำ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การสำรวจความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รวมระยะเวลา 4 ปี พบเห็ดจำนวน 45 ชนิด และจำแนกได้ 2 ไฟลัม ซึ่งพบเห็ดในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา จำนวน 39 ชนิด ในจำนวนนี้ ยังไม่สามารถระบุชนิดได้แน่ชัด 3 ชนิด ซึ่งควรทำการศึกษาข้อมูลเชิงลึกต่อไป และพบเห็ดในไฟลัมแอสโคมายโคตา จำนวน 6 ชนิด แต่ยังจำแนกไม่ได้ 1 ชนิด สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ของเห็ดส่วนใหญ่ที่พบ คือ ไม่มีข้อมูลว่ากินได้รวมถึงข้อมูลว่าเป็นพิษหรือไม่ มีเพียงส่วนน้อยที่กินได้ ซึ่งเห็ดแต่ละชนิดอาจจะพบได้ในบางปีและอาจจะหายไปไม่สามารถพบซ้ำได้ ซึ่งมีผลมาจากการปรับปรุงภูมิทัศน์อยู่เป็นประจำ จากข้อมูลการสำรวจและการติดตามความหลากชนิดของเห็ดในพื้นที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในครั้งนี้จะช่วยส่งเสริมการศึกษาความหลากชนิดของเห็ดรวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ด และการใช้ประโยชน์จากเห็ดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชริดา ปุกหุต ที่ช่วยแนะนำและสืบค้นข้อมูล ขอขอบคุณหลักสูตรจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในการสนับสนุนห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์การศึกษา และการจัดจำแนก

เอกสารอ้างอิง

Boonlue, S. (2022). **Fungal-Plant interaction** (in Thai). Khon Kaen: Khon Kaen University Press.

Chandrasrikul, A. Suwanarit, P. Sangwanit, U. Morinaga, T. Nishizawa, Y. and Murakami, Y. (2008). **Diversity of Mushrooms and Macrofungi in Thailand** (in Thai). Bangkok: Kasetsart University Press.

Chandrasrikul, A. Suwanarit, P. Sangwanit, U. Lunyong, S. Payapanon, A. Sanoamuang, N. Pukahuta, C. Petcharat, V. Sardsud, U. Duengkae, K. Klinhom, U. Thongkantha, S. and Thongklma, S. (2011). **Checklist of Mushrooms (Basidiomycetes) in Thailand**. Bangkok: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning Bangkok, Thailand.

Forest Biodiversity Division. (2020). Yan Yao forest, Khao Wong forest and Krasuem forest (in Thai). Retrieved 7 July 2022, from http://fbd.forest.go.th/th/wp-content/uploads/2020/04/191-216-เห็ดรา-P-1.pdf

Kaewgrajang, T. (2019). Relationship between Environmental Factor and Species Diversity of Wild Edible Mushrooms at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province (in Thai). **Thai Journal of Forest**, 38(1), 53-65.

Rattanasuk, S. Choosrimeang, P. Khemphet, S. and Boongapim B. (2017). Species Diversity of Edible Mushrooms in Roi Et Rajabhat University Forest (in Thai). **Rajabhat Agriculture Journal**, 16(2): 27-32.

Sanoamuang, N. (2010). **Wild Mushrooms of Thailand: Biodiversity and Utilization** (in Thai). Bangkok: Universal Graphic and Trading Press.

Sutthikhampa, S. (2022). Survey of mushrooms on nature trail of watershed area, Rong-Kor forest, Ubon Ratchathani University. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University,** 24(2), 81-89

Pitakpong, A. (2021). Survey of mushroom diversity in forest of University of Phayao (in Thai). **Journal of Science, Engineering and Technology**, 1(1), 30-36.

Pukahuta, C. Kantachotand, C. Suwanakood, P. Unphim U. Palasarn, W. and Sutthikhampa, S. (2014). **Manual of Mushroom study in Ubon Ratchathani Zoo** (in Thai). Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University Press.

Pukahuta, C. Kantachotand, C. Suwanakood, P. Palasarn, W. Unphim U. and Sutthikhampa, S. (2020). **Manual of Mushroom study in Ubon Ratchathani Zoo 2** (in Thai). Ubon Ratchathani: Siritham Offset Press.

Wood, T. and Thomas, R. (1989). The mutualistic association between Macrotermitinae and Termitomyces. **Insect-fungus interactions**, 14, 69-92.

Ubon Ratchathani. (2022). About Ubon Ratchathani Province. Retrieved 25 October 2022, from http://ubonratchathani.go.th/home/464.html.

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดเห็ดที่พบในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา ตามลำดับ (Order) วงศ์ (Family) ชื่อวิทยาศาสตร์ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ การเจริญ สถานที่ที่พบเห็ด และปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด

การจำแนกและชื่อวิทยาศาสตร์	การใช้ประโยชน์			วัสดุที่พบการเจริญ	สถานที่ที่พบเห็ด	ปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด			
	กินได้	มีพิษ/กินไม่ได้	ไม่มีข้อมูล			2562	2563	2564	2565
Order Agaricales									
Family Agaricaceae									
เห็ดตาปู้ *Calvatia boninensis* S. Ito & S. Imai			√**	ดิน	ทางเดินระหว่างตึกเคมีและตึกฟิสิกส์ ลานหลังตึกชีวภาพฝั่งทิศเหนือ และ ลานหญ้าริมน้ำข้างลานจอดรถบุคลากร		√	√	√
เห็ดทุ่งหญ้า *Agaricus* sp.			√	ดิน	ลานหญ้าริมน้ำข้างลานจอดรถบุคลากร				√
Family Amanitaceae									
กระโดงครีบขาว *Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Massee		√*		ซากใบไม้	ริมน้ำหลังหอพระ				√
เห็ดก้านขนรุงรัง *Lepiota clypeolaria* (Bull.) P. Kumm			√****	ดิน/ซากใบไม้	ใต้ต้นเฟื่องฟ้าทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	
เห็ดทาทอง *Agaricus augustus* Fr.			√****	ดิน/ซากใบไม้	ใต้ต้นชาดัดทางเดินทิศตะวันออกของตึกชีวภาพ			√	√
เห็ดเนื้อร่วน *Psathyrella candolleana* (Fr.) Maire			√	ซากใบไม้	ใต้ต้นเข็มแดงทางเดินทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√
เห็ดดอกเลา เห็ดขี้เถ้า *Amanita griseofarinosa* Hongo			√**	ดิน/ซากใบไม้	ใต้ต้นเข็มทางเข้าร้านอาหารตึกเคมี			√	√
Family Entolomataceae									
เห็ดเบื่อ *Entoloma* sp.			√	ซากใบไม้	ใต้ต้นมะม่วงทิศเหนือของตึกชีวภาพ	√			
Family Coprinaceae									
เห็ดน้ำหมึก *Coprinus narcoticus* (Schaeff. Ex Fr.) S.F.Gray		√**		ดิน	ลานหญ้าริมน้ำลานจอดรถบุคลากร				√
Family Nidulariaceae									

การจำแนกและชื่อวิทยาศาสตร์	การใช้ประโยชน์			วัสดุที่พบการเจริญ	สถานที่ที่พบเห็ด	ปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด			
	กินได้	มีพิษ/กินไม่ได้	ไม่มีข้อมูล			2562	2563	2564	2565
เห็ดรังนก *Cyathus striatus* (Huds.) Willd. & Pers.			√*	ซากไม้	ลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ		√		
Family Marasmiaceae									
เห็ดลวดดำหมวกดำ *Marasmius nigrobrunneus* (Pat.) Sacc.			√***	ซากใบไม้	ใต้ต้นเข็มแดงลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	√
เห็ดหมวกขาวขายาว *Marasmius pallenticeps* Singer			√**	ซากใบไม้	ใต้ต้นเข็มแดงลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ		√	√	√
เห็ดเฟืองล้อหมวกแดง *Marasmius* sp.			√	ซากใบไม้	ใต้ต้นเข็มแดงลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	√
เห็ดดอกรัก เฟืองล้อ *Marasmius purpureostriatus* Hongo	√*			ซากใบไม้	โคนต้นไม้ทางออกทิศตะวันตกตึกชีวภาพ				√
เห็ดหมวกขาว *Marasmius arborescens* (Henn.) Beeli.			√*	ซากกิ่งไม้	ลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ		√		√
เห็ดเกล็ดขาว *Marasmius candidus* (Bolt.) Fr			√*	เปลือกต้นอินทนิล	เปลือกต้นอินทนิลลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	√
เห็ดใบหูแก้ว *Campanella simulans* (Pat.) Sing.			√****	ซากกิ่งไม้	กิ่งไม้ตายลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	√
เห็ดใบหูแก้วสีม่วง *Campanella* sp.			√	ซากกิ่งไม้	กิ่งไม้ตายลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ				√
Family Tricholomataceae									
เห็ดปลวก *Termitomyces robustus* (Beeli) Heim	√*			ดิน	จอมปลวกต้นไทรเกาหลีทิศเหนือของตึกชีวภาพ		√		
เห็ดตีนแรด *Tricholoma crassum* (Berk.) Sacc.	√**			ดิน	ตามรอยแตกของปูนหอพระ			√	√
เห็ดหมวกเหลืองทอง *Hygrocybe flavescens* (Kauffman) Singer			√*	ดิน/ซากใบไม้	ใต้ต้นชาดัด ทางเดินทิศตะวันออกของตึกชีวภาพ				√

การจำแนกและชื่อวิทยาศาสตร์	การใช้ประโยชน์			วัสดุที่พบการเจริญ	สถานที่ที่พบเห็ด	ปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด			
	กินได้	มีพิษ/กินไม่ได้	ไม่มีข้อมูล			2562	2563	2564	2565
เห็ดชงโคเล็ก *Lepista sordida* (Schumach.) Singer			√*	ซากใบไม้	ใต้ต้นพิกุลทางเดินทิศตะวันออกของตึกชีวภาพ		√	√	√
Order Auriculariales									
Family Auriculariaceae									
เห็ดหูหนู *Auricularia polytricha* (Mont.) Sacc.	√***			ซากไม้	ลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ		√		
Order Boletales									
Family Boletaceae									
เห็ดผึ้งพระ *Leccinum extremiorientale* (L. Vass) Sing.	√**			ดิน	ใต้ต้นเข็มแดงทางเข้าร้านอาหารตึกเคมี			√	√
Family Sclerodermataceae									
เห็ดก้อนลูกฝุ่น *Scleroderma verrucosum* Pers	√*			ดิน	ใต้ต้นเข็มทางเข้าร้านอาหารตึกเคมีและโคนต้นตะเคียนระหว่างตึกเคมีกับตึกฟิสิกส์			√	√
Order Cantharellales									
Family Cantharellaceae									
เห็ดมันปูสีส้ม *Cantharellaceae* sp.			√	ดิน	โคนต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ			√	√
Family Clavulinaceae									
เห็ดปะการังเขากวางสีขาว *Scytinopogon angulisporus* (Pat.) Cor.	√*			ดิน	ใต้ต้นไม้ทางเข้าร้านอาหารตึกเคมี ใต้ต้นจามจุรีทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ	√	√		√
เห็ดปะการังตีนเป็ด *Scytinopogon pallescens* (Bres.) Singer			√**	ดิน	ใต้ต้นจามจุรีทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√
เห็ดปะการังสีเหลืองอ่อน *Clavulina* sp.			√	ดิน	ใต้ต้นยางนาฝั่งติดถนนตรงข้ามกับคณะเกษตรศาสตร์				
เห็ดปะการังสีเทา *Clavulina* sp.			√	ดิน	ใต้ต้นยางนาฝั่งติดถนนตรงข้ามกับคณะเกษตรศาสตร์				
Order Polyporales									

การจำแนกและชื่อวิทยาศาสตร์	**การใช้ประโยชน์**			**วัสดุที่พบการเจริญ**	**สถานที่ที่พบเห็ด**	**ปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด**			
	กินได้	**มีพิษ/กินไม่ได้**	**ไม่มีข้อมูล**			**2562**	**2563**	**2564**	**2565**
Family Ganodermataceae									
เห็ดหลินจือดอกช้อน *Ganoderma tropicum* (Jungh.) Bres.	√**			โคนต้นหางนกยูงมีชีวิต	โคนต้นหางนกยูงทางเข้าด้านหน้าตึกเคมี				√
เห็ดขอนม่วงแดง *Ganoderma* sp.			√	ซากไม้ต้น	ซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√
Family Polyporaceae									
เห็ดพัดรังผึ้ง *Polyporus brasiliensis* (Fr.) Corner			√**	ซากกิ่งไม้	กิ่งไม้ตาย ลานต้นจานทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพ		√	√	√
เห็ดหิ้งช้อน *Trametes* sp.			√	ซากไม้ต้น	ซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				
Order Russulales									
Family Russulaceae									
เห็ดแดงน้ำหมาก *Russula emetica* (Schaeff. ex Fr) Pers. Ex S.F.Gray	√*			ดิน	ใต้ต้นไม้ทางเข้าร้านอาหารตึกเคมี ใต้ต้นเอกมหาชัยและต้นยางนาฝั่งติดถนนตรงข้ามกับคณะเกษตรศาสตร์	√	√	√	√
เห็ดหลังม่วงขาแดง *Russula* sp.			√	ดิน	ใต้ต้นตะเคียนทางเดินระหว่างตึกฟิสิกส์และตึกเคมี		√		
จำแนกไม่ได้; เห็ดปริศนา (unknown)									
เห็ดขอบหมวกยกปริศนา			√	ดิน	ใต้ต้นเอกมหาชัยและต้นยางนาทางออกคณะวิทยาศาสตร์ฝั่งทิศตะวันออก		√		
เห็ดนางฟ้าปริศนา			√	ดิน	ทางเดินมุมร้านกาแฟ		√		
เห็ดแผ่นติดขอนปริศนา			√	ซากไม้ต้น	ซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√

หมายเหตุ * คือ Chandrasrikul *et al.* (2008; 2011); ** คือ Sanoamuang (2010); *** คือ Pukahuta *et al.* (2014; 2020); **** คือ Forest Biodiversity Division, (2020) และไม่มีเครื่องหมาย * คือข้อมูลไม่ได้ระบุและยังจำแนกไม่ได้

ตารางที่ 2 การจำแนกชนิดเห็ดที่พบในไฟลัมเบสิดิโอมายโคตา ตามลำดับ (Order) วงศ์ (Family) ชื่อวิทยาศาสตร์ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ สถานที่ที่พบเห็ด และปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด

การจำแนกและชื่อวิทยาศาสตร์	การใช้ประโยชน์			วัสดุที่พบการเจริญ	สถานที่ที่พบเห็ด	ปี พ.ศ.ที่พบชนิดเห็ด			
	กินได้	มีพิษ/กินไม่ได้	ไม่มีข้อมูล			2562	2563	2564	2565
Order Xylariales									
Family Xylariaceae									
เห็ดดันหมี *Daldinia concentrica* (Bolt. ex Fr.) Ces.et de Not		√*		ซากกิ่งไม้	ใต้ต้นอินทนิลทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพและซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ		√		√
เห็ดธูปปลายขาว *Xylaria hypoxylon* (L. ex Hook.) Grev.		√*		ซากผลคูณ	ผลคูณใต้ต้นคูณหน้าตึกฟิสิกส์ ผลคูณใต้ต้นคูณทิศเหนือของตึกชีวภาพ		√	√	√
เห็ดธูป *Xylaria* sp.			√	ซากกิ่งไม้/ซากไม้ต้น	ใต้ต้นอินทนิลทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพและซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ		√		√
เห็ดนิ้วทอง *Xylaria* sp.			√	ซากไม้ต้น	ซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√
เห็ดหนอนแบน *Hypoxylon* sp.			√	ซากไม้ต้น	ซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√
จำแนกไม่ได้; เห็ดปริศนา (unknown)									
เห็ดดันหมีน้อยปริศนา			√	ซากไม้ต้น	ใต้ต้นอินทนิลทางเดินระหว่างตึกวิจัยและตึกชีวภาพและซากต้นไทรทิศตะวันตกของตึกชีวภาพ				√

หมายเหตุ * คือ Chandrasrikul *et al.* (2008; 2011); ** คือ Sanoamuang (2010); *** คือ Pukahuta *et al.* (2014; 2020); **** คือ Forest Biodiversity Division, (2020) และไม่มีเครื่องหมาย * คือข้อมูลไม่ได้ระบุและยังจำแนกไม่ได้

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.3
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566): 25 - 30

บทความวิจัย

การไม่มีของผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบของสมการไดโอแฟนไทน์ $a^x + b^y = z^2$

อภิรัฐ ศิระวรกุล[1] และ สุธน ตาดี[1,*]
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี
**Email: suton.t@lawasri.tru.ac.th*

รับบทความ: 2 สิงหาคม 2565 แก้ไขบทความ: 26 สิงหาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 29 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้แสดงว่า ถ้า a และ b เป็นจำนวนเต็มบวก และมีจำนวนเฉพาะ p โดยที่ $p \equiv 3,5 \pmod 8$ ซึ่งทำให้ $a \equiv 1 \pmod p$ และ $b \equiv 1 \pmod p$ แล้ว สมการไดโอแฟนไทน์ $a^x + b^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

คำสำคัญ: สมการไดโอแฟนไทน์ ผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

Research Article

Non-Existence of Non-Negative Integer Solutions of the Diophantine Equation $a^x + b^y = z^2$

Apirat Siraworakun and Suton Tadee*

Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University, Lopburi

**Email: suton.t@lawasri.tru.ac.th*

Received <2 August 2022>; Revised <26 August 2022>; Accepted <29 August 2022>

Abstract

In this paper, we show that if a and b are positive integers and there exists a prime p with $p \equiv 3,5 \pmod 8$ such that $a \equiv 1 \pmod p$ and $b \equiv 1 \pmod p$, then the Diophantine equation $a^x + b^y = z^2$ has no non-negative integer solution.

Keywords: Diophantine equation, non-negative integer solution

บทนำ

สมการไดโอแฟนไทน์ที่อยู่ในรูป $a^x + b^y = z^2$ เมื่อ a และ b เป็นจำนวนเต็มบวก เป็นอีกสมการหนึ่งที่ได้รับความสนใจในการหาผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ เช่น ในปี ค.ศ. 2007 Acu (2007) ได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $2^x + 5^y = z^2$ มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงสองผลเฉลยเท่านั้น คือ $(x, y, z) \in \{(3, 0, 3), (2, 1, 3)\}$ ต่อมา Chotchaisthit (2012) ได้แสดงว่า สมการไดโอแฟนไทน์ $4^x + p^y = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ มีผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบอยู่ในรูป $(x, p, y, z) \in \{(2, 3, 2, 5)\} \cup \{(r, 2^{r+1} + 1, 1, 2^r + 1) | r \in \mathbb{N} \cup \{0\}\} \cup \{(r, 2, 2r + 3, 3 \cdot 2^r) | r \in \mathbb{N} \cup \{0\}\}$ และ Asthana and Singh (2017) ได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $3^x + 13^y = z^2$ มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียง 4 ผลเฉลย คือ $(x, y, z) \in \{(1, 0, 2), (1, 1, 4), (3, 2, 14), (5, 1, 16)\}$ และในปี ค.ศ. 2021 Paisal and Chayapham (2021) ได้แสดงว่า $(x, y, z) = (1, 1, 10)$ เป็นผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียวของสมการไดโอแฟนไทน์ $17^x + 83^y = z^2$ และ $29^x + 71^y = z^2$

นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่าบางสมการไดโอแฟนไทน์ที่อยู่ในรูปดังกล่าวไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ เช่น ในปี ค.ศ. 2011 Suvarnamani *et al.* (2011) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $4^x + 7^y = z^2$ และ $4^x + 11^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ต่อมา Sroysang (2014a; 2014b) ได้ศึกษาสมการไดโอแฟนไทน์ $7^x + 19^y = z^2$ $7^x + 91^y = z^2$ และ $7^x + 31^y = z^2$ พบว่าทั้งสามสมการไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ หลังจากนั้น Kumar *et al.* (2020) ได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $601^x + 619^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ และในปีเดียวกัน Aggarwal and Sharma (2020) ได้แสดงว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $379^x + 397^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ และเมื่อไม่นานมานี้ Kumar and Aggarwal (2021) ได้ค้นพบว่า $439^x + 457^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเช่นกัน

ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เกิดความน่าสนใจในการหาเงื่อนไขของจำนวนเต็มบวก a และ b ที่ทำให้ สมการไดโอแฟนไทน์ $a^x + b^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับจำนวนเต็มบวก a และ b ที่ทำให้สมการไดโอแฟนไทน์ $a^x + b^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

วิธีดำเนินการวิจัย

ก่อนที่จะพิจารณาหาเงื่อนไขของจำนวนเต็มบวก a และ b ที่ทำให้สมการไดโอแฟนไทน์ $a^x + b^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบนั้น จะขอทบทวนความหมายของส่วนตกค้างกำลังสอง (Quadratic Residue) และทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความสำคัญในการนำไปใช้พิจารณาเงื่อนไขดังกล่าว

บทนิยาม 1 (Redmond, 1996) ให้ a เป็นจำนวนเต็ม และ m เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ $(a, m) = 1$ ถ้ามีจำนวนเต็ม x ที่ทำให้ $x^2 \equiv a (\mathrm{mod}\, m)$ จะเรียก a ว่า ส่วนตกค้างกำลังสอง (Quadratic Residue) ของ m และถ้าไม่มีจำนวนเต็ม x ดังกล่าว จะเรียก a ว่า ไม่เป็นส่วนตกค้างกำลังสอง (Quadratic Non-Residue) ของ m

ทฤษฎีบท 2 (Burton, 2007) ให้ p เป็นจำนวนเฉพาะ จะได้ว่า
1. ถ้า $p \equiv 1,7 (\mathrm{mod}\ 8)$ แล้ว 2 เป็นส่วนตกค้างกำลังสอง ของ p
2. ถ้า $p \equiv 3,5 (\mathrm{mod}\ 8)$ แล้ว 2 ไม่เป็นส่วนตกค้างกำลังสอง ของ p

ทฤษฎีบท 3 ให้ a และ b เป็นจำนวนเต็มบวก จะได้ว่า ถ้ามีจำนวนเฉพาะ p โดยที่ $p \equiv 3,5\ (\mathrm{mod}\ 8)$ ซึ่งทำให้ $a \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ และ $b \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ แล้ว สมการไดโอแฟนไทน์

$$a^x + b^y = z^2 \tag{1}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ สมมติว่า x, y และ z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบและเป็นผลเฉลยของสมการ (1) เนื่องจาก $a \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ และ $b \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ ดังนั้น $a^x \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ และ $b^y \equiv 1\ (\mathrm{mod}\ p)$ เพราะฉะนั้น $a^x + b^y \equiv 2\ (\mathrm{mod}\ p)$ และจาก

สมการ (1) จะได้ว่า $z^2 \equiv 2 \pmod{p}$ ดังนั้น 2 เป็นส่วนตกค้างกำลังสอง ของ p ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เนื่องจาก $p \equiv 3{,}5 \pmod{8}$ และทฤษฎีบท 2 เพราะฉะนั้น สมการ (1) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

หมายเหตุ จากทฤษฎีบท 3 ทำให้สามารถตรวจสอบได้ง่ายว่า สมการไดโอแฟนไทน์ต่อไปนี้ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ $4^x + 7^y = z^2$ (Suvarnamani *et al.*, 2011), $7^x + 19^y = z^2$, $7^x + 91^y = z^2$ (Sroysang, 2014a), $7^x + 31^y = z^2$ (Sroysang, 2014b), $601^x + 619^y = z^2$ (Kumar *et al.*, 2020), $379^x + 397^y = z^2$ (Aggarwal and Sharma, 2020) และ $439^x + 457^y = z^2$ (Kumar and Aggarwal, 2021)

บทแทรก 4 ให้ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มบวก จะได้ว่า ถ้ามีจำนวนเฉพาะ p โดยที่ $p \equiv 3{,}5 \pmod{8}$ ซึ่งทำให้ $a \equiv 1 \pmod{p}$ และ $b \equiv 1 \pmod{p}$ แล้ว สมการไดโอแฟนไทน์

$$a^x + b^y = z^{2c} \tag{2}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ สมมติว่า x_1, y_1 และ z_1 เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบและเป็นผลเฉลยของสมการ (2) จะเห็นได้ชัดว่า $(x, y, z) = (x_1, y_1, z_1^c)$ เป็นผลเฉลยของสมการ (1) ซึ่งเป็นไปไม่ได้จากทฤษฎีบท 3 เพราะฉะนั้น สมการ (2) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

จากทฤษฎีบท 3 และบทแทรก 4 ทำให้ได้เงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับที่ทำให้สมการ (1) และ (2) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบและสามารถนำไปใช้พิสูจน์ทฤษฎีบทที่มีผู้วิจัยได้พิสูจน์ไว้ก่อนหน้านี้ได้ ดังนี้

บทแทรก 5 (Gupta and Kumar, 2020) ให้ a และ c เป็นจำนวนเต็มบวก และ r เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า ถ้า a เป็นจำนวนที่อยู่ในรูป $5k + 1$ เมื่อ k เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ แล้ว สมการไดโอแฟนไทน์

$$a^x + (a + 5r)^y = z^{2c} \tag{3}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ เนื่องจาก a เป็นจำนวนเต็มบวกที่อยู่ในรูป $5k + 1$ เมื่อ k เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า $a \equiv 1 \pmod{5}$ และจาก $5r \equiv 0 \pmod{5}$ ดังนั้น $a + 5r \equiv 1 \pmod{5}$ เพราะฉะนั้น จากบทแทรก 4 จะได้ว่า สมการ (3) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

บทแทรก 6 (Aggarwal and Kumar, 2021a) ให้ r เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์

$$19^{2x} + (6r + 1)^y = z^2 \tag{4}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ เนื่องจาก $6r \equiv 0 \pmod{3}$ ดังนั้น $6r + 1 \equiv 1 \pmod{3}$ และจาก $19^2 \equiv 1 \pmod{3}$ เพราะฉะนั้น จากทฤษฎีบท 3 จะได้ว่า สมการ (4) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

บทแทรก 7 (Aggarwal and Kumar, 2021b) ให้ r เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์

$$13^{2x} + (6^{r+1} + 1)^y = z^2 \tag{5}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ เนื่องจาก $6 \equiv 0 \pmod{3}$ จะได้ว่า $6^{r+1} \equiv 6 \cdot 6^r \equiv 0 (\mathrm{mod}\ 3)$ ดังนั้น $6^{r+1} + 1 \equiv 1 \pmod{3}$ และจาก $13^2 \equiv 1 \pmod{3}$ เพราะฉะนั้น จากทฤษฎีบท 3 จะได้ว่า สมการ (5) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

บทแทรก 8 (Aggarwal and Kumar, 2021c) ให้ r เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์

$$13^{2x} + (6r + 1)^y = z^2 \tag{6}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ เนื่องจาก $6r \equiv 0 \pmod{3}$ ดังนั้น $6r + 1 \equiv 1 \pmod{3}$ และจาก $13^2 \equiv 1 \pmod{3}$ เพราะฉะนั้น จากทฤษฎีบท 3 จะได้ว่า สมการ (6) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

บทแทรก 9 (Aggarwal and Kumar, 2021d) ให้ m และ r เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์

$$(2^{2m+1}-1)\ +(6r+1)^y = z^2 \tag{7}$$

ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

พิสูจน์ เนื่องจาก $2^2 \equiv 1 \pmod 3$ ดังนั้น $2^{2m} \equiv 1 \pmod 3$ เพราะฉะนั้น $2^{2m+1} = 2 \cdot 2^{2m} \equiv 2 \pmod 3$ จะได้ว่า $2^{2m+1} - 1 \equiv 1 \pmod 3$ และจาก $6r \equiv 0 \pmod 3$ ดังนั้น $6r+1 \equiv 1 \pmod 3$ เพราะฉะนั้น จากทฤษฎีบท 3 จะได้ว่า สมการ (7) ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ■

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ให้ a และ b เป็นจำนวนเต็มบวก ในงานวิจัยนี้ได้แสดงว่า ถ้ามีจำนวนเฉพาะ p โดยที่ $p \equiv 3{,}5 \pmod 8$ ซึ่งทำให้ $a \equiv 1 \pmod p$ และ $b \equiv 1 \pmod p$ แล้ว สมการไดโอแฟนไทน์ $a^x\ + b^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการนำเสนอเงื่อนไขที่เพียงพอสำหรับจำนวนเต็มบวก a และ b เพื่อรับรองว่าสมการไดโอแฟนไทน์ดังกล่าวไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ และเป็นขยายผลงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามสิ่งที่ได้ยังไม่ครอบคลุมทุกกรณี เช่น ในกรณีที่ $p \equiv 1{,}7 \pmod 8$ จำนวนเต็มบวก a และ b ควรมีเงื่อนไขอย่างไรจึงจะทำให้สมการไดโอแฟนไทน์ดังกล่าวไม่มีผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ดังนั้นจึงยังคงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Acu, D. (2007). On a Diophantine equation. **General Mathematics,** 15(4), 145-148.

Aggarwal, S. and Kumar, S. (2021a). On the exponential Diophantine equation $(19^{2m}) + (6\gamma+1)^n = \rho^2$. **International Journal of Research and Innovation in Applied Science,** 6(3), 128 – 130.

Aggarwal, S. and Kumar, S. (2021b). On the exponential Diophantine equation $(13^{2m}) + (6^{r+1}+1)^n = \rho^2$. **International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science,** 10(3), 1 – 3.

Aggarwal, S. and Kumar, S. (2021c). On the exponential Diophantine equation $(13^{2m}) + (6r+1)^n = z^2$. **Journal of Scientific Research,** 13(3), 845-849. doi: 10.3329/jsr.v13i3.52611

Aggarwal, S. and Kumar, S. (2021d). On the exponential Diophantine equation $(2^{2m+1}-1) + (6r+1)^n = z^2$. **International Journal of Research and Innovation in Applied Science,** 6(4), 49 – 51.

Aggarwal, S. and Sharma, N. (2020). On the non-linear Diophantine equation $379^x + 397^y = z^2$. **Open Journal of Mathematical Sciences,** 4(1), 397 – 399. doi: 10.30538/oms2020.0129

Asthana, S. and Singh, M.M. (2017). On the Diophantine equation $3^x + 13^y = z^2$. **International Journal of Pure and Applied Mathematics,** 114(2), 301 – 304. doi: 10.12732/ijpam.v.114i2.12

Burton, D. M. (2007). **Elementary Number Theory,** 6th ed., McGraw-Hill, Singapore.

Chotchaisthit, S. (2012). On the Diophantine equation $4^x + p^y = z^2$ where p is a prime number. **American Journal of Mathematics and Sciences,** 1(1), 191 – 193.

Gupta, D. and Kumar, S. (2020). On the exponential Diophantine equation $a^u + (a+5b)^v = c^{2w}$. **International Journal of Interdisciplinary Global Studies,** 14(4), 233 – 236.

Kumar, S. and Aggarwal, S. (2021). On the exponential Diophantine equation $439^p + 457^q = r^2$. **Journal of Emerging Technologies and Innovative Research,** 8(3), 2357 – 2361.

Kumar, A., Chaudhary, L. and Aggarwal, S. (2020). On the exponential Diophantine equation $601^p + 619^q = r^2$. **International Journal of Interdisciplinary Global Studies,** 14(4), 29 – 30.

Paisal, K. and Chayapham, P. (2021). On exponential Diophantine equation $17^x + 83^y = z^2$ and $29^x + 71^y = z^2$. **Journal of Physics,** 2070, 1 – 3. doi: 10.1088/1742-6596/2070/1/012015

Redmond, D. (1996). **Number theory: an introduction**, Marcel Dekker, Inc., New York.

Sroysang, B. (2014a). On two Diophantine equations $7^x + 19^y = z^2$ and $7^x + 91^y = z^2$. **International Journal of Pure and Applied Mathematics,** 92(1), 113 – 116. doi: 10.12732/ijpam.v92i1.10

Sroysang, B. (2014b). On the Diophantine equation $7^x + 31^y = z^2$. **International Journal of Pure and Applied Mathematics,** 92(1), 109 – 112. doi: 10.12732/ijpam.v92i1.9

Suvarnamani, A., Singta, A. and Chotchaisthit, S. (2011). On two Diophantine equations $4^x + 7^y = z^2$ and $4^x + 11^y = z^2$. **Science and Technology RMUTT Journal,** 1(1), 25 - 28.

บทความวิจัย

การศึกษาการใช้ขี้เลื่อยกฤษณาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ฉัตรมงคล สีประสงค์* เสาวภา สุราวุธ และ สรศักดิ์ นาคเอี่ยม
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
**Email: chatmongkol.s@rbru.ac.th*

รับบทความ: 27 มิถุนายน 2565 แก้ไขบทความ: 28 สิงหาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 29 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ขี้เลื่อยกฤษณาเป็นวัสดุทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพารา ในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยการเปรียบเทียบวัสดุเพาะที่แตกต่างกัน 2 สูตร ทำการเปรียบเทียบผลการเดินของเส้นใย จำนวนวันในการเกิดตุ่มดอก จำนวนเฉลี่ยดอกเห็ด เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ด ความกว้างและความยาวก้านดอกเห็ด และประสิทธิภาพการผลิตเห็ดจากค่า Biological Efficiency (%BE) หลังจากทดสอบผลที่ได้ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ พบว่า จำนวนดอกเห็ดมากที่สุดคือวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยกฤษณามีจำนวนเฉลี่ย 9.70 ดอกต่อก้อน เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดกว้างที่สุดคือวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยกฤษณามีความกว้างเฉลี่ย 5.37 เซนติเมตร น้ำหนักสดดอกเห็ดมากที่สุดคือวัสดุเพาะจากขี้เลื่อยกฤษณามีน้ำหนักเฉลี่ย 86.41 กรัมต่อก้อน ขี้เลื่อยกฤษณาจึงสามารถนำมาทดแทนขี้เลื่อยยางพาราในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานได้

คำสำคัญ: ขี้เลื่อยกฤษณา การเจริญเติบโตและผลผลิต เห็ดนางฟ้าภูฐาน

Research Article

Investigation of using agarwood sawdust on growth and yield of the Bhutan oyster mushroom Cultivated

Chatmongkol Seeprasong* Saowapha Surawut and Sorasak Nak-eiam
Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Mueang, Chanthaburi
**Email: chatmongkol.s@rbru.ac.th*

Received <27 June 2022>; Revised <28 August 2022>; Accepted <29 August 2022>

Abstract

In this study the possibility of using agarwood sawdust as a replacement of para-rubber sawdust in the Bhutan oyster mushroom cultivation was examined. Performance on mushroom cultivation of materials including para-rubber sawdust and agarwood sawdust were compared. The differenced in mushroom's hypha growth, average of fruiting body, the pileus diameter, diameter and length of stalk and biological efficiency (%B.E.) were determined at the statistically significant level of $p<0.05$. The results showed that an average number of the fruiting body from agarwood sawdust materials were 9.70 fruiting body/bag. The average pileus diameter from agarwood sawdust materials was 5.37 cm./bag. The average weight of agarwood sawdust materials was 86.41 g/bag. All values were higher than that obtained from para-rubber sawdust. Therefore, as all results indicated, agarwood sawdust represents a new material that can replace para-rubber sawdust for Bhutan oyster mushroom cultivation.

Keywords: Agarwood sawdust, Growth, and yield, The Bhutan oyster mushroom

บทนำ

เห็ดนางฟ้าเป็นสายพันธุ์เห็ดที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ทั่วโลกมีการปลูกและจำหน่ายเห็ดนางฟ้าประมาณ 25% ของเห็ดทุกสายพันธุ์ ประชาชนนิยมบริโภคเนื่องจากเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง เห็ดนางฟ้าเป็นสายพันธุ์ที่พบได้ทั่วไปในเขตร้อนและมักเติบโตบนกิ่งไม้ที่ร่วงหล่น ตอไม้ผุพังที่ค่อนข้างชื้น (Toros *et al.*,2022) เห็ดนางฟ้าภูฐานเป็นเห็ดนางฟ้าสายพันธุ์หนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศภูฏานและแถบภูเขาหิมาลัยในประเทศอินเดีย ในประเทศไทยมีการนำเข้าเห็ดสายพันธุ์นี้เพื่อมาเพาะขยายพันธุ์ โดยพบว่าสามารถเจริญได้ดีในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย จากนั้นมีการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้สามารถขยายพันธุ์ได้ในหลายพื้นที่มากขึ้น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 15-35 องศาเซลเซียส ให้ผลผลิตได้รวดเร็ว พบปัญหาในการเพาะเลี้ยงน้อยกว่าเห็ดเศรษฐกิจประเภทอื่น และพบว่าเป็นสายพันธุ์เห็ดที่มีสารอาหารค่อนข้างสูง เช่น มีโปรตีนประมาณ 14-27% ไขมันประมาณ 2% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 51% นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารที่สำคัญอื่นๆ รวมถึงกรดอะมิโนในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (Office of the Royal Development Projects Board, 2012)) อีกทั้งเป็นเห็ดที่สามารถเพาะง่ายจึงได้รับความนิยมในการนำมาเพาะเพื่อการค้าและรับประทานในครัวเรือน โดยวัสดุที่ได้รับความนิยมคือขี้เลื่อยยางพารา ซึ่งมีราคาไม่แพง (Koprakhon, 2016) ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุต่าง ๆ มาใช้ในการเพาะเห็ดแทนขี้เลื่อยยางพารา การเลือกใช้วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรหรือวัสดุเหลือใช้ในชุมชนจึงมีความสำคัญเพื่อเป็นทางเลือกและลดต้นทุนในการผลิตเห็ดในแก่เกษตรกร การเลือกวัสดุทดแทนต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของเห็ด เช่น ธาตุอาหารหลักอันได้แก่ คาร์บอนและไนโตรเจน

เกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีนิยมปลูกกฤษณาเพื่อนำมาใช้กลั่นเป็นน้ำมันส่งขายไปยังต่างประเทศ เมื่อกลั่นจนได้น้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาแล้ว จะได้กากกฤษณาซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้ง จากการศึกษาทดลองพบว่ากากกฤษณาประกอบด้วยคาร์บอนและไนโตรเจนค่อนข้างสูง และยังพบสารต่างๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ ลิกนิน และเซลลูโลส เป็นต้น (Khalil et al., 2013) จึงเป็นวัสดุที่อาจจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการเพาะเห็ดเพื่อทดแทนขี้เลื่อยยางพาราได้ ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ที่เกษตรกรนิยมนำไปทิ้งมาก่อให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดต้นทุนในการเพาะเห็ด ประกอบกับในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน ที่ราคาอาหารประเภทเนื้อสัตว์ปรับตัวสูงขึ้น จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะเศรษฐกิจ จึงควรมีการลดต้นทุนในการเพาะเลี้ยงเห็ดและเลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางสารอาหารสูงใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเห็ดที่มีโปรตีนสูงและสามารถเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายได้อีกด้วย ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาการนำขี้เลื่อยกฤษณามาใช้ทดแทนขี้เลื่อยยางพาราเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะด้วยขี้เลื่อยยางพารากับขี้เลื่อยกฤษณา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เพาะด้วยขี้เลื่อยยางพารากับขี้เลื่อยกฤษณา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การแยกเชื้อเห็ดและการเลี้ยงเห็ดบนอาหารวุ้น

- ใช้เส้นใยที่ได้จากการฉีกดอกเห็ดบริเวณเนื้อกลางของดอกเห็ด เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นระยะเวลา 5-7 วัน เพื่อนำมาเตรียมเป็นหัวเชื้อเห็ดบนเมล็ดข้าวฟ่างที่มีอายุ 7-10 วัน สำหรับถ่ายลงก้อนวัสดุเพาะเห็ด

ภาพที่ 1 หัวเชื้อบนเมล็ดข้าวฟ่าง

2. การจัดเตรียมก้อนเชื้อ การเพาะและการเปิดดอกเห็ดนางฟ้าภูฐาน

- การจัดเตรียมก้อนเชื้อ ใช้วัสดุเป็นขี้เลื่อยกฤษณาจากเกษตรกร อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี และขี้เลื่อยยางพารามาเพื่อเตรียมทำก้อนเชื้อ ประกอบด้วย 2 สูตร สูตรละ 20 ก้อน ดังนี้

สูตรที่ 1	**ปริมาณ**	**สูตรที่ 2**	**ปริมาณ**
ขี้เลื่อยยางพารา	10 กิโลกรัม	ขี้เลื่อยกฤษณา	10 กิโลกรัม
รำละเอียด	4 ขีด	รำละเอียด	4 ขีด
ยิปซั่ม	1 ขีด	ยิปซั่ม	1 ขีด
ปูนขาว	1 ขีด	ปูนขาว	1 ขีด
ภูไมท์ซัลเฟต	1 ขีด	ภูไมท์ซัลเฟต	1 ขีด
ดีเกลือ	1 ขีด	ดีเกลือ	1 ขีด

จากนั้นทำการคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน เติมน้ำในปริมาณที่เหมาะสมโดยใช้มือกำ ถ้าส่วนผสมจับตัวเป็นก้อนถือว่าใช้ได้ (ภาพที่ 2) และบรรจุอาหารเพาะลงในถุงพลาสติกทนร้อน กดหรือตีให้แน่นตึง สังเกตโดยใช้มือบีบก้อนแล้วถุงไม่ยุบลงถือว่าใช้ได้ โดยแต่ละก้อนจะต้องมีน้ำหนักอยู่ที่ 1,000 กรัม รวบปากถุง บีบอากาศออก สวมคอพลาสติกและพับปากถุงพาดลงมา รัดยางให้แน่นอุดด้วยสำลี และปิดด้วยฝาครอบพลาสติก (ภาพที่ 3) นำไปนึ่งฆ่าเชื้อใน autoclave ใช้เวลา 15 นาที อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ภาพที่ 2 การคลุกเคล้าส่วนผสมอาหารเพาะเห็ดและการทดสอบส่วนผสม

ภาพที่ 3 การบรรจุอาหารเพาะลงในถุงพลาสติก

- นำก้อนเพาะเชื้อที่นึ่งฆ่าเชื้อและทิ้งให้เย็นในห้องปลอดเชื้อ มาทำการเทหัวเชื้อเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่างโดยการเทเมล็ดข้าวฟ่างจำนวน 20 เมล็ดต่อก้อนเพาะเชื้อ 1 ก้อน หลังจากนั้นหุ้มด้วยกระดาษ (ภาพที่ 4) รัดหนังยางแล้วนำไปเก็บไว้ในโรงเรือนบ่มเชื้อ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส

- เมื่อเส้นใยเห็ดเดินเต็มก้อน ให้เปิดดอกโดยการดึงกระดาษที่หุ้มคอขวดออก (ภาพที่ 5) และนำก้อนเพาะเชื้อไปไว้ในโรงเรือนเพาะเห็ดที่จัดเตรียมไว้

ภาพที่ 4 ก้อนเชื้อที่บรรจุหัวเชื้อเห็ดในเมล็ดข้าวฟ่างและมีการปิดด้วยพลาสติกและหุ้มด้วยกระดาษ

ภาพที่ 5 ก้อนเพาะเชื้อที่เส้นใยเดินเต็มก้อนและเปิดดอกในโรงเรือนเพาะเห็ด

3. วิธีดูแลรักษา

- ทำการรดน้ำวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. และ 17.00 น. เพื่อรักษาระดับความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ด (ยกเว้นวันฝนตกไม่ต้องรดน้ำ) ทำการรดน้ำลงบนก้อนเพาะเชื้อแต่ระวังไม่ให้น้ำกระเซ็นเข้าไปในปากขวด และรดบริเวณพื้นของโรงเรือนที่ใช้ในการวางก้อนเพาะเชื้อ

4. การศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้า

- ทำการวัดการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดทุก ๆ 3 วัน ตลอดระยะเวลาการบ่มเชื้อจนเส้นใยเดินเต็มถุง

5. การศึกษาผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

- โดยการเก็บดอกในระยะสมบูรณ์ ช่วงเวลาเย็นประมาณ 16.00 – 17.00 น. ทำการจัดเก็บข้อมูลจำนวนดอกเห็ดสดต่อถุงเพาะ น้ำหนักดอกเห็ดสดต่อถุงเพาะ ความกว้างของดอกเห็ด ความยาวของก้านดอก น้ำหนักแห้งของวัสดุเพาะหลังเสร็จสิ้นการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสูตรด้วยวิธี Independent t-test
2. วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency ; %B.E) โดยใช้สูตร (Tesfaw *et al*., 2015)

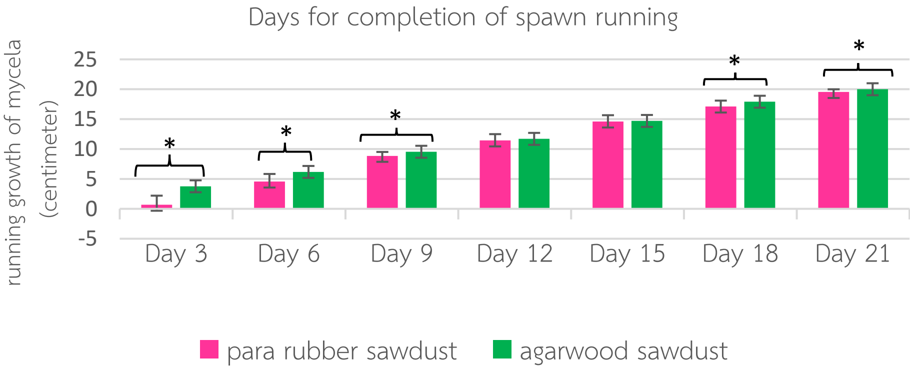
$$B.E = \frac{\text{น้ำหนักเห็ดสด}}{\text{น้ำหนักแห้งวัสดุเพาะ}} X\ 100$$

ผลการทดลอง

1. การเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐาน

ผลการศึกษาการเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในก้อนเพาะเชื้อที่แตกต่างกัน 2 สูตร ก่อนการนำไปเปิดดอก โดยการวัดก้อนละ 3 ซ้ำแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย พบว่า การเจริญของเส้นใยเห็ดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 23 วัน พบว่า ในก้อนเพาะเชื้อที่ทำจากขี้เลื่อยไม้กฤษณาส่งผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้เต็มก้อนเร็วที่สุดในระยะเวลา 21 วันและมีความหนาแน่นของเส้นใยดีที่สุด คือ มีเส้นใยหนาแน่นทั่วทั้งก้อนมากที่สุด (ภาพที่ 6) ส่วนก้อนเพาะเชื้อที่ทำจากขี้เลื่อยยางพาราส่งผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้เต็มก้อนในระยะเวลา 23 วันและในวันที่ 3, 6, 9 และ 21 การเจริญของเส้นใยเห็ดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < .05$) (ภาพที่ 7)

ภาพที่ 6 ความหนาแน่นของเส้นใยเห็ด ก. ก้อนเพาะเชื้อจากขี้เลื่อยยางพารา ข. ก้อนเพาะเชื้อจากขี้เลื่อยกฤษณา



ภาพที่ 7 การเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) และสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การศึกษาผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานในการวิจัยนี้ทำการศึกษาผลผลิตใน 5 รูปแบบคือ 1. ระยะเวลาการเกิดตุ่มดอก 2. จำนวนดอกเห็ด 3. เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ด 4. ความกว้างและความยาวก้านเห็ด และ 5. ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency ; %B.E) ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ระยะเวลาการเกิดตุ่มดอก

ผลการศึกษาระยะเวลาการเกิดตุ่มดอกอยู่ในช่วง 24 – 31 วัน โดยก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) เฉลี่ยเท่ากับ 24 วัน และ 31 วันตามลำดับ (ภาพที่ 8A) โดยการสังเกตหลังจากการเปิดดอกพร้อมกันทุกก้อนทั้ง 2 สูตร แล้วสังเกตการเกิดตุ่มดอก

2.2 จำนวนดอกเห็ด

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยจำนวนดอกเห็ดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีค่าเฉลี่ยจำนวนดอกเห็ดมากกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.70 ดอก และ 9.65 ดอก ตามลำดับ (ภาพที่ 8B)

2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ด

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีค่าเฉลี่ยของความกว้างดอกเห็ดมากกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 5.37 เซนติเมตร และ 5.14 เซนติเมตร (ภาพที่ 8C) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.4 ความกว้างและความยาวก้านเห็ด

ผลการศึกษาความกว้างและความยาวก้านเห็ดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) มีขนาดความกว้างและความยาวก้อนดอกเห็ดมากกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) โดยก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวก้านเห็ดเท่ากับ 0.93 เซนติเมตร และ 5.85 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวก้านเห็ดเท่ากับ 0.92 เซนติเมตรและ 5.79 เซนติเมตรตามลำดับ โดยทั้ง 2 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพที่ 8 (A) ระยะเวลาการเกิดตุ่มดอก, (B) จำนวนดอกเห็ด และ (C) เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ด

หมายเหตุ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.5 ประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency; %B.E)

ผลการศึกษาค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา (%B.E) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเห็ดในการดึงสารอาหารจากวัสดุเพาะมาใช้ในการสร้างมวลชีวภาพของดอกเห็ด พบว่าก้อนเพาะเชื้อเห็ดสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเฉลี่ยมากกว่าก้อนเพาะเชื้อเห็ดสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) โดยมีค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยาเท่ากับ 12.48% และ 8.66% ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดของดอกเห็ดจากสูตรก้อนเพาะเชื้อทั้ง 2 สูตร พบว่า ก้อนเพาะเชื้อทั้ง 2 สูตรพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่จากค่าเฉลี่ยก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยดอกเห็ดสดอยู่ที่ 86.41 กรัม/ก้อนเพาะ และ81.16 กรัม/ก้อนเพาะ ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาน้ำแห้งของวัสดุเพาะทั้ง 2 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) จะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งเท่ากับ 936.75 กรัม/ก้อนเพาะ และ 692.50 กรัม/ก้อนเพาะ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพทางชีววิทยา

Treatment	Average weight (g)	Dry weight of substrate (g)	Biological efficiency (%)
ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา)	81.16	936.75	8.66
ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา)	86.41	692.50	12.48

อภิปรายผลการวิจัย

การนำวัสดุต่าง ๆ ที่เหลือทิ้งจากการเกษตรมาเพาะเห็ดกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน แต่วัสดุที่นำมาใช้นั้นต้องมีทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่มีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการให้ผลผลิตของเห็ด เช่น การใช้วัสดุเพาะจากฟางข้าว ซังข้าวโพด รำข้าว (Jeznabadi *et al*., 2016) และจากผลการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่ชาวบ้านไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อและไม่มีมูลค่าทางการซื้อขายคือ ขี้เลื่อยกฤษณาซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับขี้เลื่อยยางพาราที่นิยมใช้ในการเพาะเห็ด และมีราคาต้นทุนที่มากกว่าคือกิโลกรัมละ 4 บาท ซึ่งในการเพาะเห็ดแต่ละครั้งจะใช้ขี้เลื่อยจากยางพาราประมาณ 100 กิโลกรัม ส่งผลให้สูญเสียต้นทุนการผลิตในราคาสูง และจากการทดลองพบว่า การเจริญของเส้นใยเห็ดที่เพาะในก้อนเพาะที่ทำจากขี้เลื่อยไม้กฤษณาสามารถเร่งการเดินของเส้นใยได้เร็วขึ้นโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 21 วัน และหลังจากที่เส้นใยเดินจนเต็มก้อน ใช้ระยะเวลาเพียง 24 วันในการเกิดตุ่มดอก ซึ่งการเดินของเส้นใยเห็ดจะขึ้นอยู่กับการอัดก้อนเชื้อเห็ด (Laead-on, 2021) ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการควบคุมน้ำหนักและส่วนสูงของก้อนเพาะเชื้อให้มีขนาดเท่ากัน และจากงานวิจัยของ Phasinam *et al*. (2020) พบว่า ระยะเวลาในการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดใช้เวลาประมาณ 27 วัน โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ วัสดุเพาะ ความชื้น แสงแดด เป็นต้น ส่วนการเกิดตุ่มดอกขนาดเล็กพบว่าใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 24 – 31 วัน โดยพบว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 ใช้เวลาน้อยกว่าสูตรที่ 1 ในการเกิดตุ่มดอกคือ 24 วัน ในขณะที่ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 ใช้เวลาเฉลี่ยในการเกิดตุ่มดอก 31 วัน และผลของจำนวนดอกเห็ดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อทั้ง 2 สูตรมีจำนวนเฉลี่ยของดอกต่อก้อนเพาะเชื้อใกล้เคียงกันอยู่ที่ 9.70 และ 9.65 ดอก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขี้เลื่อยไม้กฤษณาสามารถทดแทนการใช้ขี้เลื่อยยางพาราในการนำมาทำวัสดุเพาะเห็ดได้เป็นอย่างดี ส่งผลต่อการเดินของเส้นใยเห็ด การเกิดตุ่มดอกเห็ดขนาดเล็กและจำนวนดอกเห็ดได้เร็วและมากขึ้น

เมื่อพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเห็ดสดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5.27 เซนติเมตร ซึ่งใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของดอกเห็ดที่ได้จากก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยไม้ยางพารา) 4.86 เซนติเมตร อาจเกิดจากปริมาณของธาตุอาหารที่สำคัญต่อผลผลิตเห็ดที่พบในขี้เลื่อยกฤษณามีปริมาณที่สูงกว่า เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน ลิกนิน (Khalil *et al*., 2013) ชี้ให้เห็นว่าขี้เลื่อยไม้กฤษณาสามารถนำมาทดแทนการใช้ขี้เลื่อยยางพาราได้

และจากการศึกษาความกว้างและความยาวของก้านเห็ดพบว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) มีขนาดความกว้างและความยาวก้านเห็ดเฉลี่ยสูงกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) เนื่องจากเห็ดนางฟ้าสามารถผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสลายขี้เลื่อยจากยางพาราได้ดีและเร็วจึงส่งผลต่อความยาวและความกว้างของก้านเห็ด (Bakare *et al*., 2014)

แต่จากการพิจารณาประสิทธิภาพทางชีววิทยา (Biological Efficiency; %B.E) ชี้ให้เห็นว่า ก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 2 (ขี้เลื่อยกฤษณา) ส่งผลต่อความสามารถของเห็ดในการดึงสารอาหารมาใช้เพื่อผลิตผลผลิตได้สูงกว่าก้อนเพาะเชื้อสูตรที่ 1 (ขี้เลื่อยยางพารา) และยังมีน้ำหนักของดอกเห็ดสดที่มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Girmay *et al*. (2016) พบว่า การนำวัสดุมาทดแทนขี้เลื่อยยางพาราส่งผลต่อประสิทธิภาพทางชีววิทยาสูงขึ้น เห็ดสามารถดึงสารอาหารจากวัสดุเพาะมาใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลต่อน้ำหนักของดอกเห็ดที่สูงขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรคือ ขี้เลื่อยกฤษณามาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดนั้นสามารถนำมาใช้ทดแทนขี้เลื่อยจากยางพาราได้เป็นอย่างดี โดยเป็นขี้เลื่อยที่เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณาที่ชาวบ้านนิยมปลูกเป็นจำนวนมากและเหลือทิ้งไม่เกิดประโยชน์ ซึ่งเกษตรกรหรือชาวบ้านที่เพาะเห็ดต้องเสียค่าใช้จ่ายในการหาซื้อขี้เลื่อยยางพารา เกษตรกรจึงสามารถลดต้นทุนการผลิตและการเพาะเห็ดได้ และผลผลิตของเห็ดไม่ว่าจะเป็นในส่วนของระยะเวลาในการเจริญของเส้นใย การเกิดตุ่มดอกเห็ด ปริมาณดอกเห็ด น้ำหนักดอกเห็ดสด ให้ผลผลิตที่ดีกว่าการเพาะด้วยขี้เลื่อยยางพารา การผลิตเห็ดด้วยการนำขี้เลื่อยกฤษณามาใช้เป็นส่วนผสมในก้อนเพาะเชื้อจึงสามารถลดต้นทุนการผลิตเห็ดและเพิ่มผลผลิตเห็ดได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ในการทำก้อนเชื้อเพาะเห็ดควรควบคุมน้ำหนักและส่วนสูงของก้อนเพาะเชื้อให้เท่ากัน เนื่องจากเส้นใยของเห็ดจะเจริญขึ้นอยู่กับการอัดก้อนเชื้อ

2. การเปิดดอกเห็ดในโรงเรือนควรมีแสงสว่างที่พอดีไม่มากและน้อยจนเกินไป เนื่องจากเห็ดนางฟ้าภูฐานไม่ต้องการแสงในปริมาณมากในการเจริญเติบโต ควรเปิดดอกในโรงเรือนที่มีแสงรำไร

3. ในแง่ของสังคมศาสตร์ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อความพึงพอใจของการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการเพาะเห็ด เพื่อหาแนวโน้มของความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ทดแทนขี้เลื่อยไม้ชนิดต่าง ๆ ที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำมาทำวัสดุเพาะเห็ดเพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2565 สัญญาที่ 001/2565 และขอขอบพระคุณ นายธันยพงศ์ วัฒนศักดิ์ นางสาวพิมพ์ชนก วงษ์คงดี นางสาวปนัดดา คงแสง และนางสาวธนิสร น้อยตามโต ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

Bakare, K. M., Oluduro, O. A., Omoboye, O. O., Leramo, J. A. and Adebayo, A. I. (2014). Effects of different substrates on the morphological characteristics and proximate content of *Pleurotus pulminarius*. **Food Science and Quality Management**. 32, 46-56.

Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G. and Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of Pleurotus ostreatus (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. **AMB Expr**.1-7.

Jeznabadi, E. K., Jafarpour, M. and S. Eghbalsaied. (2016). King oyster mushroom production using various sources of agricultural waste in Iran. **Journal Recycle Organic Waste Agriculture**. 5: 17-24.

Khalil, A. S., Rahim, A. A., Taha, K. K. and Abdallah, K. B. (2013). Characterization of Methanolic Extracts of Agarwood Leaves. **Journal of Applied and Industrial Sciences**. 1(3), 78-88.

Koprakhon, C. (2016). The study of investment the Sajor-Caju mushroom (in Thai). **Doctor of Philosophy's Thesis**. Chonburi: Burapha University.

Laead-on, K. (2021). Utilization of Rice Straw for Mushroom Cultivated and Supplemented Materials on Growth and Yield of Grey Oyster Mushroom in Cylinder Plastic (in Thai). **Journal of research and development**. 14(1), 32-41.

Office of the Royal Development Projects Board. (2012). **The handbook of economic mushroom and local mushroom cultivation** (in Thai). Bangkok: Mind create advertising company limited press.

Phasinam, K., Wongphansuea, S., Seedaeng, P., Kassanuk, T., Sreera-or, C. and Nualsri, Ch. (2020). A Study of Optimal Proportion on the Growth of Mycelium *Pleurotus sajor-caju* by Using Rain Tree Sawdust, Para Rubber Sawdust and Rice Straw as Materia (in Thai). **Agricultural Science journal**. 51(1) (Suppl.), 163-167.

Tesfaw, A., Tadess, A. and Kiros, G. (2015). Optimum of Oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) Cultivation Using Locally Available Substrates and Material in Debre Berhan, Ethiopia. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**. 3(1): 15-20.

Toros, G., El-Ramady, H. and Prokisch, J. (2022). Edible Mushroom of Pleurotus spp.: A Case Study of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.). **Environment, Biodiversity & Soil Security**, (6), 51-59.

บทความวิจัย

มอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวที่มีมิติจำกัดของพีชคณิตพัวส์ซองบางรูป โดยใช้วิธีของพีชคณิตลีบนไอดีลใหญ่สุดเฉพาะกลุ่มพัวส์ซอง

นงคราญ สระโสม[1,*] และ กนกพร ช่างทอง[1]
[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี
**Email: nongkhran.s@ubu.ac.th*

รับบทความ: 19 กันยายน 2565 แก้ไขบทความ: 12 กุมภาพันธ์ 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 12 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

เราศึกษาพีชคณิตพัวส์ซองในรูป $A = \mathbb{C}[x, y, z]$ ที่มีตัวก่อกำเนิดจำนวนสามตัวและความสัมพันธ์สามแบบซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบเดียวกับความสัมพันธ์ของ T ใน Changtong et al. (2018). เราจำแนกมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวที่มีมิติจำกัดของพีชคณิตพัวส์ซอง A โดยการพิจารณา J/J^2 ที่มีโครงสร้างของพีชคณิตลี เมื่อ J เป็นไอดีลใหญ่ที่สุดของ A และแสดงว่ามีไอดีลใหญ่ที่สุดเพียงห้า ไอดีลเท่านั้นคือ $J_i, i = 1,2,\dots,5$ สำหรับแต่ละ $d \geq 1$, มีมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวของพีชคณิตพัวส์ซอง A ที่ถูกกำจัดด้วย $J_i, i = 1,2,\dots,5$ ที่มีมิติ d อยู่เพียงห้าชุดเท่านั้น

คำสำคัญ: พีชคณิตพัวส์ซอง ไอดีลพัวส์ซอง พัวส์ซองไอดีลใหญ่ที่สุด พีชคณิตอนุพัทธ์ มอดูลพัวส์ซอง

Research Article

On finite-dimensional simple Poisson module on a certain Poisson algebra by using the specific Lie Structure method on Poisson maximal ideals

Nongkhran Sasom[1,*] **and Kanokporn Changtong**[1]

[1]Department of Mathematics, Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani

*Email: nongkhran.s@ubu.ac.th

Received <19 September 2022>; Revised <12 February 2023>; Accepted <12 February 2023>

Abstract

We study a Poisson algebra $\mathbf{A} = \mathbb{C}[\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}]$ with three generators and having three relations the same as the relations of $\boldsymbol{T}$ in Changtong et al. (2018). We classify the finite-dimensional simple Poisson modules over $\boldsymbol{A}$ by considering its Lie structure $\boldsymbol{J}/\boldsymbol{J}^2$, where $\boldsymbol{J}$ is a Poisson maximal ideal of $\boldsymbol{A}$. We show that there are only five Poisson maximal ideals $\boldsymbol{J}_i$, $\boldsymbol{i} = \mathbf{1}, \mathbf{2}, \ldots, \mathbf{5}$. There are five $\boldsymbol{d}$-dimensional simple Poisson module annihilated by $\boldsymbol{J}_i$, $\boldsymbol{i} = \mathbf{1}, \mathbf{2}, \ldots, \mathbf{5}$, for each positive integer $\boldsymbol{d} \geq \mathbf{1}$.

Keywords: Poisson algebras, Poisson ideal, Poisson maximal ideal, Derived algebra, Poisson modules

Introduction

A Poisson algebra A is a commutative $\mathbb{C}$-algebra equipped with a Lie bracket $\{-,-\}$ satisfying the Leibniz rule: $\{ab,c\} = a\{b,c\} + \{a,c\}b$ for all $a,b,c \in A$. The bracket $\{-,-\}$ is then called a Poisson bracket. For a Poisson bracket, it is an important binary operation in Hamiltonian mechanics and playing a central role in Hamilton's equation of motion for classical mechanics and mathematics. In a general sense, the Poisson bracket is used to define a Poisson algebra and it also occurs on the theory of Lie algebras.

If T is a $\mathbb{C}$-algebra with a central non-unit non-zero-divisor t such that $A := T/tT$ is commutative then there is a Poisson bracket $\{-,-\}$ on A such that $\{\bar{x},\bar{y}\} = \overline{t^{-1}[x,y]}$ for all $\bar{x},\bar{y} \in A,$ see Changtong et al. (2018).

Changtong and Sasom (2018) considered Poisson A-modules in the aspect of Jordan (2010) and classified the finite-dimensional simple Poisson modules for the Poisson algebra $A = \mathbb{C}[x,y,z]$ with Poisson bracket :

$$\{x,y\} = yx + x + y + z,$$
$$\{y,z\} = zy + x + y + z, \text{ and}$$
$$\{z,x\} = xz + x + y + z\,.$$

This gives two Poisson maximal ideals, say $J_i, i = 1,2,$ and we have seen that every finite-dimensional simple Poisson modules over A annihilated by J_1 is 1-dimensional. For each positive integer $d \geq 1,$ there is a unique d-dimensional simple Poisson module over A annihilated by J_2. Chansuriya and Sasom (2021) also classified the finite-dimensional simple Poisson modules for the same Poisson algebra $A = \mathbb{C}[x,y,z]$ by using the method in the PhD thesis of Sasom (2006).

Chen (2019) classified finite-dimensional simple Poisson modules for the Poisson algebra $A = \mathbb{C}[x,y,z]$ with Poisson bracket :

$$\{x,y\} = 2(z - yx), \quad \{y,z\} = 2(x - zy), \ \{z,x\} = 2(y - xz).$$

There are five Poisson maximal ideals in this Poisson algebra and five d −dimensional simple Poisson modules for each $d \geq 1$ by using the method in the PhD thesis of Sasom (2006).

In this research, we classify the finite-dimensional simple Poisson modules for the Poisson algebra suggested by D. A. Jordan for the Poisson algebra $A = \mathbb{C}[x,y,z]$ with Poisson bracket :

$$\{x,y\} = yx + z - x - y,$$
$$\{y,z\} = zy + x - y - z, \text{ and}$$
$$\{z,x\} = xz + y - x - z.$$

There are five Poisson maximal ideals in this Poisson algebra and we have shown in Changtong et al. (2018) that there are five d-dimensional simple Poisson modules for each positive integer $d \geq 1$ by using direct method in the PhD thesis of Sasom (2006) which is quite difficult to classify so we decided to change the method by following the new techniques which appear in Jordan (2010) and Changtong and Sasom (2018).

Preliminaries

This topic contains some of the materials that will be used throughout this work. The main topics are Lie algebras Dixmier (1996), Derived algebras, Low-dimensional Lie algebras modules Erdmann and Wildon (2006) and Humphreys (1972), Poisson algebras and Poisson and Jordan's result shown in Jordan (2010).

Lie algebras

We now present the definition of a Lie algebra which leads to the definition of a Poisson algebra.

Lie algebra arise as a vector space of linear transformations endowed with a new operation which is in general neither commutative nor associative denoted by $[x,y] = xy - yx$ and called the Lie bracket or commutator of x and y.

Definition 1. Let F be a field. A ***Lie algebra*** over F is an F–vector space L, together with a bilinear map, the Lie bracket $[-,-] : L \times L \longrightarrow L$ given by $(x, y) \mapsto [x, y]$ satisfying the following properties:

1) $[x, x] = 0$ for all $x \in L$,
2) $[x, [y, z]] + \big[y, [z, x]\big] + [z, [x, y]] = 0$ for all $x, y, z \in L$.

Axiom 2) is called the **Jacobi identity**. A Lie algebra **commutative** if $[x, y] = 0$ for all $x, y \in L$.

Definition 2. Let L be a Lie algebra. A subspace K of L is called a ***Lie subalgebra*** if $[x, y] \in K$ for all $x, y \in K$.

Definition 3. A subspace I of a Lie algebra L is called a **Lie ideal** of L if for all $x \in L,\ y \in I,\ [x, y] \in I$.

Definition 4. Let L and M be Lie algebras and a **Lie algebra homomorphism** is a linear map between to Lie algebras L and M such that it is compatible with the Lie bracket:

$$\theta : L \to M \text{ and } \theta([x, y]) = [\theta(x), \theta(y)] \text{ for all } x, y \in L.$$

Definition 5. A Lie algebra L is called **irreducible** if the only ideals in L are L and $\{0\}$. A Lie algebra L is called **simple** if it is irreducible and $\dim L \geq 2$.

Example 6. The Lie algebra $\mathrm{sl}(2, \mathbb{C})$ is identified with the Lie algebra of 2×2 matrices. We defined the following three elements

$$e = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},\quad f = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ and } h = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

as a basis. The Lie products among e, f, and h are given by

$$[e, f] = h,\ [h, e] = 2e \text{ and } [h, f] = -2f.$$

It is well known that the Lie algebra $\mathrm{sl}(2, \mathbb{C})$ is 3-dimensional.

Proposition 7. (Hall, 2015) The Lie algebra $\mathrm{sl}(2, \mathbb{C})$ is simple.

Derived algebras

The derived algebra is one of the tools to investigate the results. Let I and J be ideals of a Lie algebra L, we define a product of ideals $[I, J]$ to be the span of the commutators of elements of I and J, that is $[I, J] \coloneqq \mathrm{Span}\{[x, y] : x \in I, y \in J\}$. When we take $I = J = L$, we obtain $[L, L]$.

Definition 8. The ideal $[L, L]$ is called the ***derived algebra*** of L if it consists of all linear combinations of commutators $[x, y]$ where $x, y \in L$, that is, $[L, L] \coloneqq \{\sum x_i\, y_i : x_i \in L, y_i \in L\}$ is an ideal.
Evidently, L is ***abelian*** or ***commutative*** if and only if $[L, L] = 0$. Note that a one-dimensional Lie algebra is necessary commutative since $[ax, bx] = 0$ for all $x \in L$ and all scalars a and b.

Example 9. Let $\mathrm{gl(n, F)}$ be the set of $\mathrm{n \times n}$ matrices over a field F and $\mathrm{sl(n, F)}$ be the subspace of $\mathrm{gl(n, F)}$ consisting of all matrices of traces 0. Recall that the trace of a square matrix is the sum of its diagonal entries. Then $[\mathrm{gl(n, F)}, \mathrm{gl(n, F)}] = \mathrm{sl(n, F)}$ and $[\mathrm{sl(n, F)}, \mathrm{sl(n, F)}] = \mathrm{sl(n, F)}$.

The following theorem is very useful for classifying the finite-dimensional simple Lie algebras.

Theorem 10. (Erdmann and Wildon, 2006) Suppose that L is a 3-dimensional complex Lie algebra such that $[L, L] = L$. Then $L \cong \mathrm{sl}(2, \mathbb{C})$.

Poisson Algebras and Poisson modules

In this topic, we present definition of Poisson algebras, Poisson modules and a Lie algebra J/J^2, where J is a Poisson maximal ideal.

Definition 11. Let A be a finitely generated commutative algebra over $\mathbb{C}$. A ***Poisson bracket*** on A is a Lie algebra bracket $\{-,-\}$ satisfying the Leibniz rule : $\{\mathrm{ab}, \mathrm{c}\} = \mathrm{a}\{\mathrm{b}, \mathrm{c}\} + \{\mathrm{a}, \mathrm{c}\}\mathrm{b}$ for all $a, b, c \in A$. The pair $(\mathrm{A}, \{-,-\})$ is called a ***Poisson algebra***.

Definition 12. A subalgebra B of A is a ***Poisson subalgebra*** of A if $\{b, c\} \in B$ for all $b, c \in B$.

Definition 13. An ideal I of a Poisson algebra A is a ***Poisson ideal*** if $\{i, a\} \in I$ for all $i \in I$ and all $a \in A$. If I is a Poisson ideal of A then A/I is a Poisson algebra in the obvious way:

$$\{a + I, b + I\} = \{a, b\} + I \text{ for all } a, b \in A$$

A Poisson algebra A is said to be ***simple*** if its only Poisson ideals are 0 and A.

Definition 14. A Poisson ideal I of a Poisson algebra A is called a **maximal Poisson ideal** if J is a Poisson ideal and $I \nsubseteq J$ then $I = A$. An ideal I of a Poisson algebra A is said to be a **Poisson maximal ideal** if I is a maximal ideal of A and also a Poisson ideal.

Next, we present the definition of Poisson module. There is more than one definition of Poisson module in the literature. We shall use the one introduced by Farkas (2000) and Oh (1999).

Definition 15. Let A be a commutative Poisson algebra with Poisson bracket $\{-,-\}$. An A-module M is a ***Poisson A-module*** if there is a bilinear form $\{-,-\}_M : A \times M \to M$ such that the following axioms hold for all $a, b \in A$ and all $m \in M$:

(i) $\{a, bm\}_M = \{a, b\}\, m + b\{a, m\}_M$;

(ii) $\{ab, m\}_M = a\,\{b, m\}_M + b\{a, m\}_M$;

(iii) $\{\{a, b\}, m\}_M = \{a, \{b, m\}_M\}_M - \{b, \{a, m\}_M\}_M$.

A submodule N of a Poisson module M is called a ***Poisson submodule*** if $\{a, n\}_M \in N$ for all $a \in A$ and $n \in N$.

Definition 16. Let N be a left module over a ring R. Give any subset $X \subseteq N$, the ***annihilator*** of X is the set $ann_R(X) = \{r \in R : rx = 0 \text{ for all } x \in X\}$, which is a left ideal of R.

Definition 17. Let M be a Poisson module over a Poisson algebra A and let $S \subseteq M$. In the module sense, we denote the annihilator of S in A by

$$ann_A(S) = \{r \in A : rx = 0 \text{ for all } x \in S\}$$

and we denote the set

$$Pann_A(S) = \{a \in A : \{a, m\}_M = 0 \text{ for all } m \in S\}.$$

Lemma 18. (Jordan, 2010) Let A be a Poisson algebra and M be a Poisson A-module. Let $J = ann_A(M)$. Then

1. J is a Poisson ideal of A.
2. if M is a finite-dimensional simple Poisson module then J is a Poisson maximal ideal of A.
3. $\mathbb{C} + J^2 \subseteq Pann_A M$.

Definition 19. Let L and M be Poisson algebras. An algebra homomorphism θ between Poisson algebras L and M is a **Poisson homomorphism** if it is also a Lie homomorphism.

Definition 20. An algebra homomorphism between two Poisson algebras is a **Poisson isomorphism** if it is a bijective Poisson homomorphism. Two Poisson brackets on the same algebra A are **equivalent** if the corresponding Poisson algebras are isomorphic. Let $(R, \{-,-\})$ be a Poisson algebra. We say that a $\mathbb{C}$-algebra automorphism $\theta: R \to R$ is a **Poisson automorphism** if for all $x, y \in R$, $\theta(\{x,y\}) = \{\theta(x), \theta(y)\}$. Poisson automorphisms can be used to twist the module structures of a Poisson modules, as specified in the following theorem.

Theorem 21. (Sasom, 2006) Let R be a commutative Poisson algebra with a $\mathbb{C}$-algebra automorphism α. Let $r, s, t \in R$. If $\{\alpha(r), \alpha(s)\} = \alpha\{r, s\}$ and $\{\alpha(r), \alpha(t)\} = \alpha\{r, t\}$ then $\{\alpha(r), \alpha(s+t)\} = \alpha\{r, s+t\}$ and $\{\alpha(r), \alpha(st)\} = \alpha\{r, st\}$. Therefore if X is a set of generators of R and $\alpha(\{x,y\}) = \{\alpha(x), \alpha(y)\}$ for all $x, y \in X$ then α is a Poisson automorphism of R.

Definition 22. Let L and M be Poisson A-modules. A **Poisson module homomorphism** $\theta: L \to M$ is an A-module homomorphism such that $\theta(\{a, m\}_L) = \{a, \theta(m)\}_M$ for all $a \in A$ and $m \in M$. If a map θ is bijective then $\theta^{-1}: M \to L$ is also Poisson module homomorphism and θ is a Poisson module isomorphism.

Remarks If $\theta: A \to B$ is a homomorphism of Lie algebras and M is a B-module then there is an A-module M^θ such that $M = M^\theta$, as a set, and $[a, m]_{M^\theta} = [\theta(a), m]_M$ for all $a \in A$ and all $m \in M$.

Lie algebra J/J^2 where J is a Poisson maximal ideal

Let A be Poisson algebra and let I and J be Poisson ideals of A. Then IJ is a Poisson ideal of A. Of course I and J are Lie subalgebra of A under $\{-,-\}$. If $I \subseteq J$, then I is a Lie ideal of J and J/I is a Lie algebra. In particular, J/J^2 is always a Lie algebra and denoted by $\mathfrak{g}(J) := J/J^2$.

Studying Poisson modules, one natural way to find Poisson modules is, for I and J are Poisson ideals of A with $I \subseteq J$, the factor J/I is a Poisson A-module with the Poisson bracket, for $a \in A$ and $j \in J$, $\{a, j + I\}_{J/I} = \{a, j\}_J + I$. We can check that $\{-,-\}_{J/I}$ is well-defined, and all the axioms for a Poisson module are hold. By above argument, J/I is also a Lie algebra. Every Poisson subalgebra of J/I is a Lie ideal, so if J/I is simple as a Lie algebra, then it is simple as a Poisson module. If A is affine and J is a Poisson maximal ideal, so that $A = J + \mathbb{C}$, then the converse is also true because every Lie ideal of J/I is then a Poisson A-submodule. If I and J are Poisson ideals of a Poisson algebra A, then I/IJ and J/JI are Poisson modules. Recall that an affine Poisson algebra is a Poisson algebra which is finitely generated as a $\mathbb{C}$-algebra.

The following is the main result by Jordan (2010). We use this result to tackle the later research problems. Jordan proves the result giving a method to determine the finite-dimensional simple Poisson modules over any affine Poisson algebra as the following Theorem.

Theorem 23. (Jordan, 2010) Let A be an affine generated Poisson algebra.

(i) Let M be a finite-dimensional simple Poisson A-module and let $J = ann_A(M)$. There is a simple module M^* for the Lie algebra $g(J)$ such that $M^* = M$, as $\mathbb{C}$-vector space, and

$$[j + J^2, m]_{M^*} = \{j, m\}_M \quad \text{for all } j \in J \quad \text{and} \quad m \in M.$$

(ii) Let J be a Poisson maximal ideal of A and let N be a finite-dimensional simple $g(J)$-module. There exists a simple Poisson A-module N' and a Lie homomorphism $\theta: A \to g(J)$ such that $N' = N^\theta$ as a Lie module over A and $J = ann_A(N')$.

(iii) For all finite-dimensional simple Poisson modules M, $M^{*\prime} = M$. For all Poisson maximal ideals J of A and all finite-dimensional simple $g(J)$-modules N, $N' = N$.

(iv) The procedure in (i) and (ii) establish a bijection Γ from the set of isomorphism classes of finite-dimensional simple Poisson module over A to the set of pairs $(J, \widehat{N})$, where J is a Poisson maximal ideal of A and N is a finite-dimensional simple $g(J)$-module, given by $\Gamma(\widehat{M}) = (ann_A(M), \widehat{M^*})$ where $\widehat{M}$ is isomorphism class of M and $\widehat{M^*}$ is isomorphism class of M^*

Results

Let T be the $\mathbb{C}$-algebra generated by x, y, z, t and t^{-1} subject to the relations

$$xy - tyx = (t-1)(z - x - y),$$
$$yz - tzy = (t-1)(x - y - z),$$
$$zx - txz = (t-1)(y - x - z), \quad \text{and}$$
$$xt = tx, \quad yt = ty, \quad zt = tz, \quad tt^{-1} = 1 = t^{-1}t.$$

Then t is a central element of T.

Let $A \coloneqq T/(t-1)T \simeq \mathbb{C}[x, y, z]$, which is a commutative polynomial algebra. The induced Poisson bracket on A is such that

$$\begin{aligned}\{x, y\} &= \tfrac{1}{t-1}[x, y] \\ &= \tfrac{1}{t-1}(xy - yx) \\ &= \tfrac{1}{t-1}(tyx + (t-1)(z - x - y) - yx) \\ &= yx + z - x - y.\end{aligned}$$

Here we are abusing notation by writing x, y and z for both an element of T and its image in A. Similarly, we obtain $\{y, z\} = zy + x - y - z$, $\{z, x\} = xz + y - x - z$.

In the next lemma, we find the Poisson maximal ideals of A for this Poisson bracket.

Lemma 24. (Changtong el al., 2018) In the above Poisson algebra A, there are only five Poisson maximal ideals of A which are the followings:

$$J_1 = (x-1)A + (y-1)A + (z-1)A,$$
$$J_2 = xA + yA + zA,$$
$$J_3 = xA + (y-2)A + (z-2)A,$$
$$J_4 = (x-2)A + yA + (z-2)A, \quad \text{and}$$
$$J_5 = (x-2)A + (y-2)A + zA.$$

Theorem 25. For $d \geq 1$, there is a unique d-dimensional simple Poisson module over A annihilated by J_1.

Proof. For $J_1 = (x-1)A + (y-1)A + (z-1)A$, we consider the Lie algebra $\mathcal{g}(J_1)$.

Let $u = x - 1, v = y - 1$ and $w = z - 1$. Then $J_1 = uA + vA + wA$ and therefore u, v, w generate A. Hence, in J_1, the Poisson bracket

$$\{u, v\} = \{x - 1, y - 1\} = \{x, y\} - \{1, y\} - \{x, 1\} + \{-1, -1\} = yx + z - x - y$$

Replacing $x = u + 1$, $y = v + 1$ and $z = w + 1$, we obtain $\{u, v\} = vu + w$.. Similarly, $\{v, w\} = wv + u$ $\{w, u\} = uw + v$.

The Lie algebra $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$ has a basis (the images of) u, v, w and the Lie brackets

$$[u, v] = \{u + J_1^2, v + J_1^2\} = \{u, v\} + J_1^2 = vu + w + J_1^2$$

but $vu \in J_1^2$. Therefore $u, v] = w$. Similarly, we have $[v, w] = u$ and $[w, u] = v$.

We will show that $[u, v], [v, w], [w, u]$ are linearly independent. Let a, b, c be such that $a[u, v] + b[v, w] + c[w, u] = 0$. Then $aw + bu + cv = 0$ and since u, v, w are linearly independent, we obtain $a = b = c = 0$. Therefore $[u, v], [v, w], [w, u]$ are linearly independent. Hence $\mathcal{g}(\mathrm{J}_1)$ is 3-dimensional Lie algebra and the linear map $\theta: sl_2(\mathbb{C}) \to \mathcal{g}(\mathrm{J}_1)$ define on a basis elements by $\theta(e) = w$, $\theta(f) = u$ and $\theta(h) = v$. This implies $\mathcal{g}(\mathrm{J}_1)$ is isomorphic to $sl_2(\mathbb{C})$ by Theorem 10 and it follows from Theorem 23 that, for each $d \geq 1$, A has a unique dimensional simple Poisson module annihilated by J_1.

Theorem 26. For $d \geq 1$, there is a unique d-dimensional simple Poisson module over A annihilated by J_2.

Proof. For $J_2 = xA + yA + zA$, we consider the Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)$. Hence, in J_2, the Poisson brackets are

$$\{\mathrm{x}, \mathrm{y}\} = \mathrm{yx} + \mathrm{z} - \mathrm{x} - \mathrm{y},$$

$$\{y, z\} = zy + x - y - z,$$

$$\{z, x\} = xz + y - x - z.$$

The Lie algebra $\mathcal{g}(J_2) = J_2/J_2^2$ has a basis (the images of) x, y, z and the Lie bracket

$$[\mathrm{x}, \mathrm{y}] = \{\mathrm{x} + J_2^2,\ \mathrm{y} + J_2^2\} = \{\mathrm{x}, \mathrm{y}\} + J_2^2 = \mathrm{yx} + \mathrm{z} - \mathrm{x} - \mathrm{y} + J_2^2,$$

But $yx \in J_2^2$. Therefore $[\mathrm{x}, \mathrm{y}] = z - x - y$. Similarly, $[\mathrm{y}, \mathrm{z}] = x - y - z$ and $[z, x] = y - x - z$.

We will show that $[x, y]$, $[y, z]$, $[z, x]$ are linearly independent. Let a, b, c be such that $a[x, y] + b[y, z] + c[z, x] = 0$. Then $a(z - x - y) + b(x - y - z) + c(y - x - z) = 0$ and $(-a + b - c)x + (-a - b + c)y + (a - b - c)z = 0$. Since x, y, z are linearly independent and by solving these equations,

$$(-a + b - c) = 0, \quad (-a - b + c) = 0, \quad \text{and} \quad (a - b - c) = 0$$

We obtain $a = b = c = 0$ and so $[x, y]$, $[y, z]$, $[z, x]$ are linearly independent. Hence $\mathcal{g}(J_2)$ is 3-dimensional Lie algebra. This implies that the derived algebra $[\mathcal{g}(J_2), \mathcal{g}(J_2)] = \mathcal{g}(J_2)$. Therefore $\mathcal{g}(J_2)$ is isomorphic to $sl_2(\mathbb{C})$ by Theorem 10 and it follows from Theorem 23 that, for each $d \geq 1$, A has a unique dimensional simple Poisson module annihilated by J_2.

Theorem 27. For $d \geq 1$, there is a unique d-dimensional simple Poisson module over A annihilated by J_3.

Proof. For $J_3 = xA + (y-2)A + (z-2)A$, we consider the Lie algebra $\mathcal{g}(J_3)$.

Let $u = x$, $v = y - 2$ and $w = z - 2$. Then $J_3 = uA + vA + wA$ and therefore u, v, w generate A. Hence, in J_3, the Poisson brackets

$$\{u, v\} = \{x, y-2\} = \{x, y\} + \{x, -2\} = \{x, y\} = yx + z - x - y.$$

Replacing $x = u, y = v + 2$ and $z = w + 2$, we obtain $\{u, v\} = vu + 2u + w + 2 - u - v - 2 = vu + u + w - v$. Similarly, the Poisson bracket $\{v, w\} = wv + u + w + v$, and $\{w, u\} = uw + u + v - w$.

The Lie algebra $\mathcal{g}(J_3) = J_3/J_3^2$ has a basis (the images of) u, v, w and the Lie brackets

$$[u, v] = \{u + J_3^2, v + J_3^2\} = \{u, v\} + J_3^2 = vu + u + w - v + J_3^2$$

but $vu \in J_3^2$. Therefore $[u, v] = u + w - v$. Similarly, $[v, w] = u + w + v$ and $[w, u] = u + v - w$.

We will show that $[u, v]$, $[v, w]$, $[w, u]$ are linearly independent. Let a, b, c be such that $a[u, v] + b[v, w] + c[w, u] = 0$. Then $a(u + w - v) + b(u + w + v) + c(u + v - w) = 0$ and $(a + b + c)u + (a + b - c)w + (-a + b + c)v = 0$. Since u, w, v are linearly independent and by solving these equations,

$$a + b + c = 0, \quad a + b - c = 0, \quad \text{and} \quad -a + b + c = 0.$$

We obtain $a = b = c = 0$. Therefore $[u, v]$, $[v, w]$, $[w, u]$ are linearly independent. We see that $\mathcal{g}(J_3)$ has 3-dimensional Lie algebra. This implies that the derived algebra $[\mathcal{g}(J_3), \mathcal{g}(J_3)] = \mathcal{g}(J_3)$. Therefore $\mathcal{g}(J_3)$ is isomorphic to $sl_2(\mathbb{C})$ by Theorem 10 and it follows from Theorem 23 that, for each $d \geq 1$, A has a unique dimensional simple Poisson module annihilated by J_3. By using the Poisson module isomorphism, we define $\theta(J_3) = J_4$, where $\theta(x) = y, \theta(y) = x$ and $\theta(z) = z$ and $\theta(J_3) = J_5$ where $\theta(x) = z, \theta(y) = y$ and $\theta(z) = x$, the same conclusion holds for J_4 and J_5, for each of which the d- dimensional simple Poisson module annihilated by J_4 and J_5.

Conclusion and Discussion

The classifying finite-dimensional simple Poisson modules with the method as in Changtong et al. (2018) is quite complicated so we try to work out in the same way as Jordan (2010) which is much easier to get the same result as in Changtong et al. (2018). Hence there are five d-dimensional simple Poisson module for each positive integer $d \geq 1$.

Acknowledgements

The authors are grateful to Department of Mathematics Statistics and Computer for the supporting the facilities, and would also like to thank Professor D. A. Jordan for his valuable advice.

References

Changtong, K., Bojaras, R. Sasom, N., and, Saenkarun, S. (2018). On finite-dimensional simple Poisson modules of a certain Poisson algebra. **Journal of Science and Technology**, **Ubon Ratchathani University**, 20(2), 60-68.

Changtong, K. and Sasom, N. (2018). Poisson Maximal ideals and the Finite-dimensional Simple Poisson Modules of a Certain Poisson Algebra. **KKU Science Journal,** 46(3), 606-613.

Chen, W. (2019). Simple Poisson Modules over Certain Polynomial Poisson algebra, **International Journal of Algebra**, 13, no. 2, 83-96.

Dixmier, J. (1996). **Enveloping Algebras**. Grad. Stud. Math. 11. Providence, RI: American Mathematical Society.

Erdmann, K. and Wildon, M. J. (2006). **Introduction to Lie Algebras**. London: Springer.

Farkas, D. R. (2000). Modules for Poisson algebras, **Communications in Algebra**, 28(7), 3293-3306.

Hall, B. (2015). **Lie groups, Lie Algebras and Lie Algebras and Representation (2^{nd} Ed),** Grad. Texts in Maths 222, New York: Springer-Verlag.

Humphreys, J. E. (1972). **Introduction to Lie algebras and Representation Theory**. Grad. Texts in Maths 9, New York: Springer-Verla.

Jordan D. A. (2010). Finite-dimensional simple Poisson modules. **Algebras and Representation Theory**, 13, 79-101.

Oh, S. O. (1999). Poisson enveloping algebras. **Communications in Algebra,** 27, 2181–2186.

Sasom, N. (2006). Reversible skew Laurent polynomial rings, rings of invariants and related rings. **PhD Thesis,** Sheffield: University of Sheffield.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.6
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2566) : 50 - 62 | 50

บทความวิจัย

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เพ็ญนภา ชัยศิริถาวรกุล[1,*] และมนตรี ทองมูล[2]
[1]สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
**Email: 63010558012@msu.ac.th*

รับบทความ: 20 ตุลาคม 2565 แก้ไขบทความ: 11 ธันวาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 26 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จำนวน 36 คน ได้โดยการสุ่มแบบกลุ่ม โดยแต่ละห้องเรียนจัดการเรียนรู้แบบคละความสามารถ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่องฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน อัตนัยแบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t – test for one sample ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.72/82.45 เป็นไปตามที่กำหนดไว้คือ 70/70 2) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ คำถามระดับสูง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Research Article

The Effects of Organizing Mathematics Learning Activities Based on Heuristics and Higher Order Questions on Mathematics Problem Solving Ability of Matthayomsuksa 5 Students

Pennapa Chaisirithawonkun[1,*] and Montri Thongmoon[2]
[1]Teaching of Science and Mathematics Program, Faculty of Education, Mahasarakham University
[2]Faculty of Science, Mahasarakham University
**Email: 63010558012@msu.ac.th*

Received <20 October 2022>; Revised <11 December 2022>; Accepted <26 December 2022>

Abstract

The purposes of this research were 1) to develop lesson plans based on heuristics and higher order questions which enhance the mathematical problem-solving ability of function based on 70/70 criteria, 2) to compare the mathematical problems-solving ability of function after participating in the learning activities based on heuristics and higher order questions with 70 percent criteria, and 3) to compare the mathematics learning achievement of function after participating in the learning activities based on heuristics and higher order questions with 70 percent criteria. The instruments used for collecting data were 1) 8 lesson plans based on heuristics and higher order questions of function, 2) 5 items of subjective test to assess mathematical problem-solving ability of function, and 3) 20 four-option items of mathematics learning achievement test. Statistics used in the research included: a percentage, a mean, a standard deviation and t - test for one sample. The research findings were as follows: 1) the lesson plans based on heuristics and higher order questions, which enhance the mathematical problem-solving ability of function were found that the efficiency were 86.72/82.45 according to the 70/70 criteria, 2) the mathematical problem-solving ability of function after participating in the learning activities based on heuristics and higher order questions was statistically higher than the 70-percent criterion at .05 level, and 3) the mathematics learning achievement of function after participating in the learning activities based on heuristics and higher order questions was statistically higher than the 70-percent criterion at .05 level.

Keywords: Learning activities based on Heuristics, higher order questions, mathematical problem-solving ability

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ การเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นการเรียนรู้สิ่งที่เป็นตัวแทนวัตถุจริงในโลก เนื่องจากวัตถุที่อยู่ในกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เป็นเพียงสัญลักษณ์ที่ใช้แทนวัตถุจริง ดังนั้นการคิดทางคณิตศาสตร์จึงถือเป็นการคิดระดับสูง (Angganapattarakajorn, 2012) ซึ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจุดมุ่งหมายให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ดังนี้ 1) จำนวนและพีชคณิต 2) การวัดและเรขาคณิต 3) สถิติและความน่าจะเป็น และ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ จะเห็นได้ว่าทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นของหลักสูตรคณิตศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012) ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพของชีวิต และพัฒนาคุณภาพของสังคมไทยให้ดีนั้น ครูผู้สอนจะต้องดูความเหมาะสมและความจำเป็นในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นความพร้อมของสถานศึกษา ในด้านบุคลากร ผู้เรียน และสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้

ในปัจจุบันการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สาเหตุเกิดจากผู้เรียนขาดความกระตือรือร้นในการเรียน ขาดการไตร่ตรองที่ดีในการแก้ปัญหา มีอคติกับวิชาคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนมักจะสอนด้วยวิธีการสอนที่ไม่มีความหลากหลาย ยึดตัวเองเป็นสำคัญ ขาดเทคนิคการสอนนอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เป็นนามธรรม เนื้อหาบางเรื่องยากเกินที่จะอธิบายให้เข้าใจได้ง่าย เห็นได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ผลการประเมินระดับประเทศชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปี พ.ศ. 2561 คะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนอยู่ที่ 47.70 ในปี พ.ศ. 2562 ลดลงเหลือ 40.10 ปี (Academic Roi Et Wittayalai School, 2021) จากคะแนนเฉลี่ยที่ลดลงดังกล่าว อาจเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุหนึ่งเกิดจากการขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากที่ได้ไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย ในภาคเรียนที่ 1/2564 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้เมื่อนักเรียนเจอโจทย์หรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนไม่มีการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้ปัญหาได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้คะแนนเฉลี่ยในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น และยังส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับที่สูงขึ้นอีกด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นความสามารถหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยพัฒนาความรู้ ความคิดของนักเรียน ช่วยพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิด การวิเคราะห์การเชื่อมโยง การประยุกต์ใช้ความรู้ ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์ (Boonprajak, 2007) ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงเป็นกระบวนการที่นักเรียนควรเรียนรู้ ฝึกฝน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตัวนักเรียน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนตลอดจนเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ตลอดชีวิต (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012) ดังนั้นผู้สอนจึงต้องพยายามจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน โดยผู้สอนควรเลือกกิจกรรมที่เน้นการเชื่อมโยงข้อมูลหรือแนวคิดที่สัมพันธ์กันให้อยู่ในลักษณะที่เป็นระบบโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ต้องการเรียนรู้หรือปัญหาที่ต้องการแก้ไข การฝึกทักษะนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนอย่างมากโดยฝึกให้เริ่มต้นจากสิ่งที่ง่ายไปสู่สิ่งที่ยากซับซ้อนมากขึ้น ทำให้สามารถนำไปแก้ปัญหาได้

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมความสามารถด้านการแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริม

ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดี เพราะเป็นวิธีสอนที่เน้นการคิดและตัดสินใจของนักเรียน เป็นวิธีการที่ช่วยให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และส่งเสริมให้นักเรียนรู้สาเหตุของปัญหาและการแก้ปัญหา โดยนักเรียนอาจต้องดำเนินการทั้งการแก้ปัญหาแบบเดิมที่เคยทำ การใช้กฎ หลักการ และทฤษฎี เชื่อมโยงกับการใช้วิธีการใหม่ ๆ การตั้งคำถามใหม่ จนสามารถสร้างแบบจำลองความคิดทางคณิตศาสตร์รูปแบบใหม่ของนักเรียนเอง ถือว่าเป็นวิธีการสอนที่มีประโยชน์อย่างมากในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์มีรูปแบบการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) สร้างความสัมพันธ์ (Relate) เป็นขั้นที่สร้างขึ้นสำหรับการสำรวจตรวจค้น โดยเชื่อมโยงปัญหาใหม่กับปัญหาที่เคยพบจากในแบบฝึกหัดที่ผ่านมาว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกัน ปัญหาใหม่นี้มีความท้าทายมากขึ้นหรือไม่ ต้องใช้ความรู้เพิ่มเติมหรือไม่ 2) สำรวจตรวจค้น (Investigate) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนเริ่มใช้ความคิดเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบ เพื่อหาแนวทางในการหาคำตอบ โดยนักเรียนอาจประยุกต์ใช้รูปแบบการแก้ปัญหาจากโจทย์ที่เคยพบมาก่อนในการหาแนวทางเพื่อแก้ปัญหาใหม่ 3) สื่อสาร (Communicate) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองแก่เพื่อนคนอื่น ๆ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการและคำตอบที่เป็นไปได้ 4) ประเมิน (Evaluate) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนประเมินการคิดของตนเองและรับคำแนะนำการประเมินอย่างละเอียดของคำถามและคำตอบจากครูผู้สอนเพิ่มเติม และ 5) สร้างคำถาม (Create) เป็นขั้นที่มีการขยายและสำรวจตรวจสอบประเด็นที่เจาะลึกเพิ่มเติมด้วยการตั้งคำถามใหม่ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้เข้าใจในโครงสร้างของความรู้ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (Sheffield, 2003) โดยนักเรียนอาจเริ่มต้นจากจุดใดก็ได้ในแบบจำลองความคิดนี้และดำเนินต่อไปยังจุดใดก็ได้เช่นกัน เพื่อตรวจสอบปัญหาทางคณิตศาสตร์

การใช้คำถามเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ซึ่งคำถามของครูควรเป็นคำถามที่มีคุณภาพในการกระตุ้นให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถด้านการคิดในระดับที่สูงกว่าความจำมาคิดแก้ปัญหาและหาคำตอบ (Brandt, 1984) นั่นคือ คำถามระดับสูง ซึ่ง Rosemary Schmalz (1973) ให้ความหมายของคำถามระดับสูงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สรุปได้ว่าเป็นคำถามที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบ สรุปกฎเกณฑ์อย่างมีเหตุผล คำถามที่ให้นักเรียนค้นพบรูปแบบใหม่ ๆ รวมถึงคำถามที่ให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน นอกจากนี้ Rosemary Schmalz กล่าวถึงความสำคัญของการใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สรุปได้ว่าเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้พบสิ่งใหม่ ๆ หลังจากการพิจารณาสิ่งที่เคยรู้หรือได้เรียนมาแล้ว และการใช้คำถามระดับสูงอย่างต่อเนื่องจนผู้เรียนคุ้นเคย จะช่วยพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนอย่างแท้จริง ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน การใช้คำถามระดับสูงจึงเป็นสิ่งที่ครูควรนำไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) ประเภทแบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (Worakham, 2018) ซึ่งมีรูปแบบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่กำลังเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จำนวน 4 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 156 คน โดยแต่ละห้องประกอบไปด้วยนักเรียนคละความสามารถ

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/9 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่องฟังก์ชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งหมด 8 ชั่วโมง ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 เรื่อง ฟังก์ชันเชิงเส้น จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6 เรื่อง ฟังก์ชันขั้นบันได จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-8 เรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล จำนวน 2 ชั่วโมง

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินตรวจสอบความเหมาะสมในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Srisaard, 2013) โดยมีค่าเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 นั่นคือแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากและสามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ซึ่งการใช้คำถามระดับสูง หมายถึง การใช้คำถามที่ช่วยให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง เป็นการคิดเปรียบเทียบ คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ค้นหารูปแบบ หาข้อสรุปที่เป็นเหตุผล และค้นพบสิ่งใหม่หลังการใช้ความรู้ที่มีอยู่ประกอบการคิดอย่างรอบคอบ ผู้วิจัยใช้คำถามระดับสูงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้ ประเภทที่ 1 คือ คำถามที่ให้นักเรียนดัดแปลงคำถามสถานการณ์ หรือแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ของผู้อื่น โดยใช้คำพูดของตนเองแต่ยังคงความหมายเดิม ประเภทที่ 2 คือ คำถามที่ให้นักเรียนแปลความหมายจากข้อมูลทั่วไปให้อยู่ในรูปประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือในทางกลับกัน ประเภทที่ 3 คือ คำถามที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบความคล้าย โดยบอกความเหมือน ความแตกต่าง หรือบอกความสัมพันธ์

ประเภทที่ 4 คือ คำถามที่ให้นักเรียนพิจารณา/ตรวจสอบว่า ประโยคที่กำหนดให้ถูกต้องหรือไม่โดยอาศัยหลักการให้เหตุผล และประเภทที่ 5 คือ คำถามที่ให้นักเรียนค้นพบวิธีการหรือข้อมูลที่นำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหา

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการวัดการดำเนินการของนักเรียนในการใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการหาวิธีการให้ได้มาซึ่งคำตอบและข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนจะต้องสรุปปัญหาเป็นภาษาของตนเอง สามารถบอกได้ว่าโจทย์ปัญหาถามหาอะไร อะไรเป็นสิ่งที่ให้มา อะไรคือเงื่อนไข และนักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหาจนสามารถสรุปออกมาได้ ขั้นที่ 2 การวางแผนการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ในปัญหาให้ชัดเจน สิ่งที่ต้องการหามีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ให้มาอย่างไร ขั้นที่ 3 การดำเนินตามแผน ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือคิดคำนวณตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 เพื่อที่จะได้คำตอบของปัญหา สิ่งที่นักเรียนจะต้องใช้ในขั้นนี้ คือทักษะการคิดคำนวณและควรเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาใช้ ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ เป็นขั้นตอนวิธีการและคำตอบ ขั้นนี้เป็นขั้นการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจว่าถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและสำรวจดูผล ตลอดจนกระบวนการในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย วัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยกำหนดสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์วัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครบทั้ง 4 ด้าน สอดคล้องกับเรื่องฟังก์ชัน จำนวน 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 1 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.506-0.631 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.306-0.425 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.982

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นคะแนนความรู้ความเข้าใจและความสามารถตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในบทเรียน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC มีค่าอยู่ในช่วง 0.67-1 มีค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง 0.500-0.775 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.40-0.70 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.965

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ส่วนที่ 1

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน นำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งทำการทดสอบระหว่างเรียนเมื่อจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละหน่วย โดยกำหนดการประเมินจากการทำใบกิจกรรม พฤติกรรมการเรียนและแบบทดสอบย่อย เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน นำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ส่วนที่ 2

1. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแผนการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง จำนวน 8 แผน เวลา 8 ชั่วโมง กับกลุ่มตัวอย่าง

2. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 8 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 5 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ

3. นำผลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด และนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามเกณฑ์ 70/70 โดยหาค่า E_1/E_2 โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 8 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ t-test for one sample (Worakham, 2018) ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย 5 ข้อ โดยให้คะแนนข้อละ 8 คะแนน ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงเกณฑ์การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมการแก้ปัญหา
ทำความเข้าใจปัญหา	0	ไม่มีการเขียน หรือเขียนข้อความที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา
	1	มีการเขียนข้อความหรือข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	2	มีการเขียนข้อความหรือแสดงข้อมูลที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องครบถ้วน
วางแผนการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการวางแผนแก้ปัญหา หรือมีการเขียนแผนการแก้ปัญหาแต่ไม่ใช่แผนที่จะแก้ปัญหา
	1	มีการเขียนวางแผนแก้ปัญหาแต่ไม่เหมาะสมหรือสื่อความหมายไม่ชัดเจน
	2	มีการเขียน วางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน
การดำเนินการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการเขียนแสดงวิธีทำใดเลยหรือมีการเขียนแสดงวิธีทำ แต่ไม่ใช่วิธีที่จะนำไปสู่คำตอบที่ต้องการ
	1	มีการเขียนแสดงวิธีทำที่เหมาะสมเกือบสมบูรณ์ หรือเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่มีการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ผิดพลาดจนได้คำตอบที่ผิดพลาดหรือแสดงวิธีการทำได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์แต่ตอบคำถามผิดพลาด
	2	มีการแสดงวิธีการทำอย่างเป็นขั้นตอน ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ และแสดงคำตอบที่ถูกต้อง
การตรวจสอบผล	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณโดยเขียนสัญลักษณ์ที่ผิดพลาด
	2	มีการเขียนแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย

จากตารางที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์มีความสัมพันธ์ต่อทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ ขั้นสร้างความสัมพันธ์ (Relate) ส่งเสริมการทำความเข้าใจปัญหา ขั้นสำรวจตรวจค้น (Investigate) ส่งเสริมการวางแผนการแก้ปัญหาและการดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นสื่อสาร (Communicate) และขั้นประเมิน (Evaluate) ส่งเสริมการตรวจสอบผล

3. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ t-test for one sample (Worakham, 2018)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 8 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

คะแนน	รวมคะแนนระหว่างเรียน (60:40)			ทดสอบหลังเรียน (60 คะแนน)
	ใบกิจกรรม (60 คะแนน)	แบบทดสอบย่อย (40 คะแนน)	รวม (100 คะแนน)	
รวม	1852	1270	3122	1781
ค่าเฉลี่ย	51.44	35.28	86.72	49.47
S.D.	6.83	2.71	8.16	6.33
ร้อยละ	85.74	88.19	86.72	82.45
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.72/82.45				

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน เท่ากับ 86.72 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 82.45 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.72/82.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

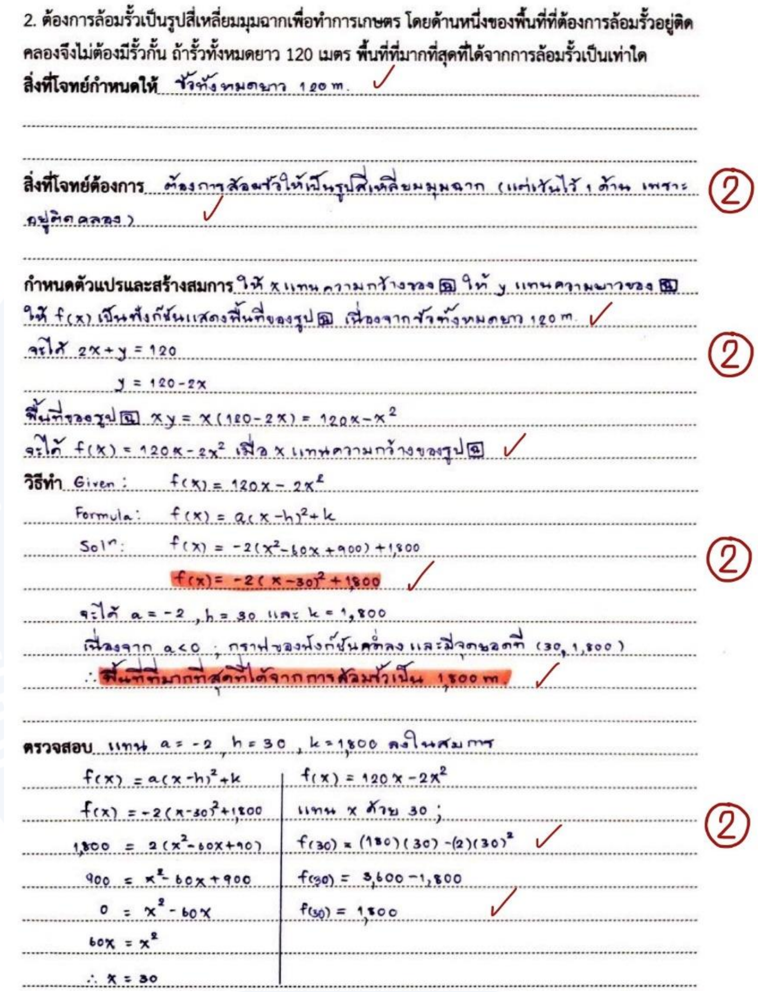
ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for one sample ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{x}$	S.D.	t	p
คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	36	40	28	31.03	5.95	3.053*	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเท่ากับ 31.03 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ 28 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครบทั้ง 4 ด้าน ดังภาพที่ 1



2. ต้องการล้อมรั้วเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเพื่อทำการเกษตร โดยด้านหนึ่งของพื้นที่ที่ต้องการล้อมรั้วอยู่ติดคลองจึงไม่ต้องมีรั้วกั้น ถ้ารั้วทั้งหมดยาว 120 เมตร **พื้นที่ที่มากที่สุดที่ได้จากการล้อมรั้วเป็นเท่าใด**

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ รั้วทั้งหมดยาว 120 m.

สิ่งที่โจทย์ต้องการ ต้องการล้อมรั้วให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (แต่เว้นไว้ 1 ด้าน เพราะอยู่ติดคลอง) ②

กำหนดตัวแปรและสร้างสมการ ให้ x แทนความกว้างของ ▭ ให้ y แทนความยาวของ ▭
ให้ f(x) เป็นฟังก์ชันแสดงพื้นที่ของรูป ▭ เนื่องจากรั้วทั้งหมดยาว 120 m.
จะได้ $2x + y = 120$ ②
$y = 120 - 2x$
พื้นที่ของรูป ▭ $xy = x(120-2x) = 120x - x^2$
จะได้ $f(x) = 120x - 2x^2$ เมื่อ x แทนความกว้างของรูป ▭

วิธีทำ Given: $f(x) = 120x - 2x^2$
Formula: $f(x) = a(x-h)^2 + k$
Soln: $f(x) = -2(x^2 - 60x + 900) + 1{,}800$ ②
$f(x) = -2(x-30)^2 + 1800$
จะได้ $a = -2$, $h = 30$ และ $k = 1{,}800$
เนื่องจาก $a < 0$; กราฟของฟังก์ชันคว่ำลง และมีจุดยอดที่ (30, 1,800)
∴ พื้นที่ที่มากที่สุดที่ได้จากการล้อมรั้วเป็น 1,800 m.

ตรวจสอบ แทน $a = -2$, $h = 30$, $k = 1{,}800$ ลงในสมการ

$f(x) = a(x-h)^2 + k$	$f(x) = 120x - 2x^2$
$f(x) = -2(x-30)^2 + 1{,}800$	แทน x ด้วย 30 ;
$1{,}800 = 2(x^2 - 60x + 90)$	$f(30) = (120)(30) - (2)(30)^2$ ②
$900 = x^2 - 60x + 900$	$f(30) = 3{,}600 - 1{,}800$
$0 = x^2 - 60x$	$f(30) = 1{,}800$
$60x = x^2$	
$\therefore x = 30$	

ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลงานนักเรียนที่มีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครบทั้ง 4 ด้าน

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for one sample ดังตารางที่ 5 ซึ่งจะพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มีค่าเท่ากับ 18.44 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ 14 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	36	20	14	18.44	2.81	9.481*	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.72/82.45 หมายความว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงทำให้นักเรียนมีคะแนนจากการทำใบกิจกรรมและจากแบบทดสอบย่อยท้ายแผน โดยเฉลี่ยร้อยละ 86.72 และทำให้นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยเฉลี่ย 82.45 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Nakuma and Ruannakan (2018) การเปรียบเทียบผลฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่อการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พาราโบลา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์กับแบบปกติ พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์มีประสิทธิภาพไปตามเกณฑ์ 75/75 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และจากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ เรื่อง พาราโบลา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์อยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สร้างขึ้นได้ผ่านขั้นตอน กระบวนการสร้างอย่างเป็นระบบและวิธีการที่เหมาะสม โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ มีการดำเนินการโดยการศึกษาโครงสร้างหลักสูตร วิเคราะห์หลักสูตร ศึกษาวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม ประกอบการเสนอเพื่อปรับปรุงแก้ไข นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพก่อนที่จะนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีค่าเฉลี่ย 31.03 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.56 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สื่อสารและปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงออกถึงแนวคิดในการให้เหตุผล และการแก้ปัญหา มีการอภิปรายการแสดงความคิดเห็นเป็นรายบุคคล ทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีการแลกเปลี่ยนความรู้ภายในห้องเรียน ช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนให้สนุกสนาน นอกจากนั้นครูจะใช้คำถามระดับสูงกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพิ่มเติม นักเรียนพยายามค้นหาวิธีการใหม่ที่แตกต่างจากวิธีการเดิม เมื่อครูพบว่าวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนนำเสนอยังไม่ครบทุกวิธีหรือยังไม่สมบูรณ์ ครูจะเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อสร้างแนวคิด ที่หลากหลายให้นักเรียนช่วยกันหาแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จากคำกล่าวของ Garnett and Bullock (1991) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการ

คิดแบบฮิวริสติกส์ว่าฮิวริสติกส์ช่วยพัฒนาการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ได้และยังสามารถแสดงโครงเรื่องที่ศึกษาได้และช่วยให้นักเรียนมีขั้นตอนในการคิดแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงไว้ 5 ขั้นดังนี้ คือ 1) ขั้นสร้างความสัมพันธ์ เป็นขั้นที่ครูให้ปัญหาแก่นักเรียน นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์จากการเชื่อมโยงข้อมูลในปัญหาหรือ การเชื่อมโยงข้อมูลจากความรู้เดิมที่มีกับความรู้ใหม่ที่เรียน หรือ การเชื่อมโยงปัญหาที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนกับปัญหาใหม่ ว่ามีลักษณะที่เหมือนกันคล้ายคลึง หรือแตกต่างกันอย่างไรและต้องใช้ความรู้อะไรบ้างในการแก้ปัญหา 2) ขั้นสำรวจตรวจค้น เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนสำรวจตรวจค้นปัญหา ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาโดยสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม ในการแสดงตัวแทนความคิดของนักเรียน และใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิตสร้างความสัมพันธ์ในการหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สู่แนวทางการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ของปัญหานั้น ๆ 3) ขั้นสื่อสาร เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองแก่เพื่อนคนอื่น ๆ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการและคำตอบที่เป็นไปได้ ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการเปรียบเทียบและอภิปรายว่ามีความเหมือนหรือแตกต่าง ข้อดีข้อจำกัดอย่างไร 4) ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนประเมินความคิดของตนเองและหาข้อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ครูใช้คำถามระดับสูงเพื่อให้นักเรียนร่วมกันประเมินผลลัพธ์ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ และรับคำแนะนำการประเมินอย่างละเอียดจากครูผู้สอนเพิ่มเติม และ 5) ขั้นสร้างคำถามบูรณาการปัญหา เป็นขั้นที่ครูสร้างคำถามใหม่หรือเพิ่มเงื่อนไขใหม่จากปัญหาเดิมแก่นักเรียน เป็นการขยายและสำรวจตรวจสอบประเด็นที่เจาะลึกเพิ่มเติม นักเรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม

นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nawapan (2009) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการตั้งและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการตั้งและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนใช้การคิดโดยเชื่อมโยงสิ่งที่มีความสัมพันธ์กันให้อยู่ในลักษณะที่เป็นระบบ โดยการสำรวจหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างข้อมูลของสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ แนวคิดของสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ หรือข้อมูลของปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจค้นร่วมกับการใช้คำถามที่ช่วยให้นักเรียนได้ใช้การคิดระดับสูง ซึ่งเป็นการคิดเปรียบเทียบ คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ค้นหารูปแบบ หาข้อสรุปที่เป็นเหตุผล จากคำกล่าวของ Yen and Flora (1985) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดแบบฮิวริสติกส์กับการเรียนสรุปได้ว่าฮิวริสติกส์จะทำให้ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น และมีทัศนคติต่อการเรียนดีขึ้น เนื่องจากฮิวริสติกส์ช่วยในการช่วยพัฒนาระดับการเรียนรู้และค้นหาข้อมูลในการศึกษาหาความรู้ใหม่ ๆ ได้ด้วยของตนเอง สามารถส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ และคำกล่าวของ Dechakup (2001) กล่าวไว้โดยสรุปได้ว่าคำถามระดับสูงช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้คิดในระดับที่ยากขึ้น เพื่อพัฒนาสู่การเป็นผู้มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อที่จะสามารถตัดสินจะทำ จะเชื่อหรือแก้ปัญหาได้อย่างมีหลักการและถูกทาง

นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Meesuk (2013) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทาง

คณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วนของพหุนาม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ เรื่อง เศษส่วนของพหุนาม สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.72/82.45 เป็นไปตามที่กำหนดไว้คือ 70/70

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนจะต้องคิดหาคำตอบด้วยตนเอง หากผู้เรียนขาดทักษะพื้นฐานในการคิด อาจได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้องได้ ผู้สอนควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อเป็นการประเมินความรู้ของผู้เรียน

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นผู้สอนควรศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอน วิธีการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี โดยเฉพาะขั้นสร้างความสัมพันธ์ เป็นขั้นที่ครูให้ปัญหาแก่นักเรียน นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล ครูผู้สอนควรนำเสนอตัวอย่าง หรือสถานการณ์ที่หลากหลายให้มากและเพียงพอ ที่จะให้ผู้เรียนวิเคราะห์ สังเกตเปรียบเทียบหาลักษณะร่วม เพื่อนำมาแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในขั้นสำรวจตรวจค้น เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนสำรวจตรวจค้นปัญหา ครูผู้สอนจะต้องให้โอกาสแก่นักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้เวลาเพียงพอ เพราะขั้นตอนดังกล่าวนั้นต้องใช้เวลาเพื่อให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองที่เหมาะสมและใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิตสร้างความสัมพันธ์ในการหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สู่แนวทางการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ของปัญหานั้น ๆ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น เลขยกกำลัง ลำดับและอนุกรม ฟังก์ชันตรีโกณมิติ เป็นต้น

2.2 ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการสื่อสาร การเชื่อมโยง หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.3 ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยอื่น เช่น การทดสอบกลุ่มเดียวเปรียบเทียบก่อนและหลัง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง หรือเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กับกลุ่มปกติ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Academic Roi Et Wittayalai School. (2021). **The Report O-Net Test for Mathematics of Mathayomsuksa 6 Students** (in Thai). Roi Et: Roi Et Wittayalai School.

Angganapattarakajorn, V. (2012). **The Mathematics School Teachers Should Know** (in Thai). Bangkok: Charansanitwong Printing.

Boonprajak, S. (2007). Developing Mathematical Potential of Mathayomsuksa 1 Students Using Cooperative Learning (in Thai). **Doctoral Dissertation**. Bangkok: Srinakarinwirot University.

Brandt, R. (1984). Teaching of thinking, for thinking, about thinking. **Educational Leadership**, 42(1), 3-12.

Dechakup, P. (2001). **Student-centered learning: Concept Method and Teaching Technique 1** (in Thai). Bangkok: The Master Group Management.

Garnett, K. F., and Bullock, J. T. (1991). Developing Problem-Solving Heuristics in the Middle School: A Qualitative Study. **Research in Middle Level Education**, 15(1), 83-103.

Meesuk, R. (2013). The Effects of Learning Emphasized Heuristics Thinking on Mathematical Achievement, Problem Solving and Reasoning Abilities on Polynomial Fractions of Mathayomsuksa 3 Students (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Srinakharinwirot University.

Nakuma, T. and Ruannakan, P. (2018). Comparisons of Learning Achievement, Analytical Thinking, and Achievement Motivation of Third Grade Students toward to Mathematics Learning Management with Parabora content between Learning Management Heuristic and Normal Method (in Thai). **Journal of Educational Measurement Mahasarakham University**, 23(2), 85-93.

Nawapan, N. (2009). Effects of Organizing Mathematics Learning Activities Emphasizing Heuristics Thinking on Mathematical Creativity and Problem Posing and Solving Ability of Seventh Grade Students (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Rosemary Schmalz, S.P. (1973). Categorization of Questions that Mathematics Teachers ask. **Mathematics Teacher**, 66(7), 619-626.

Sheffield, L. J. (2003). Extending the challenge in Mathematics. Developing Mathematical Promise in K – 8 pupils. Retrieved 16 July 2021, from **GoToKnow**: http://www.sagepub.com/upmdata/7203_sheffield_ch1.pdf

Srisaard, B. (2013). **Fundamental Research** (9th ed) (in Thai). Bangkok: Suweeriyasarn.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2012). **Mathematical thinking process skills** (3rd ed) (in Thai). Bangkok: 3Q Media.

Worakham, P. (2018). **Education research** (9th ed) (in Thai). Mahasarakham: Taksila.

Yen, F., and Flora, B. (1985). An intervention study in mathematical problem solving Among selected junior high school students (heuristics math tutoring self efficacy). Retrieved 16 July 2021, from **GoToKnow**: http://thailis.uni.net.th/dao/detail.nsp

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.7
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2566): 63 - 73

บทความวิจัย

การพัฒนาชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพที่ส่งเสริมสมรรถนะของครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเฉพาะที่เน้นการคิดขั้นสูง

ชาตรี ฝ่ายคำตา[1*] ธาฤชร ประสพลาภ[1] อนุพงศ์ ไพรศรี[1] เขมวดี พงศานนท์[2] นิอร ภูรัตน์[2] และกุลธิดา สะอาด[2]

[1]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพฯ 10900

[2]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จังหวัดกรุงเทพฯ 10110

**Email: feductf@ku.ac.th*

รับบทความ: 31 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 8 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 11 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพที่ส่งเสริมสมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพที่มุ่งศึกษาปรากฏการณ์เชิงลึกเพื่อบรรยายสิ่งที่เกิดขึ้นชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพสำหรับครูวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไรจึงจะทำให้ครูมีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดขั้นสูง ผู้วิจัยได้พัฒนาชุมชนการเรียนรู้กับครูวิทยาศาสตร์จาก 3 โรงเรียน เก็บข้อมูลโดยการสังเกต สัมภาษณ์ และเอกสารใบงาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการเปรียบเทียบเหตุการณ์ โดยผลการวิจัยพบว่า 1) กระบวนการและกลไกของระบบชุมชนการเรียนรู้ควรช่วยปรับบทบาทของสมาชิกในชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพส่งเสริม*การเป็นผู้นำ*เพื่อการปฏิบัติอย่างยั่งยืน 2) กระบวนการและกลไกของระบบชุมชนการเรียนรู้ควรเน้นพัฒนาการเรียนรู้หรือการคิดขั้นสูงของผู้เรียนให้เป็นค่านิยมหลักร่วมกันที่ครูให้ความสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน และช่วยให้ครูมองเห็นว่านักเรียนมีการคิดอยู่ระดับใด มีปัญหาหรือไม่ 3) ครูทั้งสามโรงเรียนเลือกพิจารณาปัญหาเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนเพราะคิดว่าการคิดวิเคราะห์เป็นการคิดขั้นสูงที่มีความไม่ยากจนเกินไป แต่ในช่วงเริ่มต้น ครูไม่ได้เข้าใจความหมายของการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง ทำให้ยากในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ 4) ครูมีสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดขั้นสูงแตกต่างกันมาจากภูมิหลังแตกต่างกัน โดยครูที่ไม่ได้มีภูมิหลังการศึกษาด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยตรง ยังไม่เข้าใจกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ (ซึ่งสอดคล้องกับการคิดขั้นสูง) จึงเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนการสอน 5) ครูส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการสอนด้านการสอนอยู่ในระดับที่สูง พร้อมที่จะต่อยอดเพื่อพัฒนาและยกระดับการคิดขั้นสูงของผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าความเป้าหมายของการประเมินและวิธีประเมินยังอยู่ในระดับต่ำ ครูยังใช้การประเมินรวบยอดเป็นการประเมินหลัก

คำสำคัญ: ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเฉพาะ การคิดขั้นสูง

Research Article

The Development of Professional Learning Community to Foster In-Service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Teaching Higher-Order Thinking (PCK for Teaching HOTs)

Chatree Faikhamta[1*] Tharuesean Prasoplarb[1] Anupong Praisri[1] Khemmawadee Pongsanon[2] Ni-orn Phurat[2] and Kultida Sa-ard[2]

[1]*Division of Science Education, Department of Education, Faculty of Education Kasetsart University, Bangkok 10900*

[2]*Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Bangkok 10110*

**Email: feductf@ku.ac.th*

Received <31 July 2022>; Revised <8 September 2022>; Accepted <11 September 2022>

Abstract

This study aimed at developing Professional Learning Community (PLC) fostering in-service teachers' pedagogical content knowledge (PCK) for teaching higher-order thinking (HOTs). Qualitative research approach was employed to describe how PLC enhance teachers' abilities in teaching HOTs. Researchers developed PLC with in-service teachers and administrators from 3 schools. Observations, interviews, and documents data were gathered, and analyzed using constant comparative methods. The research findings indicated that 1) the process and mechanism of PLC could adjust PLC members' leadership for sustainable practice, and 2) The PLC process should focus on student learning, or students' HOTs as a core and shared value of a group of teachers, and enable them to view how students think and solve problems 3) Students' analytical thinking was considered as a core value of PLC groups since they viewed that it is the most simple and good for them as beginners. Nevertheless, teachers initially were not understood analytical thinking deeply so it hard to design HOTs lesson plans 4) Teachers had different abilities for teaching HOTs due to their different backgrounds in which teachers who did not graduate from teaching science lacked of understanding of scientific inquiry approach and thinking like scientists (in line with HOTs), so it was barrier for dealing with teaching science 5) After engaging PLC, teachers mostly had PCK for teaching HOTs at high level. Yet, goals and ways of assessment were at low level since teachers mainly used summative assessment.

Keywords: Professional Learning Community, Pedagogical Content Knowledge; Higher-order Thinking

บทนำ

ในปัจจุบันเป้าหมายการศึกษาได้เปลี่ยนไปเพื่อเตรียมคนให้มีสมรรถนะเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ต้องพยายามเตรียมคนให้เป็นผู้ที่สามารถแก้ปัญหาด้วยตนเอง เข้าใจการเรียนรู้ และขับเคลื่อนการเรียนรู้ของตนเองให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ (Bybee, 2013) ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องการคนที่มีสมรรถนะ (Competency) ที่จะขับเคลื่อนประเทศให้ก้าวต่อไปในสังคมโลกาภิวัตน์ รัฐบาลจึงได้มีนโยบายในการส่งเสริมและพัฒนาการศึกษาเพื่อให้นักเรียนมีสมรรถนะโดยเฉพาะในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (Science, Mathematics and Technology, SMT) การจัดการเรียนรู้มีความมุ่งหวังให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างหรือพัฒนาสิ่งที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในโลกปัจจุบัน รวมทั้งนำไปสู่การแข่งขันในระดับโลก การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีมาช่วยสร้างสรรค์งาน (The Institute of the Promotion of Teaching Science and Technology] IPST, 2018) แต่อย่างไรก็ตาม เหนือสิ่งอื่นใด การนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้จะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวิธีคิดและเรียนรู้ที่จะคิด (Ways of knowing) การรู้จักวิธีการหาความรู้ กระหายใคร่รู้และพยายามพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา สิ่งเหล่านี้สำคัญกว่าความรู้ นักเรียนต้องรู้จักใช้ความรู้มาใช้แก้ปัญหาและทำให้เกิดประโยชน์

ในการพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีโจทย์ที่ท้าทายคือจะทำอย่างไรให้ครูสามารถออกแบบและปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนโดยเฉพาะด้านการคิดขั้นสูงอย่างแท้จริง โดยให้สามารถออกแบบกิจกรรมด้วยตนเองให้เหมาะกับเนื้อหา บริบทและธรรมชาติของนักเรียน ความสามารถดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Berry, Loughran, and van Driel (2008) Barendsen and Henze (2019) และ Shulman (1986) ที่กล่าวถึงความสามารถในการผนวกความรู้ในเนื้อหา (Content knowledge) เข้ากับวิธีสอน (Pedagogical knowledge) รวมเป็นความรู้ในเนื้อหาผสานวิธีสอน (Pedagogical Content Knowledge) หรือ PCK ความรู้นี้สะท้อนถึงความสามารถของครูที่จะถ่ายทอดความรู้ ทักษะ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ให้เหมาะสมกับธรรมชาติและบริบทของผู้เรียน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิชาชีพครูเป็นวิชาชีพที่ต้องเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา แต่ระบบการพัฒนาครูประจำการ ปัจจุบันมักเป็นโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูที่เกิดขึ้นจากความต้องการของหน่วยงานราชการหรือสถาบันการศึกษา เป็นลักษณะการสั่งจากหน่วยงานบังคับบัญชาลงสู่ปฏิบัติหรือ Top-down มากกว่าพิจารณาปัญหาและความต้องการของครู รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในโรงเรียน จึงอาจทำให้โปรแกรมดังกล่าวไม่สามารถทำให้ครูมองเห็นความเชื่อมโยงว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้สามารถใช้ได้ในสถานการณ์จริง ครูยังไม่เปลี่ยนแปลงความเชื่อหรือความรู้เดิมเกี่ยวกับการสอน (Bell and Gilbert, 2005; Karlsen, 2022; Tan, Liu, and Low, 2012) ซึ่งเรามักจะได้ยินบ่อยครั้งว่ากิจกรรมที่ได้เรียนรู้จากโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูนั้นเป็นกิจกรรมที่ดี แต่หากนำไปใช้ในสถานการณ์จริงแล้ว ไม่สามารถใช้ได้กับนักเรียนของตน เพราะนักเรียนของตนมีความแตกต่างจากตัวอย่างมาก นอกจากนี้โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูจัดเพียงระยะสั้น ๆ จึงยากต่อการที่จะทำให้ครูปรับเปลี่ยนแนวคิดและความเชื่อเกี่ยวกับการสอน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้อาจต้องใช้เวลา

การนำชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ (Professional learning community) (Akerson, *et al*., 2017; Carmi, Guberman and Brandeis, 2022) ที่เน้นการสืบเสาะจึงเป็นทางเลือกหนึ่งเพราะการพัฒนาวิชาชีพครูในลักษณะนี้เป็นการพัฒนากระบวนการคิดและความสามารถในพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง โดยการจะทำให้ครูมี 1) จิตสืบเสาะ (Inquiry mind) คือ เป็นคนที่ช่างสังเกต ตั้งคำถาม สืบเสาะหาคำตอบ สรุปข้อมูลที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน และอภิปรายข้อสรุปของตนด้วยเหตุด้วยผลและหลักฐาน ครูต้องสังเกตการเรียนรู้ของผู้เรียน พฤติกรรมของผู้เรียนอย่างละเอียด ตั้งคำถามเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่าผู้เรียนเรียนรู้หรือไม่ เรียนรู้ได้อย่างไร หากนักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้ จะมีวิธีอย่างไรที่จะทำให้เขาเกิดการเรียนรู้ แล้วจะรู้ได้อย่างไรว่าเขาเกิดการเรียนรู้ อะไรคือหลักฐานของการเรียนรู้ของนักเรียน หากสามารถสร้างคุณลักษณะเช่นนี้ให้กับครูจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับห้องเรียน เกิดการเปลี่ยนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง (Cochran-Smith and Lytle, 1993) 2) การสะท้อนคิด (Reflective thinking) ครูคือผู้ที่เรียนรู้ตลอดเวลา สะท้อนคิดว่าตนมีจุดเด่นจุดด้อยอะไรบ้าง ควรจะปรับปรุงการสอนอย่างไร ครูที่ควรเป็นนักปฏิบัติที่มีการสะท้อนคิด (Reflective practitioner) (Anderson, 2019; Schön, 1983) และ 3) การทำงานร่วมกับผู้อื่นเพื่อพัฒนาวิชาชีพ (Collaborative skills) ทักษะนี้จำเป็นในการพัฒนาความรู้ความสามารถในการสอน รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะทางสังคม ทักษะการสื่อสาร การยอมรับความคิดของผู้อื่น การเปิดใจยอมรับ กล้าที่จะเสนอแนะย้อนกลับอย่างมีเหตุผล กล้าที่จะนำเสนอความคิดของต่อสาธารณะ สิ่งเหล่านี้จะส่งเสริมทำให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Learning community) (Lewis and Hurd, 2011; Zeichner, 2007)

คุณลักษณะที่กล่าวมาทั้งหมดจะเกิดขึ้นได้หากขับเคลื่อนโดยชุมชนการเรียนรู้ของครู โดยกระบวนเหล่านี้จะต้องให้ครูรู้จักค้นหาวิธีการเรียนรู้ของตน ให้เขาวางแผนและปรับการสอนตลอดเวลา การสอนควรเป็นระบบและมีการวางแผนล่วงหน้าเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นเพื่อเน้นให้เกิดองค์ความรู้ ผ่านการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ร่วมกันสร้างองค์ความรู้ของตนเองและพัฒนา

ความเชื่อโดยผ่านการสร้างคำถาม วางแผน เก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์และการสอนของตนเอง จะนำไปสู่การเรียนรู้และการปฏิบัติการสอนของครู และกิจกรรมดังกล่าวจะเกิดขึ้นในเชิงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดและการปฏิบัติการสอนของตนร่วมกับผู้อื่น

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงดำเนินโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาสมรรถนะการสอนของครูวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ โดยมุ่งศึกษาวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาสรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง (Panyanukit, 2019; Zohar, 2004) รวมทั้งกระบวนการและกลไกของวิธีดำเนินการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพว่ามีลักษณะอย่างไร

คำถามวิจัย

คำถามวิจัยหลักคือ กระบวนการ ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ มีลักษณะอย่างไรที่สามารถส่งเสริมสมรรถนะของในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูงโดยมีคำถามย่อยดังต่อไปนี้

1. กระบวนการและกลไกของระบบของชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพมีลักษณะอย่างไรที่สามารถพัฒนาให้ครูมีสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง

2. สมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูงเป็นอย่างไรเมื่อเข้าร่วมกระบวนการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ

กรอบแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ตั้งอยู่ในความเชื่อตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) (Tobin, Tippins, and Gallard, 1994) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ของตนเองและผู้เรียนมีความรู้เดิมมาก่อน การจัดกระบวนการเรียนรู้จึงเป็นการสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์และความรู้เดิม การเรียนรู้ของผู้เรียนยังเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในบริบทและสถานการณ์จริง ดังนั้นการเรียนรู้ของครูผู้สอนในชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพก็เช่นเดียวกัน โดยการวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดย่อยอยู่ 5 แนวคิด ดังต่อไปนี้

1. จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind/Research mind/Inquiring mind) ครูที่มีจิตวิทยาศาสตร์คือครูที่ช่างสังเกตตั้งคำถาม สืบเสาะหาคำตอบ สรุปข้อมูลที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐาน และอภิปรายข้อสรุปของตนด้วยเหตุด้วยผลและหลักฐาน ครูต้องสังเกตการณ์เรียนรู้ของผู้เรียน พฤติกรรมของผู้เรียนอย่างละเอียด ตั้งคำถามเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่าเขาเรียนรู้หรือไม่เรียนรู้ได้อย่างไร หากนักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้ จะมีวิธีอย่างไรที่จะทำให้เขาเกิดการเรียนรู้ แล้วจะรู้ได้อย่างไรว่าเขาเกิดการเรียนรู้ อะไรคือหลักฐานของการเรียนรู้ของนักเรียน หากเราสามารถสร้างคุณลักษณะเช่นนี้ก็น่าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับห้องเรียน เปลี่ยนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง เปลี่ยนการสอนและความเชื่อของครู ทำให้เกิดบรรยากาศห้องเรียนและโรงเรียนคือชุมชนการเรียนรู้ (School as learning community) และครูต้องเป็นผู้วิจัย (Teacher as a researcher) (Clarke and Erickson, 2003; McNiff, 1993) อยู่ตลอดเวลา ค้นหาวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนและการสอนของตน และพร้อมที่จะออกแบบและปรับปรุงการสอนของตนเอง

2. การสะท้อนคิด (Reflective thinking) คุณลักษณะอีกอย่างหนึ่งของการเป็นครูคือการเป็นน้ำไม่เต็มแก้ว พร้อมที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา สิ่งที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดเวลาคือ การสะท้อนคิดของตนเอง การมองย้อนกลับมาที่ความเชื่อและการปฏิบัติของตนเองว่าตนเองสอนเป็นอย่างไร มีอะไรบ้างที่เป็นจุดเด่นและจุดที่ควรจะปรับปรุง การเป็นครูที่ดีต้องเป็นนักปฏิบัติที่มีการสะท้อนคิด (Teacher as reflective practitioner) (Anderson, 2019; Schön, 1983; 2017) การสะท้อนความคิดของตนเองเป็นวิธีที่มุ่งให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทราบแนวคิดของตนเอง และเมื่อทราบแนวคิดของตนเองแล้วจะสามารถเปรียบเทียบว่าแนวคิดของตนเองเหมือนหรือแตกต่างจากแนวคิดของคนอื่นอย่างไร และควรจะปรับแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดที่ยอมรับในปัจจุบันอย่างไร

3. การเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ (Ways of knowing) ครูจำเป็นต้องคิดและเรียนรู้เกี่ยวกับ ความรู้ (epistemological beliefs) (Clarke and Erickson, 2003; Cochran-Smith and Lytle, 1993) นั่นคือต้องรู้ว่าความรู้คืออะไร ความรู้ได้มาอย่างไร และวิธีการเรียนรู้ของตนเองเป็นอย่างไร ต้องเข้าใจตนเองรวมทั้งเข้าใจนักเรียน สิ่งนี้จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูรู้ว่าตัวเองรู้อะไร และจะหาคำตอบอย่างไร ลักษณะและความคิดเหล่านี้น่าจะได้ถ่ายทอดลงไปสู่นักเรียนในชั้นเรียนด้วย

4. สมรรถนะการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะ (Pedagogical Content Knowledge, PCK) (Berry, Loughran, and van Driel, 2008; Gess-Newsome, 2015; Shulman, 1986) ความสามารถดังกล่าวคือการที่ครูมีความสามารถในการผนวกความรู้ในเนื้อหา (content knowledge) เข้ากับวิธีสอน (pedagogical knowledge) ความรู้นี้เป็นความรู้ที่มีความเฉพาะกับ

บริบทและธรรมชาติของผู้เรียน และเป็นการรวมเอาทั้งความรู้ทั้งจิตวิทยา หลักสูตร การสอน การวัดประเมินผลการเรียนรู้เข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่การถ่ายทอดความรู้หรือการจัดประสบการณ์ในเนื้อหาที่เฉพาะให้กับผู้เรียนในบริบทที่เฉพาะ (Hanuscin, Cisterna and Lipsitz, 2018)

5. การทำงานร่วมกับผู้อื่นเพื่อพัฒนาวิชาชีพ (Collaborative skills) ทักษะนี้เป็นทักษะที่จำเป็นในการพัฒนาความรู้ความสามารถในการสอน หากนิสิตรู้จักในการทำงานกับผู้อื่น มีทักษะทางสังคม ทักษะการสื่อสาร การยอมรับความคิดของผู้อื่น การเปิดใจยอมรับ การกล้าที่จะให้ข้อเสนอแนะย้อนกลับอย่างมีเหตุผล การกล้าที่จะนำเสนอความคิดของตนเองต่อสาธารณะ สิ่งเหล่านี้น่าจะส่งเสริมทำให้เกิดชุมชนการเรียนรู้ (Learning community) (Carmi, Guberman and Brandeis, 2022; Dudley, 2011) และเมื่อเขาจบจากหลักสูตรการผลิตครูไปเป็นครูประจำการ ทักษะนี้ก็จะติดตัวทำให้เขาเรียนรู้ในสังคมใหม่และพัฒนาตนเองตลอดเวลา เกิดการเรียนรู้ในวิชาชีพตลอดเวลา (Continuing Professional Development, CPD)

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและกลไกของระบบ ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ และ สมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูงโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยของกลุ่มตีความ (Interpretivist) (Creswell and Miller, 2000) มองว่าความจริงในโลกนี้สามารถเข้าใจได้โดยการตีความและสร้างขึ้นจากความคิดภายในของมนุษย์

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาคือ ครูวิทยาศาสตร์จำนวน 10 คนจาก 3 โรงเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่

โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) (ใช้ชื่อสมมติว่า DW) มีครูเข้าร่วมวิจัยจำนวน 4 คน คือ DW1 DW2 DW3 และ DW4

โรงเรียนสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ใช้ชื่อสมมติว่า SB) มีครูเข้าร่วมวิจัยจำนวน 4 คน คือ SB1 SB2 SB3 และ SB4

โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) (ใช้ชื่อสมมติว่า PY) มีครูเข้าร่วมวิจัยจำนวน 2 คน คือ PY1 และ PY2

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์กลุ่ม แผนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มที่ศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวมรวบข้อมูล 4 ครั้งต่อโรงเรียน ใช้เวลา 6 เดือน (ระหว่างเดือนมิถุนายน – ธันวาคม 2563)

1. การสังเกตและการบันทึกภาคสนาม ผู้วิจัยทำการสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพและประชุมปฏิบัติการทุกครั้ง โดยผู้วิจัยทำหน้าที่ในฐานะผู้สังเกตอย่างมีส่วนร่วม ผู้วิจัยจดบันทึกเหตุการณ์และบันทึกเทปการสนทนาระหว่างการประชุมสัมมนาทุกครั้ง โดยการสังเกตมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเหตุการณ์ พฤติกรรม และความรู้สึก รวมทั้งความรู้ความเข้าใจของผู้กลุ่มที่ศึกษา ซึ่งจะใช้ถ่ายวิดีทัศน์ร่วมด้วย

2. การสัมภาษณ์ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่มและเดี่ยวก่อนหรือหลังจากการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ ทั้งนี้การสัมภาษณ์มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสิ่งที่ได้เรียนรู้และกระบวนการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ รวมทั้งปัจจัยที่เป็นอุปสรรคหรือสนับสนุนการดำเนินการ ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ

3. แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้วัดสมรรถนะของกลุ่มที่ศึกษาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง

การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยด้วยวิธี Constant comparative method โดยนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกเทปวิดีทัศน์มาถอดเทป บันทึกภาคสนามที่ได้จากการสังเกต รวมทั้งแบบสัมภาษณ์แล้ว การวิเคราะห์เริ่มจากอ่านข้อมูล ตีความ สร้างรหัส และสร้างข้อสรุป

สำหรับสมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง วิเคราะห์โดยผ่านกรอบแนวคิดของความรู้เกี่ยวกับวิธีสอนในเนื้อหาวิชาเฉพาะ มุ่งเน้นด้านการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Pedagogy Content Knowledge for Teaching Higher-Order Thinking, PCK for HOTs) (ปรับรูบริคการประเมินระดับสมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง จากงานของ Hanuscin, Cisterna and Lipsitz (2018) จากแนวคิดข้างต้นจึงจำแนกสมรรถนะ ออกเป็น 5 ด้าน คือ

1) เป้าหมายการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง
2) การเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกี่ยวกับทักษะการคิดขั้นสูง

3) กลยุทธ์และการออกแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง
4) การใช้หลักสูตรเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง
5) การประเมินระหว่างการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

นอกจากนี้ยังใช้เกณฑ์การประเมินกลยุทธ์การใช้ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพร่วมด้วยเพื่อพิจารณากระบวนการชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพว่ามีระบบและกลไกอย่างไร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินกลยุทธ์การใช้ชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ

เกณฑ์การประเมิน	คำอธิบายพฤติกรรมบ่งชี้	การให้คะแนน		
		0 (ต้องปรับปรุง)	1 (พอใช้)	2 (ดี)
1. กลุ่มครูสามารถสร้างชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากประสบการณ์การจัดการสอนวิทยาศาสตร์	ครูที่เข้าร่วมในชุมชนฯ แสดงบทบาทในการสะท้อนสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้จากการนำเอาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชั้นเรียน สามารถสะท้อนให้เห็นข้อดี ข้อผิดพลาด ข้อควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ได้ เพื่อเป็นประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ของครู และเพื่อนครูในโอกาสข้างหน้า	ครูไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่สะท้อนการจัดกิจกรรม ทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ในข้อดีข้อปรับปรุงเพื่อนำมาเป็นประสบการณ์สำหรับทุกคนได้ดีเท่าที่ควร	ครูมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นทั้งในฐานะผู้มีประสบการณ์การนำไปใช้ ได้อย่างไม่เต็มที่ มีการให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ แต่ไม่ครบในทุกแง่มุมจากกิจกรรมที่ได้ทำไป	ครูทุกคนมีบทบาทร่วมในการแสดงความคิดเห็นทั้งในฐานะผู้มีประสบการณ์การนำไปใช้ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ระหว่างกัน มีการให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ทั้งข้อดีและข้อควรปรับปรุงเพื่อเป็นประสบการณ์
2. กลุ่มครูสามารถถอดบทเรียนสร้างข้อสรุป เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคต	ครูทุกคนสามารถอภิปรายให้ข้อสรุป สะท้อนบทเรียนจากการเรียนรู้ในฐานะผู้มีประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ ออกมาเป็นแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ได้	ครูไม่สามารถสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ได้	ครูทุกคนสามารถสร้างข้อสรุปที่เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน แต่ขาดประเด็นบางประเด็นไป ซึ่งอาจเป็นประเด็นสำคัญที่มีส่วนทำให้การจัดการเรียนรู้สำเร็จหรือไม่สำเร็จ	ครูทุกคนสามารถสร้างข้อสรุปที่เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนอย่างสมบูรณ์ในทุกมิติ มีการจำแนกออกเป็นหัวข้อต่างๆ ที่ได้เรียนรู้

นอกจากนี้ *ระบบการพัฒนาชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพเป็นกระบวนการที่มีลักษณะเป็นวงจรปฏิบัติอย่างต่อเนื่องโดยใช้การศึกษาบทเรียนร่วมกันในการพัฒนาการการคิดขั้นสูงของนักเรียน* เป็นอีกข้อค้นพบของคำถามวิจัยข้อที่ 1 โดยหัวใจสำคัญของการศึกษาบทเรียนร่วมกันคือการร่วมกันสืบเสาะหาความรู้ระหว่างครูด้วยกันด้วยการพัฒนาบทเรียนเพื่อแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ทั้ง 3 โรงเรียนพิจารณาและเลือกการคิดวิเคราะห์ที่เป็นหนึ่งในการคิดขั้นสูงในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าการคิดวิเคราะห์เป็นการคิดขั้นสูงที่มีความไม่ยากจนเกินไป และครูพบเจอบ่อยในข้อสอบระดับชาติและการสอนปกติ อย่างไรก็ตาม เมื่อดำเนินการวิจัยกลับพบว่า ครูไม่ได้เข้าใจความหมายของการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง ทำให้ยากในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงช่วยเหลือครูโดยดำเนินการตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 1 ที่เริ่มจากการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อให้เข้าใจการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้งเพื่อให้ทุกคนที่พื้นฐานแตกต่างกันได้เข้าใจร่วมกัน และร่วมกันวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

ให้เน้นที่การคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ครูเห็นความสำคัญกับการศึกษาเอกสารร่วมกันเพื่อให้เข้าใจสิ่งที่ต้องการพัฒนานักเรียนอย่างลึกซึ้ง (Lewis and Tsuchida, 1998; Dudley, 2011) โดยเฉพาะการทำความเข้าใจกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของนักเรียน พฤติกรรมที่ควรจะเป็น หรือตัวบ่งชี้ต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง ผลของความเข้าใจดังกล่าว นอกจากจะทำให้ครูสามารถออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนแล้วยังทำให้ครูสามารถวัดและประเมินผลนักเรียนได้ ทั้งการประเมินขณะเรียนและประเมินหลังจัดการเรียนรู้

อีกทั้งการใช้กลยุทธ์การศึกษาบทเรียนทำให้ครูเห็นความสำคัญที่การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นหลัก ไม่ใช่การสอนของครู (Lewis and Tsuchida, 1998; Dudley, 2011) ได้แก่ การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน การสังเกตชั้นเรียนและการสะท้อนหลังสอนที่พิจารณาที่หลักฐาน เช่น ใบงาน หรือชิ้นงานของนักเรียน จากการสัมภาษณ์ครู WD4 พบว่า การทำชุมชนการเรียนรู้ ทำให้ครูเรียนรู้ว่า การสังเกตชั้นเรียนไม่ใช่เป็นการจับผิดครู แต่เป็นการสังเกตการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้ตนเองสบายใจในการสอน ในแง่ของการสะท้อนหลังสอนพบว่า ในช่วงแรกครูจะสะท้อนการสอนตัวเองเป็นหลัก แต่ระยะหลังครูใช้หลักฐานของนักเรียนมาพิจารณาในการสะท้อนผลการสอนของตนเองมากขึ้น ส่วนหนึ่งผู้วิจัยได้ให้เครื่องมือหรือชุดคำถามที่เป็นแนวทางในการพูดคุยกันในวงสนทนาชุมชนการเรียนรู้ เช่น “มีนักเรียนคนใดที่มีการคิดวิเคราะห์ได้ดี หรือมีนักเรียนคนใดที่ยังมีปัญหาในการวิเคราะห์ เขาทำอย่างไร เพราะเหตุใด” หรือ “มีอะไรบ้างที่ทำให้การสอนประสบความสำเร็จ สังเกตจากอะไรมีหลักฐานใดบ้าง เพราะอะไรจึงทำให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์” เป็นต้น ซึ่งการสะท้อนที่พิจารณาโดยใช้หลักฐานของนักเรียนในการสนับสนุนการสอนจะทำให้ครูเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติการสอนของตัวเอง หรือพัฒนาบทเรียน/แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ดังนั้นจากผลการวิจัยดังกล่าว กลุ่มผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ใช้กลยุทธ์การศึกษาบทเรียนร่วมกันมาเป็นฟันเฟืองในการขับเคลื่อนการทำชุมชนการเรียนรู้ และการให้เครื่องมือหรือชุดคำถามในวงสนทนาชุมชนการเรียนรู้ ช่วยทำให้ครูสังเกตชั้นเรียนและสะท้อนหลังสอนที่เน้นการเรียนรู้ของนักเรียน

การสะท้อนความคิดเป็นเครื่องมือสำคัญที่ทำให้ครูมีความเป็นมืออาชีพและเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้ครูเปลี่ยนแปลงการสอนของตนเอง (Leitch and Day, 2000) การสะท้อนในงานวิจัยนี้จะเน้นไปที่การสะท้อนหลังสอน (Reflection on action) ซึ่งเป็นการวิพากษ์การสอนของตัวเอง โดยมองย้อนกลับไปที่การสอนตัวเอง และคิดวิพากษ์ตัวเองว่าการสอนดีของตัวเองดีหรือไม่ดีอย่างไร เพราะอะไร หลักฐานอยู่ตรงไหน (Schön, 2017) โดยหลักฐานในที่นี้คือหลักฐานจากนักเรียนดังที่กล่าวไว้ข้างต้น อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยพบว่า ช่วงแรกครูจะไม่กล้าสะท้อนความคิด แต่เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า ครูกล้าที่จะสะท้อนความคิดมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ให้ชุดคำถามที่ช่วยสะท้อนหลังสอนให้กับครู อีกทั้งการมีเป้าหมายการสะท้อนที่ปรากฏชัดในผู้เรียน ช่วยลดแรงเสียดทาน การกล่าวโทษหรือก่อให้เกิดความรู้สึกผิดหรือความรู้สึกไม่ประสบความสำเร็จในผู้สอน แต่กลับปรากฏถึงความท้าทายที่ครูสมาชิกแต่ละชุมชนอยากจะพัฒนาตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุเป้าหมายตามที่ตนเองมุ่งหวังไว้ (Carlson and Daehler, 2019) ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของการวิพากษ์ผ่านชุมชนการเรียนรู้ที่ตนเองสามารถสะท้อนการปฏิบัติของทั้งตนเองและมีส่วนร่วมในการสะท้อนการปฏิบัติของสมาชิกท่านอื่น ๆ ทำให้ทุกคนเข้าใจร่วมกันว่าอำนาจในการกำกับดูแล (authority) การขับเคลื่อนชุมชนการเรียนรู้นั้นไม่ใช่ของใครคนใดคนหนึ่ง แต่ทุกคนมีความเท่าเทียมในการพัฒนาตนเองไปพร้อมกับสมาชิกชุมชนท่านอื่น ๆ ได้ (Lewis, *et al.*, 2014) กลุ่มผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มุ่งเน้นการพัฒนาการสะท้อนคิดให้ครูในสมาชิกชุมชนการเรียนรู้ ไม่ใช่เพียงแค่คุณภาพการสะท้อนคิด แต่ยังเป็นการสร้างความตระหนักรู้ในเป้าหมายของการสะท้อนคิด และ การเข้าถึงสิทธิความเท่าเทียมในการออกเสียงและสะท้อนคิดร่วมกับผู้อื่น

ภาพที่ 1 กลยุทธ์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มของครูสมาชิกในชุมชนการเรียนรู้

คำถามวิจัยข้อที่ 2 สมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดขั้นสูงของครูเป็นอย่างไร เมื่อเข้าร่วมกระบวนการชุมชนการเรียนรู้
สมรรถนะการจัดการจัดการเรียนรู้ของสมาชิกในชุมชนการเรียนรู้สามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้นร่วมกันด้วยเงื่อนไขความสัมพันธ์ในการปฏิบัติวิชาชีพ

ในการศึกษาครั้งนี้พบความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างชุมชนการเรียนรู้ DW ที่สมาชิก ครูDW1 และ ครูDW2 มีระดับสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการคิดขึ้นสูง 3 ด้าน อยู่ในระดับเดียวกัน (ระดับ 3) คือ ด้านความรู้เกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียน กลยุทธ์และการออกแบบการสอน และ การใช้หลักสูตรหรือวัสดุหลักสูตร ในขณะที่ 2 ด้านที่เหลือ คือ เป้าหมายในการสอน และ การประเมินระหว่างการสอน พบว่าครู DW1 อยู่ในระดับที่สูงกว่าครู DW2 หนึ่งขั้น เนื่องมาจากครู DW1 มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์และการเข้าร่วมอบรมเพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาชุมชนการเรียนรู้รวมถึงการคิดขั้นสูงก่อนครู DW2 เช่นนั้นแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่าง ครูDW1 และ ครูDW2 ที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้และสะท้อนการปฏิบัติงานทั้งระหว่างกระบวนการชุมชนการเรียนรู้ทั้งที่มีผู้เชี่ยวชาญอยู่ด้วย หรือ ไม่มีผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมด้วย ในขณะที่ชุมชนการเรียนรู้ PY ที่สมาชิก ครูPY1 และ ครูPY2 มีระดับสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการคิดขั้นสูงแตกต่างกันในทุก ๆ ด้าน (ครู PY1 มีระดับสมรรถนะการจัดการเรียนรู้สูงกว่าครู PY2 ในทุกด้าน) ที่นอกเหนือจากระยะเวลาที่แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันผ่านกระบวนการชุมชนการเรียนรู้เฉพาะเวลาที่มีผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมด้วย อาจเป็นเพราะความแตกต่างของช่วงอายุ ประสบการณ์สอน ระดับชั้นที่สอน และ ภูมิหลังทางการศึกษา (ครูPY1 จบด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยตรง ในขณะที่ครู PY2 ไม่ได้จบด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยตรง) ดังนั้นเพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดขั้นสูงของครูสมาชิกชุมชนการเรียนรู้ สามารถเพิ่มกลยุทธ์ที่ช่วยกระชับความแตกต่างด้านภูมิหลัง เพื่อย่นระยะความแตกต่างและหลากหลายภูมิหลังของสมาชิกให้อยู่บนความเข้าใจที่ตรงกัน เพื่อเปิดโอกาสการกระชับความสัมพันธ์และสนับสนุนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งในระยะเวลาชุมชนการเรียนรู้ที่มีหรือไม่มีผู้เชี่ยวชาญอยู่ด้วย และยกระดับสมรรถนะการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มของสมาชิกในชุมชนและคาดว่ากรณีตัวอย่างของครู PY2 ที่ไม่ได้มีภูมิหลังการศึกษาด้านการสอนวิทยาศาสตร์โดยตรง จะสามารถสื่อความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์เบื้องต้น ที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นเด็กเล็กเพื่อเป็นการเริ่มต้นจากการเข้าร่วมชุมชนการเรียนรู้ได้ ไม่ว่าจะเป็นการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้สืบเสาะ หรือ การสอนวิทยาศาสตร์อย่างที่เป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้จากงานวิจัยพบว่า *ความรู้เกี่ยวกับเป้าหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ช่วยให้ครูสมาชิกสอนวิทยาศาสตร์ทั้งด้านเนื้อหาและกระบวนการเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง* ครูสมาชิกจากทุกชุมชนมีระดับสมรรถนะการสอนด้านความเข้าใจเกี่ยวกับผู้เรียน กลยุทธ์และวิธีการออกแบบการสอน หลักสูตรและวัสดุหลักสูตร อยู่ในระดับที่สูง พร้อมที่จะต่อยอดเพื่อพัฒนาและยกระดับการคิดขั้นสูงของผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการสอน และ การประเมินระหว่างสอน ยังอยู่ในระดับที่ไม่สูงนัก ทั้งนี้เนื่องจาก ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ สืบเนื่องมาจากภูมิหลังเกี่ยวกับการศึกษาของครูสมาชิก สืบเนื่องไปถึงความเชื่อของครูสมาชิกในแต่ละชุมชนการเรียนรู้ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาอันสั้น เพราะการสอนวิทยาศาสตร์นั้นประกอบไปด้วย การสอนเนื้อหาความรู้ควบคู่กับการสอนกระบวนการคิดและกระบวนการปฏิบัติ เช่น กระบวนการสืบเสาะ หรือ การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เช่นนั้นแล้ว คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอเพื่อช่วยสนับสนุนให้การเริ่มต้นของแต่ละชุมชนการเรียนรู้ การตรวจสอบและเตรียมพื้นฐานของเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์จัดเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะสืบเนื่องไปยังการออกแบบการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงได้ในที่สุด (Park and Oliver, 2008) กล่าวคือ หากครูสมาชิกมีความเข้าใจในเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์แล้ว ครูสมาชิกชุมชนการเรียนรู้จะได้ฝึกฝนการวิเคราะห์เนื้อหาหรือแนวคิดสำคัญทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึก และอาจตั้งคำถามหรือสร้างลำดับกิจกรรมที่เหมาะสมมากขึ้นในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงบนเนื้อหาเดิม ด้วยผลลัพธ์ที่ต่างออกไปจากการที่ยังไม่เข้าใจเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์มากนัก

สืบเนื่องไปสู่การพัฒนาระดับสมรรถนะด้านการประเมินที่พบถึงการสะท้อนคิดในด้านนี้น้อยที่สุด *ความเข้าใจธรรมชาติและเป้าหมายของการประเมินจะช่วยให้ครูสมาชิกเลือกใช้การประเมินได้อย่างเหมาะสม* ในทุกชุมชนการเรียนรู้ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการประเมินรวบยอด (summative assessment) เป็นการประเมินหลัก จึงทำให้มองข้ามเกี่ยวกับการออกแบบการประเมินทักษะการคิดขั้นสูงระหว่างเรียน (formative assessment) ดังเช่นบทสัมภาษณ์ที่สะท้อนถึงความกังวลและสับสนของสมาชิกหลายท่านเกี่ยวกับการออกแบบการประเมินว่าจะประเมินเนื้อหาสาระสำคัญทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการประเมินทักษะการคิดขั้นสูงอย่างไร ทางคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอให้การดำเนินการในชุมชนช่วงเริ่มต้น ให้แสดงถึงประเด็นสำคัญเกี่ยวกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนที่จะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ มาจากการกำหนดและออกแบบการประเมินอย่างเหมาะสม (Morine-Dershimer and Kent, 1999) เมื่อสมาชิกมีความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับการประเมินที่ถูกนับรวมเป็นพื้นฐานของการสอน กระบวนการประเมินจะกลายเป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่สมาชิกแต่ละชุมชนจะหยิบยกมาวิพากษ์และร่วมกันพัฒนาในการวิพากษ์แต่ละครั้ง

สรุปและข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากผลการวิจัยและข้ออภิปรายที่ได้จากการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยขอเสนอกรอบแนวคิดในการพัฒนาชุมชนเพื่อพัฒนาสมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูง ดังแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการพัฒนาชุมชนเพื่อพัฒนาสมรรถนะการสอนทักษะการคิดขั้นสูง

จากผลการวิจัยพบว่าชุมชนการเรียนรู้สามารถริเริ่มและก่อตั้งได้จากความร่วมมือระหว่างผู้อำนวยความสะดวกที่มีความเชี่ยวชาญในการพัฒนาชุมชนการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้คือคณะผู้วิจัยและครูสมาชิกในแต่ละโรงเรียน ในช่วงแรกนั้นผู้อำนวยความสะดวกจะช่วยค้นหาและกำหนดค่านิยมร่วมของชุมชน จัดการประชุมเชิงปฏิบัติเพื่อฝึกฝนสมาชิกในชุมชนทั้งด้านความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติเพื่อสอนทักษะการคิดขั้นสูง และสอดแทรกการเสริมสร้างวัฒนธรรมการส่งเสริมการขับเคลื่อนชุมชนอย่างยั่งยืน ดังที่การวิจัยครั้งนี้ได้เสนอ การเสริมสร้างวัฒนธรรมชุมชนการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วย การเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างสมาชิก (Collaboration) การเสริมสร้างอำนาจหน้าที่ (Authority) การสับเปลี่ยนหมุนเวียนบทบาทในการขับเคลื่อนชุมชน (Roles) และ การสร้างความไว้เนื้อเชื่อใจทั้งระหว่างสมาชิกชุมชนด้วยกันและระหว่างสมาชิกในชุมชนกับผู้อำนวยความสะดวกที่เป็นผู้เชี่ยวชาญภายนอกชุมชน (Trust) เมื่อชุมชนมีความเข้มแข็งแล้ว ผู้อำนวยความสะดวกจะลดบทบาทลงเพื่อให้สมาชิกของชุมชนนั้น ๆ รับหน้าที่ในการขับเคลื่อนชุมชน โดยทีมผู้อำนวยความสะดวกจะมุ่งให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาและยกระดับสมรรถนะการสอนทักษะความคิดขั้นสูงของครูสมาชิก จากการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้การศึกษาบทเรียนร่วมกันมาขับเคลื่อนและสนับสนุนครูสมาชิก จนกระทั่งครูสมาชิกมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนทักษะการคิดขั้นสูงใน 2 มิติ คือ ความชำนาญสำหรับการสอนทักษะการคิดขั้นสูง ที่ประกอบไปด้วย การออกแบบการสอน การประเมิน การปรับปรุงการสอน ทักษะการคิดขั้นสูง และ ความชำนาญในการเป็นสมาชิกชุมชนที่พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ที่ประกอบไปด้วย การรู้เกี่ยวกับทักษะการคิดขั้นสูง การสังเกตที่มุ่งเน้นทักษะการคิดขั้นสูงในชั้นเรียน และ การสะท้อนเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง โดยภาพที่ 2 ได้แสดงถึงแง่มุมความเป็นพลวัตของกรอบแนวคิดของการวิจัยครั้งนี้ ที่ชุมชนการเรียนรู้หมุนขับเคลื่อน ส่งผลให้ระดับสมรรถนะการสอนทักษะการคิดขั้นสูงของครูหมุนขับเคลื่อน และ ผลลัพธ์ที่อยู่บนพื้นฐานของการมีหลักฐานเชิงประจักษ์จากผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้ให้ข้อมูลป้อนกลับในฐานะแกนกลางที่ขับเคลื่อนชุมชนการเรียนรู้ครั้งนี้

อย่างไรก็ตาม กระบวนการพัฒนาชุมชนวิชาชีพเพื่อสมรรถนะของครูในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดขั้นสูงในงานวิจัยยังมีข้อจำกัดด้านเวลา จึงเสนอแนะว่าควรศึกษาวิจัยเพื่อติดตามสมรรถนะการสอนของครูในระยะเวลาที่ยาวนานกว่านี้เพื่อศึกษาความคงทนของสมรรถนะการสอนรวมทั้งความยั่งยืนของชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ นอกจากนี้ควรศึกษาลงลึกในหลายประเด็นที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของการพัฒนาชุมชนการเรียนรู้วิชาชีพ เช่น ความสามารถในการสะท้อนคิดของครู ทักษะการทำงานร่วมกัน วัฒนธรรมการเรียนรู้ของครู และรวมทั้งความสามารถในการประเมินการเรียนรู้การคิดขั้นสูงของครูที่พบว่าความสามารถด้านนี้ของครูอยู่ในระดับน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนวิจัยและคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ส่งเสริมการทำวิจัยนี้ตลอดโครงการ

เอกสารอ้างอิง

Akerson, V.L., Pongsanon, K., Rogers, M. A. P., Carter, I. and Galindo, E. (2017). Exploring the use of lesson study to develop elementary preservice teachers' pedagogical content knowledge for teaching nature of science. **International Journal of Science and Mathematics Education**, 15(2), 293-312.

Anderson, J. (2019). In search of reflection-in-action: An exploratory study of the interactive reflection of four experienced teachers. **Teaching and Teacher Education. 86**. 1-17. https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.102879

Barendsen, E. and Henze, I. (2019). Relating teacher PCK and teacher practice using classroom observation. **Research in Science Education**, 49, 1141- 1175.

Bell, B. and Gilbert, J. (2005). Teacher Development: A Model from Science Education. **Taylor & Francis e-library**.

Berry, A., Loughran, J. and van Driel, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. **International Journal of Science** Education, 30(10), 1271 – 1279

Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. **NSTA**.

Carmi, T., Guberman, A. and Brandeis, R.C. (2022). PLC tools: promoting learning about learning in a teachers' professional community. **Professional Development Education**. (OnlineFirst).

Clarke, A. and Erickson, G. L. (2003). **Teacher inquiry: Living the research in everyday practice**. New York: Routledge Falmer.

Cochran-Smith, M. and Lytle, S. L. (1993). **Inside/outside: Teacher research and knowledge**. New York: Teachers College Press.

Creswell, J. W. and Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. **Theory into Practice**, 39(3), 124-130.

Dudley P., (2011). Lesson study: a handbook [online]. Lesson Study UK. **Educational Action Research**, 8(1), 179-193.

Hanuscin, D. L., Cisterna, D. and Lipsitz, K. (2018). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching structure and properties of matter. **Journal of Science Teacher Education**, 29(8), 665-692.

Gess-Newsome, J. (2015). A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill Including PCK**.** A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (Eds.), **Re-Examining Pedagogical Content Knowledge In Science Education**, Routledge (2015), pp. 28-42.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). **PISA2015 Assessment of Reading Science and Mathematics Excellence and Educational Equality**. Bangkok: Success Public Company Limited.

Karlsen, A.M. (2022). Investigating teacher learning in Lesson Study: the important link between reported observations and change of plans. **Professional Development in Education**. 48(1), 53-69.

Leitch, R. and Day, C. (2000). Action research and reflective practice: Towards a holistic view. lessons improve Japanese education. **American Educator**, 22(4), 179 – 183.

Lewis, C. and J. Hurd. (2011). Lesson Study Step by Step: How Teacher Learning Communities Improve Instruction. Portsmouth, NH: Heinemann.

Lewis, C. C., and Tsuchida, I. (1998). A lesson is like a swiftly flowing river: How research lessons improve Japanese education. **Improving School**, 2(1), 48 – 56.

Lewis, E.B., Baker, D.R., Bueno Watts, N. and Lang, M. (2014). A professional learning community activity for science teachers: How to incorporate discourse-rich instructional strategies into science lessons. **Science Educator**, 23(1), 1-9.

Panyanukit, P. (2019). **Developing Grade-11 Students' Critical Thinking Skills Using 6-Es Inquiry Integrated STEM Activity on The Fossil Fuels and Productions Topic**. Thesis: Master of Education (Science Education), Kasetsart University.

McNiff, J. (1993). Teaching as learning: An action research approach. London: Routledge.

Morine-Dershimer, G., and Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers´ pedagogical knowledge. In: Gess-Newsome, J.; Lederman, N.G. (Eds.) Examining Pedagogical Content Knowledge, Dordrecht, **The Netherlands: Kluwer Academic Publishers**, pp. 21-50.

Park, S. and Oliver, J.S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals, **Research in Science Education**, 38(3), 261-284.

Schön, D.A. (2017). **The reflective practitioner: How professionals think in action**. Routledge.

Schön, D.A. (1983). The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. New York: Basic Books.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, 15(2), 4-14.

Tan, O.S., Liu, W.C., and Low, E.L. (2012). Educational reforms and teacher education innovations in Singapore. In O. S. Tan (Ed.), **Teacher education frontiers: International perspectives on policy and practice for building new teacher competencies** (pp. 71–91). Singapore: Cengage Learning Asia.

Tobin, K., Tippins, D.J. and Gallard, A.J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D.L. Gabel. (Ed.). **Handbook of research on science teaching and learning**. New York: Macmillan.

Zeichner, K. (2007). Accumulating knowledge across self-studies in teacher education. **Journal of Teacher Education**, 58(1), 36 – 46.

Zohar, A. (2004). **Higher order thinking in science classrooms: Students' learning and teachers' professional development**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.8
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566): 74 - 90

บทความวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ดวงใจ โชว์ทะเล[1] พีรพงศ์ บุญฤกษ์[1,*] ศุภษิกานต์ ลบบำรุง[1] นุสรา มูหะหมัด[1] และกมณรัตน์ นทีสินทรัพย์[1]
[1]โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร
**Email: pheeraphong@pnru.ac.th*

รับบทความ: 22 เมษายน 2565 แก้ไขบทความ: 5 กรกฎาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 6 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ในปัจจุบันต้องสามารถนำองค์ความรู้มาบูรณาการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคมตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ผู้วิจัยจึงจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมให้นักเรียนได้สร้างนวัตกรรมเกี่ยวกับพลังงานความร้อน โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม 2) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียน และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์รายหน่วยเรื่อง พลังงานความร้อน ระยะเวลา 9 ชั่วโมง แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมและแบบประเมินความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม จำนวน 40 คน การจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละนักเรียนทำให้นักเรียนแต่ละห้องมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติทดสอบทีในการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.94) 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การเรียนแบบออนไลน์ สะเต็มศึกษา การคิดเชิงวิศวกรรม ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

Research Article

The Effect of online learning using STEM education integrated engineering thinking on innovative thinking skill of grade-7 students at Wat Phrasrimahadhat Secondary Demonstration School

Duangjai Showtale[1] Pheeraphong Bunroek[1,*] Suphasikant Lobbumrung[1] Nussara Muhamad[1] and Kamonrat Nateesinsub[1]

[1]Wat Phrasrimahadhat Secondary Demonstration School, College of Teacher Education, Phranakhorn Rajabhat University, Bangkok

**Email: pheeraphong@pnru.ac.th*

Received <22 April 2022>; Revised <5 July 2022>; Accepted <6 August 2022>

Abstract

In today's learning, students must be able to integrate the body of knowledge to create innovations to meet the needs of society as the 20-year national strategy. Therefore, the researcher provided online learning by using STEM education integrated engineering thinking for students to create innovations in thermal energy. The objectives of this research were 1) to study and create an online learning management plan, 2) to study students' innovative thinking skills, and 3) to study the satisfaction of online learning with STEM Integrated engineering thinking. The research tools were the online learning management plan in thermal energy for 9 hours, innovation thinking skills assessment, and satisfaction assessment. The sample consisted of 40 grade-7 students obtained by cluster random sampling from four classrooms of 2nd semester, academic year 2021. The data were analyzed by descriptive statistics and T-test dependent. The research results revealed that 1) the quality of the learning management plan had an average of 4.94, interpreting the learning management plan as the most appropriate, 2) the post-instruction innovative thinking of the grade-7 students who have learned from the STEM education integrated engineering thinking was significantly higher than the pre-instruction at .01 level of statistical significance, and 3) students were satisfied with online learning with the STEM Integrated engineering thinking at the highest level.

Keywords: Online Learning, STEM Education, Engineering Thinking, Innovative Thinking Skill

บทนำ

จากสถานการณ์แพร่ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทั่วโลกในปี 2563 ที่ผ่านมามีจุดเริ่มต้นการระบาดมาจากต่างประเทศ และเริ่มแพร่ระบาดเข้าสู่ประเทศไทยในช่วงต้นปี 2563 และเริ่มแพร่ระบาดสู่พื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย กรมควบคุมโรคได้สรุปยอดผู้ติดเชื้อสะสมจนถึงปัจจุบันวันที่ 9 เมษายน 2565 จำนวน 1,634,911 ราย (Department of disease control, 2022) ทำให้เกิดผลกระทบในหลายด้านทั้งผลกระทบทางด้านการจ้างงาน ผลกระทบด้านการท่องเที่ยวและการบิน ผลกระทบด้านการส่งออก ผลกระทบด้านการศึกษาและผลกระทบด้านสุขภาพ (Rattanasubsiri, 2020) มีการใช้ชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ในด้านต่าง ๆ ทั้งใส่หน้ากากอนามัย ล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ และการเว้นระยะห่างทางสังคม ซึ่งทุกสถานที่และประชาชนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือกับรัฐบาลอย่างเต็มความสามารถ ด้านการศึกษาในปีการศึกษา 2563 และ 2564 ที่ผ่านมามีผลกระทบโดยตรง ทั้งเลื่อนเปิดภาคการศึกษา ปิดสถานศึกษา สลับวันเรียนและให้ทำการเรียนการสอนออนไลน์โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่งมีปัญหาการจัดการเรียนการสอนในช่วงแรก เพราะนักเรียนทุกคนไม่สามารถที่จะเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างเท่าเทียมกันและครูที่ไม่มีความถนัดทางเทคโนโลยีต้องปรับตัวและจำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีใหม่ ๆ ดังนั้นจึงมีการนำเทคโนโลยีในระบบออฟไลน์และออนไลน์มาใช้ร่วมกัน เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ก็ถือว่าเป็นวิธีใหม่ของระบบการศึกษาไทยด้วย

การเรียนออนไลน์ (Online Learning) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษารูปแบบที่มีความเหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยสถานที่ในการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตจากการเรียนรูปแบบเดิม ๆ เป็นการใช้เทคโนโลยีเข้ามาเสริม ช่วยสอน หรือใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ และสามารถใช้เรียนทางไกลได้อีกด้วย ปัจจัยส่งเสริมในการเรียนออนไลน์ คือ อินเทอร์เน็ต อุปกรณ์สำหรับการเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนได้โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางมาพบกัน ทำให้การเรียนรู้มีความสะดวกและตอบโจทย์การศึกษาตลอดชีวิต สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นข้อดีเพราะนักเรียนสามารถเลือกเรียนในหัวข้อที่ต้องการ เหมาะสมและตอบสนองกับความชอบของตนเองได้ ในส่วนของเนื้อหาของเรียนประกอบด้วยข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหวและมัลติมีเดียอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้จะถูกส่งตรงไปยังนักเรียนผ่าน Web Browser ทุกคนในชั้นเรียนสามารถติดต่อ สื่อสาร ปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแบบเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนทั่วไปได้ในทันที เป็นต้น การเรียนรู้แบบออนไลน์จึงมีความเหมาะสำหรับทุกคนที่มีความพร้อมในด้านอุปกรณ์และสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลา ในปัจจุบันการเรียนออนไลน์เน้นการใช้เครื่องมือที่สามารถตอบโต้ได้เสมือนนักเรียนนั่งเรียนในห้องเรียน เช่น Zoom Meeting, Google Meet, Microsoft Team เป็นต้น ซึ่งครูสามารถเสริมเนื้อหาการเรียนด้วยสื่อการเรียนได้ทันที เช่น เปิดคลิปจาก YouTube ให้นักเรียนดูระหว่างเรียนได้ทันที และมีแอปพลิเคชันที่มีการตอบสนองในทันทีและให้นักเรียนได้ทำแบบฝึกหัดผ่านทางออนไลน์ได้ มีการตรวจการบ้านทางออนไลน์และสะท้อนผลการตรวจกลับให้นักเรียนได้ทราบข้อผิดพลาดของตนเองเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไปได้ ดังนั้น การเรียนออนไลน์จึงมีประโยชน์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน เนื่องจากไม่ได้จำกัดอยู่ในสถานที่เดียวเท่านั้น เกิดเครือข่ายความรู้ และเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ทั่วโลก ลดระยะทางในการเรียนรู้ได้ (Education Center, 2021) โดยจากการพัฒนารูปแบบของ Tongkhang , Teemuangsai and Simmatun (2018) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบบูรณาการออนไลนตามหลักการสะเต็มศึกษาเพื่อสงเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะหของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา ประกอบด้วย 1.โมดูลคลังความรู (Knowledge Module) เป็นแหล่งความรูที่ผู้สอนจัดเตรียมไวใหผู้เรียนเขามาสืบคนขอมูลเกี่ยวกับเนื้อหา สื่อ กิจกรรมหรือแหล่งขอมูลที่ผูสอนจัดเตรียมไวใหผู้เรียนศึกษาค้นควา ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 2. โมดูลการสอน (Teaching Module) เป็นขั้นตอนการเรียนรูผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรูวิทยาศาสตร คณิตศาสตร เทคโนโลยี โดยกระบวนการจะครอบคลุมกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยเชื่อมโยงกับสะเต็ม นำความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการในชีวิตประจำวัน 3. โมดูลการช่วยเหลือ (Coaching Module) เป็นสวนที่ผูสอนใหความชวยเหลือผูเรียนในขณะดำเนินการตามกิจกรรมการเรียนรู หรือเกิดปญหาขอสงสัย 4. โมดูลกลยุทธการเรียนรูสะเต็ม (STEM Strategy Module) เป็นสวนของการเรียนรูตามหลักการสะเต็มศึกษา (STEM) โดยเนนการบูรณาการการเรียนรูวิทยาศาสตร คณิตศาสตร เทคโนโลยีและวิศวกรรมร่วมกับการเรียนรูแบบโครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning: PBL) เพื่อให้ผูเรียนได้ฝกคิด ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและ 5. โมดูลการประเมินผล (Evaluation Module) เป็นสวนที่ใชในประเมินการเรียนรูของผูเรียน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑที่กำหนด ซึ่งผลจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่ารูปแบบการเรียนรูที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมทั้ง 4 ดานอยู่ในระดับมาก มีความเหมาะสมของรูปแบบโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก สามารถนำไปใชเป็นตนแบบในการจัดการเรียนรูได้ นอกจากนี้ Waiprom, Voravitrattanakul and Meesup (2022) พัฒนาชุดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านคิวอาร์โค้ดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องเรือขนส่งน้อย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เวลา 9 ชั่วโมงดำเนินการจัดการเรียนการสอน แบบ 6 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (1 ชั่วโมง) ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (2 ชั่วโมง) ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (2 ชั่วโมง) ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

(1 ชั่วโมง) ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 ชั่วโมง) ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (1 ชั่วโมง) โดยชุดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 80.71/83.97 เมื่อนำไปใช้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนฝึกให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริงโดยการบูรณาการกิจกรรมสะเต็มร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอนโดยเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อการสร้างนวัตกรรมหรือการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จทำให้นักเรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้ท้าทายความรู้อยากเห็นของนักเรียน

จากการศึกษาของ Wayo *et al.* (2020) มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019: COVID-19) ทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะสถาบันทางการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่อง การวัดและการประเมินผล รูปแบบการเรียนการสอนมีหลากหลายวิธี ที่ทำให้ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันได้ การพิจารณาองค์ประกอบและรูปแบบที่สอดคล้อง เหมาะสมกับลักษณะวิชา และบริบทของนักเรียนจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้นักเรียนเกิดผลลัพธ์การเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ แต่ข้อจำกัดของการเรียนออนไลน์คือหากนักเรียนไม่พร้อมด้านอุปกรณ์จะทำให้ไม่สามารถเรียนออนไลน์ได้

โรงเรียนได้ตระหนักถึงความปลอดภัยของนักเรียนเป็นอย่างยิ่ง จึงได้ประกาศปิดสถานที่ในการจัดการเรียนการสอนตลอดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ด้วยพื้นฐานทางครอบครัวของนักเรียนส่วนใหญ่มีความพร้อมในการสนับสนุนให้นักเรียนสามารถเรียนออนไลน์ได้ที่บ้าน เพื่อตอบสนองกับมาตรการเพิ่มระยะห่างทางสังคม ทำให้โรงเรียนได้มีนโยบายให้อาจารย์จัดการเรียนการสอนออนไลน์ให้กับนักเรียนในระยะเวลาที่ปิดสถานศึกษา เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องแต่ให้ปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับธรรมชาติวิชา สำหรับรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นการปูพื้นฐาน สร้างกระบวนการคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นการเรียนรู้ในปัจจุบันต้องการให้เกิดนวัตกรรมใหม่ให้ตอบสนองต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ นักเรียนต้องเรียนรู้ที่จะสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ (Thanormchayathawat *et al.*, 2016) ให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี สามารถนำองค์ความรู้มาบูรณาการสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม (Prajan and Chaemchoy, 2018) ตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มีเป้าหมายให้นักเรียนสร้างนวัตกรรมได้ ซึ่งนวัตกรรมจะเกิดขึ้นได้ นักเรียนต้องมีทักษะการคิดที่แตกต่างอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้สิ่งใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ เรียกว่า“ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม” (Innovative Thinking) (Chaemchoy, 2012) และสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้คิด ออกแบบ แก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมได้นั้นควรเป็นการบูรณาการสหสาขาวิชาทั้งวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ที่สามารถนำมาใช้จัดการเรียนรู้ร่วมกับวิธีการสอนได้อย่างหลากหลายวิธี โดยการสร้างนวัตกรรมนั้นหากส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดเชิงวิศวกรรมหรือเรียกว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้นิยามการคิดเชิงวิศวกรรม หมายถึง การนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต โดยเป็นการคิดเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา (Problem Identification) 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ร่วมกับการบูรณาการสะเต็มศึกษา จะสามารถทำให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดียิ่งขึ้นได้ ซึ่ง Puchongprawet and Chantraukrit (2020) ได้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยได้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในสังกัดคณะกรรมการอุดมศึกษา โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ประกอบด้วยอุปกรณ์คัดแยกขนาด กังหันผลิตไฟฟ้า และนักเรียนได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ตามความสนใจอีก 1 ชิ้น ซึ่งเมื่อจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งเป็นเพราะนักเรียนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัดที่มี นักเรียนจึงมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้งและมีมุมมองที่แตกต่างออกไปจากเดิม สามารถเชื่อมโยงปัญหาแล้วนำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้ นอกจากนี้ในการสร้างแบบจำลอง ทดสอบการใช้งานรวมไปถึงการพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ได้ และในปัจจุบันนี้มีความจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบออนไลน์ เพื่อทำให้การเรียนรู้มีความน่าสนใจและนักเรียนได้พัฒนาการคิดเชิงนวัตกรรมควบคู่กับการเรียน (Kareeme, 2017)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ระลอกใหม่ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเรียนออนไลน์นั้นย่อมมีทั้งนักเรียนที่ชอบเพราะมีอิสระสามารถทำสิ่งอื่นควบคู่ไปด้วยได้ และนักเรียนที่ไม่ชอบเพราะไม่สามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ ทำให้ผู้วิจัยได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อที่จะนำมาปรับปรุงและพัฒนาต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

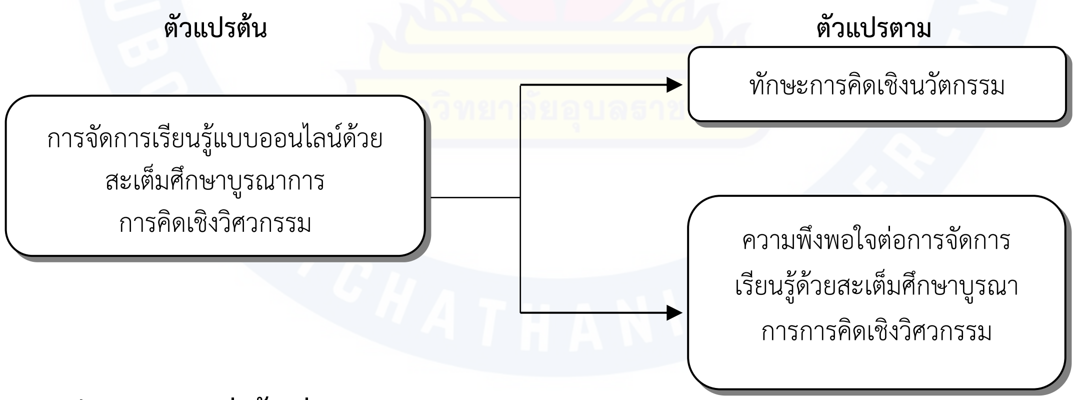
1) เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

2) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดแบบแผนการวิจัยเป็นแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (The One-Group Pretest-Posttest Design) โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจะจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อน เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ระลอกใหม่ ซึ่งจะทำให้การจัดการเรียนการสอนสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวนรวมทั้งหมด 165 คน

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 41 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ซึ่งการจัดชั้นเรียนเป็นแบบคละนักเรียนทำให้นักเรียนแต่ละห้องมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน ผลการประเมินคุณภาพแผนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าเท่ากับ 4.94 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยในระดับแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

2) แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมประกอบด้วยรายการประเมิน 7 หัวข้อ ได้แก่ การระบุปัญหา ความคิดริเริ่ม การคิดเชื่อมโยง การสะท้อนความคิด การสร้างแบบจำลองชิ้นงานได้ การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้ และการนำเสนอผลงาน (Boonprakom, Chindanurak, and Chaowakeratipong, 2021) ลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) มี 3 ระดับตามคุณภาพของชิ้นงาน คือ 3 หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมระดับมาก 2 หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมระดับปานกลาง และ 1 หมายถึง หมายถึง มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมน้อย กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน (Scoring Rubric) เพื่อให้ได้มาตรฐานที่เท่าเทียม เมื่อผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นท่านเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจน และคุณภาพของแบบประเมิน และความเหมาะสมเกณฑ์ในการประเมิน (Scoring Rubric) และนำมาคำนวณค่า IOC ได้เท่ากับ 1.00 เมื่อนำความคิดเห็นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยคุณภาพของแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมมีค่าเท่ากับ 4.90 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยว่ามีคุณภาพในระดับมากที่สุด ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1

ชื่อ	รายการประเมิน																					รวม
	การระบุปัญหา			ความคิดริเริ่ม			การคิดเชื่อมโยง			การสะท้อนความคิด			สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้			การสร้างสรรค์ชิ้นงานและชิ้นงานสามารถแก้ปัญหาได้			การนำเสนอผลงาน			
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
กลุ่มที่ 1																						
1.																						

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบประเมินการคิดเชิงนวัตกรรมประเมินจากกระบวนการทำงาน ชิ้นงานหรือนวัตกรรม

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	มาก (3)	**ปานกลาง (2)**	**น้อย (1)**
1. การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน	ระบุปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถระบุปัญหาได้
2. ความคิดริเริ่ม	สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีแปลกใหม่	สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีที่มีอยู่แล้ว	ไม่สามารถแก้ปัญหาได้
3. การคิดเชื่อมโยง	ใช้การคิดเชิงวิศวกรรมกับความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน	ออกแบบชิ้นงานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่มีหลักการอื่นร่วม	ไม่สามารถเชื่อมโยงการคิดเชิงวิศวกรรมในการออกแบบชิ้นงานได้
4. การสะท้อนความคิด	สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้	สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้ แต่ไม่ครอบคลุม	ไม่สามารถสรุปปัญหาและออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหาได้
5. สร้างแบบจำลองชิ้นงานได้	สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้และภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้ แต่ใช้เวลาเกินที่กำหนด	ไม่สามารถทำงานสำเร็จตามที่วางแผนไว้
6. การสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สามารถแก้ปัญหาได้	นวัตกรรมสามารถแก้ปัญหาได้อย่างดี	นวัตกรรมสามารถแก้ปัญหาได้บางส่วน	นวัตกรรมไม่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้
7. การนำเสนอผลงาน	นำเสนอชัดเจน เข้าใจง่าย และมีเนื้อหาครบถ้วน	นำเสนอไม่ชัดเจน สามารถเข้าใจได้มีเนื้อหาครบถ้วน	นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่สามารถเข้าใจในได้ เนื้อหาไม่ครบถ้วน
การวัดผลและประเมินผล			
คะแนนรวม (คะแนน)	**ความหมาย**		
18 – 21	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับสูง		
13 – 17	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับปานกลาง		
8 – 12	มีการคิดเชิงนวัตกรรมในระดับต่ำ		
7	ไม่มีมีการคิดเชิงนวัตกรรม		

3) แบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ให้สอดคล้องกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในแผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นท่านเดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องของเนื้อหา ความถูกต้อง ความชัดเจน นำมาคำนวณค่า IOC โดย IOC ของคำถามแต่ละข้อได้ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 แปลผลว่าสามารถนำมาใช้ได้ เมื่อคำนวณ IOC เฉลี่ยทั้งแบบสอบถามได้เท่ากับ 0.95 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1.00 หมายความว่ามีความสอดคล้อง ถูกต้องและชัดเจน สามารถนำไปใช้ได้ เมื่อนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อหาความเชื่อมั่นแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.83 แปลผลว่ามีความเชื่อมั่นในระดับดี สามารถนำไปใช้ประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) แจ้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ เกี่ยวกับการวิจัยและวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้

2) ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเรื่อง พลังงานความร้อน ตามแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ย่อยรายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 1 จำนวน 3 คาบเรียน แจ้งจุดประสงค์การเรียนและทบทวนความรู้เดิม พร้อมทั้งแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน จำนวน 8 กลุ่ม ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิด และกำหนดปัญหาในการสร้างนวัตกรรม “ผลผลิตทางการเกษตรในภูมิภาคต่าง ๆ ต้องขนส่งมาจำหน่ายตลาดหรือส่งเข้าโรงงานอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ในภาคกลาง การขนส่งผลผลิตทางการเกษตรจากแหล่งผลิตนิยมขนส่งทางรถยนต์เป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาขนส่งนานดังนั้นมักจะเกิดปัญหาผลผลิตทางการเกษตรเน่าเสียอันเนื่องมาจากความร้อนระหว่างการขนส่ง” ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองตู้ขนส่งสินค้ากันความร้อนเพื่อให้สามารถเก็บผลผลิตทางการเกษตรโดยไม่ให้เน่าเสียระหว่างทาง หลังจากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม **ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา**และ **ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา** สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม ระหว่างนี้ครูทำการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) จัดนักเรียนเข้าห้องย่อยใน ZOOM Meeting ตามกลุ่มไปรวบรวมแนวคิดและกลับมาสรุปปัญหาที่ห้องใหญ่ 3) ออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM) โดยต้องทดลองและปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปสิ่งที่เรียนในคาบนั้น ๆ และครูให้นักเรียนไปออกแบบนวัตกรรมที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาตามโจทย์ที่กำหนด แล้วนำมานำเสนอทางออนไลน์ในครั้งถัดไป

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 2 จำนวน 3 คาบเรียน ทบทวนความรู้เดิมและสอบถามถึงกิจกรรมที่ได้ไปทำในระหว่างสัปดาห์ว่าเป็นอย่างไรบ้าง สำเร็จหรือไม่ เพื่อที่จะเข้าสู่ขั้นการสอนด้วยการนำเสนอ **ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา** หรือนวัตกรรมของแต่ละคนที่ได้ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาตามโจทย์ที่กำหนด นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิดการแก้ปัญหารวมทั้งนวัตกรรมที่ได้สร้างขึ้นมา และ **ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา** โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่าผลที่ได้จาก **ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบประเมินผลชิ้นงาน**หรือการทดลองใช้นวัตกรรมนั้นส่งผลดีอย่างไร สามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ได้ อย่างไร และจะปรับปรุงต่อไปได้อย่างไร โดยกระบวนการสร้างนวัตกรรมนั้นเป็นอย่างไรบ้าง มีอุปสรรคอย่างไร สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม พร้อมทั้งประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนการทดลอง (Try out) ให้นักเรียนได้วิเคราะห์นวัตกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้อย่างไร ช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่านวัตกรรมที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการวางแผนที่ดี และดำเนินการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม หลังจากหลังจากได้อภิปรายร่วมกัน ให้นักเรียนนำนวัตกรรมที่ได้ ไปดำเนินการพัฒนาเพิ่มเติมหรือแก้ไขให้มีคุณภาพดีมากยิ่งขึ้นแล้วมานำเสนอในสัปดาห์ถัดไป

แผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ที่ 3 จำนวน 3 คาบเรียน ทบทวนความรู้เดิมและสอบถามถึงนวัตกรรมที่ได้นำเสนอในสัปดาห์ที่ 2 และ**ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาชิ้นงาน**ได้นำกลับไปพัฒนาหรือแก้ไขว่าเป็นอย่างไรบ้างสำเร็จหรือไม่ มีคุณภาพดีขึ้นหรือไม่ จากนั้นนักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิดการแก้ปัญหารวมทั้งนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงจากครั้งแรก โดยครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิดว่าหลังจากได้อภิปรายร่วมกันครั้งแรกแล้ว นำผลการอภิปรายไปปรับปรุงนวัตกรรมอย่างไร และเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร สังเกตพฤติกรรมและตอบข้อซักถาม อธิบายแนวคิดและหลักการเพิ่มเติม พร้อมทั้งประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนครั้งที่ 2 ให้นักเรียนได้วิเคราะห์นวัตกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้อย่างไร ปรับปรุงแล้วเป็นอย่างไร ช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

และมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมอย่างไร ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปว่านวัตกรรมที่เกิดขึ้นนั้นมาจากการวางแผนที่ดี ผ่านการทบทวนและปรับปรุง จากดำเนินการตามแนวทางสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม เพื่อที่จะนำไปสู่ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียน

3) ผู้วิจัยประเมินทักษะทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนระหว่างที่นักเรียนนำเสนอและตอบคำถามตามแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมที่ได้สร้างขึ้นจำนวน 2 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเก็บเป็นคะแนนหลังเรียน

4) ให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาและการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่อง พลังงานความร้อน

5) นำผลการประเมินที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล การจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test dependent และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความพึงพอใจในการเรียน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1) การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม เป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย จำนวน 1 แผน ระยะเวลา 3 สัปดาห์ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์ จำนวน 3 แผน ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมและประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบประเมินความคิดเห็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เมื่อนำความคิดเห็นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.94 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยในระดับแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญว่าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม และเป็นการคิดค้นที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ที่ยอดเยี่ยม เหมาะสมสำหรับการเผยแพร่ให้กับสังคมและผู้ที่สนใจการรูปแบบการจัดการเรียนในยุคปัจจุบัน

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ออนไลน์รายวิชาวิทยาศาสตร์ 2 (ว 21102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม ได้จัดสร้างตามเนื้อหาตามหลักสูตรสถานศึกษาในเรื่องการถ่ายโอนความร้อน โดยใช้สะเต็มศึกษาซึ่งมีหลัก S T E และ M ทำให้นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้จากสหวิทยาการมาใช้ร่วมกันเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ตอบสนองสังคมได้ และเมื่อนำสะเต็มศึกษามาบูรณาการกับการคิดเชิงวิศวกรรมที่มีกระบวนการ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น จากการสังเกตของผู้วิจัย ขณะที่นักเรียนกำลังระดมความคิด นักเรียนคิดตามลำดับขั้นของกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นการช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองโจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนการสอนรายสัปดาห์เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและร่วมกันพูดคุยเพื่อให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาและมอบหมายงานให้ลงมือทำ โดยในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อนักเรียนนำเสนอผลงานนวัตกรรมที่ได้ลงมือทำครั้งแรกแล้วและได้ฟังการนำเสนอของกลุ่มอื่น โดยอาจารย์ได้ช่วยกระตุ้นความคิดนักเรียนว่านวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบมานั้น ยังสามารถพัฒนาต่อไปเพื่อให้นวัตกรรมนั้นดีขึ้นได้หรือไม่อย่างไร ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่สามารถพัฒนาต่อไปได้อีก โดยเมื่อนักเรียนได้ลงมือพัฒนาและปรับปรุงมานำเสนอในสัปดาห์ที่ 3 นั้น พบว่านักเรียนสามารถพัฒนานวัตกรรมได้ดียิ่งขึ้น เมื่อทดลองใช้สามารถตอบโจทย์ในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าในการพัฒนานวัตกรรมครั้งแรก

ดังนั้น ในการออกแบบกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการกับการคิดเชิงวิศวกรรมนั้นเป็นการขับเคลื่อนการพัฒนานวัตกรรมได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างดี ในการดำรงชีวิตในสังคมยุคปัจจุบันที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการทักษะต่าง ๆ รวมทั้งความรู้ในแขนงวิชาหลากหลายสาขา เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการตอบสนองสังคม การจัดการเรียนรู้ตามหลักสะเต็มศึกษาจะช่วยให้การบูรณาการ

ระหว่างศาสตร์สาขาทำได้ โดยเฉพาะเมื่อต้องการนวัตกรรมในการใช้งานสามารถใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรมมาขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา ที่มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ สำหรับการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีขั้นตอนไม่ตายตัว แต่มีลักษณะสอดคล้องกันและเป็นแนวทางให้ผู้สอนออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบการแก้ปัญหาที่นำไปใช้จริง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Lertdechapat and Faikhamta (2021) ได้กล่าวไว้ว่า การระบุและให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ผู้เรียนมีโอกาสได้เผชิญในชีวิตจริง จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ การระบุปัญหาที่เป็นไปได้ การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหาข้างต้น จะช่วยให้ผู้เรียนลำดับความสำคัญของปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนระบุแนวทางแก้ปัญหาและลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาได้สำเร็จ กำหนดเงื่อนไขที่สอดคล้องกับความเป็นจริง จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบและพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาที่นำมาใช้ในชีวิตจริง การสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย จะช่วยให้ผู้เรียนตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงเงื่อนไข แนวทางการแก้ปัญหาอาจเป็นชิ้นงานหรือขั้นตอนการแก้ปัญหา ขึ้นกับลักษณะของปัญหาที่วิเคราะห์จากสถานการณ์ การสร้างและทดสอบชิ้นงานเป็นระยะ ๆ เพื่อปรับปรุงชิ้นงานเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสร้างชิ้นงานให้บรรลุเงื่อนไข การทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนทราบว่าผลของการดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางการแก้ปัญหาที่ออกแบบนั้นสามารถแก้ไขปัญหาที่ระบุไว้ได้อย่างไร การยอมรับความล้มเหลวของผลการทดสอบ และข้อควรปรับปรุงของชิ้นงานจะช่วยให้ผู้เรียนมีข้อมูลเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหา ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าของการสร้างชิ้นงาน ความเป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ช่วยให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหานำไปใช้ได้ในชีวิตจริง สุดท้ายการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การทำงานเป็นทีม และการสื่อสาร เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนปฏิบัติตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับสมาชิกกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

จากการวิเคราะห์คะแนนการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม โดยใช้แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 18.04 คะแนน สูงกว่าก่อนเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม คือ 9.48 คะแนน และใช้สถิติทดสอบทีสำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว (t-test for dependent samples) มีค่า t = 31.32 ดังตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมสูงกว่าก่อนการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ระดับนัยสำคัญ .01

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

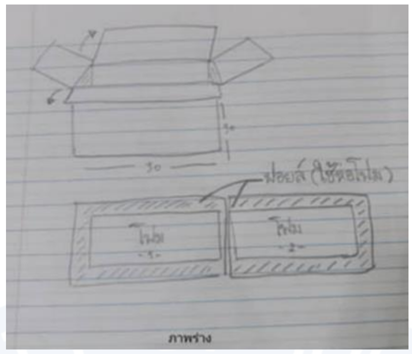
กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S.D.	t stat	Sig
ก่อนเรียน	40	9.48	1.79	31.32*	0.000
หลังเรียน	40	18.04	0.80		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่าการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนที่ดีขึ้นนั้นเป็นเพราะใช้การคิดเชิงวิศวกรรมซึ่งมีการคิดเป็นขั้นตอน โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาสำเร็จ รวมทั้งยังมีขั้นตอนของการปรับปรุงชิ้นงาน ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

เมื่อพิจารณาการเรียนในสัปดาห์ที่ 1 เมื่ออาจารย์แจ้งจุดประสงค์การเรียนในคาบและทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนโดยการตั้งคำถามจากสาระสำคัญว่าในการถ่ายโอนความร้อนแต่ละแบบต้องมีตัวกลางหรือไม่ อย่างไร พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามได้ว่าการนำความร้อนต้องมีตัวกลางเป็นของแข็ง การพาความร้อนต้องมีตัวกลางเป็นของเหลวหรือแก๊สและการแผ่รังสีความร้อนไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง หลังจากนั้นนำนักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ที่กำหนด และร่วมกันพูดคุยถึงสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง พบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถบอกปัญหาที่แท้จริงได้ ระหว่างนี้อาจารย์ทำการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนเก็บเป็นคะแนนก่อนเรียน ซึ่งคะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำ หลังจากนั้นอาจารย์แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน จำนวน 8 กลุ่ม และสอนให้นักเรียนคิดด้วยกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม เมื่อนักเรียน

ได้แยกย้ายกันในระบบห้องย่อยใน ZOOM ตามกลุ่มไปรวบรวมแนวคิดและกลับมาสรุปปัญหา โดยต้องทดลองและปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพ โดยได้ตัวอย่างของภาพร่าง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพร่างนวัตกรรมที่ได้จากการเข้ากลุ่มของนักเรียนในครั้งแรก

เมื่อพิจารณาการเรียนในสัปดาห์ที่ 2 อาจารย์ได้ทบทวนสถานการณ์และสอบถามปัญหากับนักเรียนอีกครั้ง พบว่าครั้งนี้นักเรียนตอบได้ว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร หลังจากนั้นอาจารย์ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการบันทึกข้อมูลตามกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม ตัวอย่างดังภาพที่ 3

กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม	
ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา	เมื่อต้องขนส่งผลผลิตทางการเกษตรมาจำหน่าย ต้องใช้เวลานานในการขนส่ง จึงทำให้เกิดปัญหาผลผลิตเน่าเสียเนื่องจากความร้อนระหว่างทางที่ขนส่ง
ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด	-เลือกวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน คือ โฟม ฟอยล์ และ กระดาษลัง -ขนาดของกล่องต้องไม่เกิน 30×30×30 ซม., -เมื่อทิ้งไว้กลางแดดต้องให้อุณหภูมิขึ้นน้อยที่สุด -กล่องที่ประดิษฐ์ต้องปิดฝาให้สนิทเพื่อไม่ให้ความร้อนเข้าไปในกล่องได้

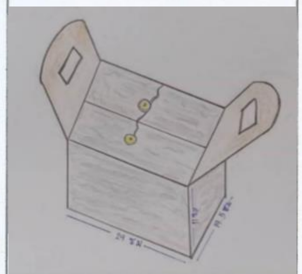
ภาพที่ 3 ตัวอย่างการระบุปัญหาและการรวบรวมข้อมูล

เมื่อนักเรียนระบุปัญหาและรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องแล้ว นักเรียนได้ช่วยกันระดมความคิดสำหรับออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM) จะเห็นว่านักเรียนได้แนวคิดมาจากกล่องส่งอาหารของพนักงานส่งอาหารและประยุกต์มาจากวัสดุเหลือใช้ในบ้าน นักเรียนบันทึกลงในตารางและออกแบบภาพร่างตัวอย่างดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5

กระบวนการคิดเชิงวิศวกรรม	
ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด	ได้แนวคิดมาจากกล่องส่งอาหาร แล้วนำมาประยุกต์ใช้ให้เป็นในรูปแบบของเรา โดยการนำวัสดุเหลือใช้จากในบ้านมาประดิษฐ์ โดยเราจะใช้กล่องกระดาษลัง ขนาด 19.5×29×21 ซม. โฟมแผ่น หนา 1.2 ซม และ 2.5 ซม และฟอยล์สำหรับเวฟอาหาร โดยเราคาดว่าโฟมกับฟอยล์เป็นวัสดุที่สามารถเก็บอุณหภูมิได้
ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	1) ใช้แผ่นฟอยล์ประกบกับแผ่นโฟม ขนาด 28×10 ซม. 2 แผ่น, แปะติดฝาบน 2 ด้าน 2) เว้นพื้นที่ตามความหนาของโฟมด้านฝาปิด เพื่อให้ปิดสนิทพอดี ขนาด 1.2 ซม. 3) ใช้แผ่นฟอยล์ประกบกับแผ่นโฟมด้านหัวท้าย ขนาด 23.5×8 ซม 4) ใช้แผ่นฟอยล์ประกบกับแผ่นโฟมด้านข้าง ขนาด 19.5×8 ซม. และทำการแปะติดด้านในกล่อง 5) เจาะพื้นที่จับด้านข้าง 2 ข้าง

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการและการวางแผนการแก้ปัญหา

➢ ให้นักเรียนระบุอุปกรณ์, วิธีการทดลอง และวาดภาพนวัตกรรมที่นักเรียนออกแบบ

อุปกรณ์ที่ใช้	วิธีการทดลอง	ภาพร่าง
1 กล่องกระดาษลัง	1 นำขวดน้ำไปแช่ในตู้เย็น	
2 โฟม	2 นำขวดน้ำออกมาจากตู้เย็น	
3 ฟอยล์	3 วัดอุณหภูมิขวดน้ำ	
4 ปืนกาว	4 นำขวดน้ำใส่กล่องที่ประดิษฐ์ขึ้น	
5 สก็อตเทป	ปิดฝากล่อง นำไปตั้งไว้กลางแดด 30 นาที	
6 กรรไกร	5 เมื่อครบ 30 นาที นำขวดน้ำออกจากกล่อง	
7 ตัวล็อกที่เป็นเชือก	6 วัดอุณหภูมิขวดน้ำอีกครั้ง	
8 ขวดน้ำขนาด 600 มล.	7 เปรียบเทียบอุณหภูมิของน้ำ	
9 เทอร์โมมิเตอร์		

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการออกแบบนวัตกรรมสำหรับแก้ปัญหา

จากการออกแบบวิธีการและการวางแผนการแก้ปัญหานั้นทำให้เห็นว่านักเรียนสามารถประยุกต์เอาหลักการเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนมาใช้งานพร้อมทั้งยังมองเห็นสิ่งรอบตัวที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้สัมพันธ์กับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ และเมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยใช้นวัตกรรมที่ได้ออกแบบมา ตัวอย่างดังภาพที่ 6 พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปในกล่องที่นักเรียนใส่ขวดน้ำเอาไว้ โดยเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที น้ำที่อยู่ในกล่องยังมีอุณหภูมิสูงขึ้นไม่มากและในบางกลุ่มอุณหภูมิเท่ากับตอนเริ่มต้น

ภาพที่ 6 ตัวอย่างนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา

หลังจากที่นักเรียนได้ฟังการนำเสนอของเพื่อนและวิเคราะห์นวัตกรรมของเพื่อนนักเรียนที่นำเสนอ ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งาน นักเรียนช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาและมีการใช้แนวคิดเชิงวิศวกรรมตามขั้นตอนมาถึงขั้นที่ 5 โดยแต่ละกลุ่มจะบันทึกในใบงานดังตัวอย่าง ภาพที่ 7 เป็นการบันทึกผลการทดสอบในครั้งแรก ดังนั้น ในสัปดาห์นี้อาจารย์ได้ให้ข้อคิดว่าในการพัฒนานวัตกรรมที่จะนำไปใช้งานได้นั้นควรที่จะศึกษาข้อผิดพลาดหรือข้อด้อยของชิ้นงานแล้วนำชิ้นงานไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด	- น้ำเย็นก่อนวางทิ้งไว้มีอุณหภูมิ 0.9°c ทั้ง 2 ขวด หลังจากวางทิ้งไว้ 30 นาที ได้ผลคือ - ขวดที่วางไว้ในกล่องอุณหภูมิเท่าเดิมคือ 0.9°c - ขวดที่วางทิ้งไว้ มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 9°c ปรับปรุง ใช้ฟอยล์หุ้มรอบๆ กล่องกระดาษด้านนอก วิธีการทดลองหลังปรับปรุง เพิ่มเวลาที่วางทิ้งไว้ จาก 30 นาที เป็ 1 ชั่วโมง เพื่อทดสอบว่า กล่องสามารถเก็บความเย็นได้นานเท่าใด

ภาพที่ 7 การบันทึกผลการทดสอบนวัตกรรม

จากการนำเสนอของนักเรียนในแต่ละกลุ่มพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายตามความคิดของแต่ละกลุ่ม ซึ่งทุกกลุ่มได้ใช้หลักการการถ่ายโอนความร้อนสำหรับออกแบบนวัตกรรมที่สามารถป้องกันความร้อนเข้าไปให้ได้มากที่สุด หลังจากนั้นให้นักเรียนนำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วมานำเสนออีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3

เมื่อพิจารณาการเรียนในสัปดาห์ที่ 3 นักเรียนนำเสนอนวัตกรรมที่ได้นำไปปรับปรุงให้ดีขึ้น แต่ละกลุ่มได้มีการพัฒนาต่อมากน้อยแตกต่างกัน โดยได้ร่วมกันอภิปรายและได้แนวทางคำแนะนำจากเพื่อนในห้อง ได้ตัวอย่างดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 ตัวอย่างนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ได้ปรับปรุงเพิ่มเติมโดยใช้ฟอยล์อะลูมิเนียมหุ้มด้านนอกกล่องเพิ่มอีกชั้นหนึ่ง โดยให้เหตุผลว่าฟอยล์มีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้ดีเมื่อนำมาหุ้มด้านนอกเพิ่มอีก 1 ชั้น จะทำให้น้ำที่อยู่ในกล่องสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้นานยิ่งขึ้น โดยอาจารย์แนะนำให้ลองทดสอบที่เวลา 1 ชั่วโมง เป็นการเพิ่มจากครั้งแรกสองเท่า ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะบันทึกข้อมูลการทดสอบชิ้นงานที่ได้ปรับปรุง แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 9

6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป	-น้ำเย็นก่อนที่จะวางทิ้งไว้มีอุณหภูมิ 3.9 °C ทั้ง 2 ขวด หลังจากที่วางทิ้งไว้ 30 นาที และ 1 ชั่วโมงตามลำดับ ได้ผลคือ - ขวดที่วางไว้ในกล่องมีอุณหภูมิ 4.1°C และ 4.6°C ตามลำดับ - ขวดที่วางทิ้งไว้มีอุณหภูมิ 14.3°C และ 22.6°C ตามลำดับ

ภาพที่ 9 การบันทึกผลการทดสอบนวัตกรรมที่ได้ปรับปรุงแล้ว

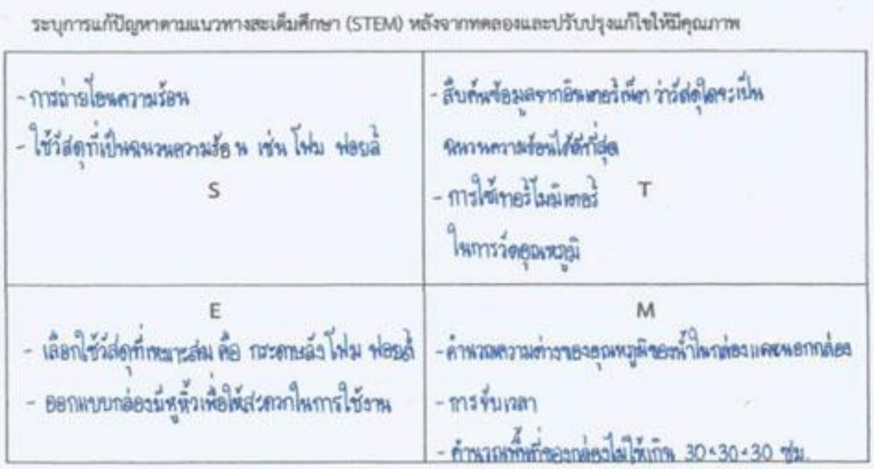
เมื่อผ่านไป 3 สัปดาห์สรุปกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มซึ่งมีกระบวนการคิดและออกแบบชิ้นงานสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปการออกแบบชิ้นงานนวัตกรรมของนักเรียน

กลุ่มที่	ลักษณะชิ้นงานครั้งแรก	การปรับปรุงชิ้นงาน
1	ใช้กล่องโฟมและปูด้วยแผ่นฟอยล์ไว้ด้านใน	เพิ่มแปะฟอยล์ด้านนอก
2	กล่องโฟมซ้อนกัน 2 ใบ	แปะฉนวนกันความร้อนด้านนอก
3	กล่องกระดาษและใช้ฟอยล์ไว้ด้านในและด้านนอก	เติมน้ำแข็ง
4	กล่องกระดาษและใช้ฟอยล์ไว้ด้านในและใส่น้ำแข็งแห้ง	เพิ่มแปะฟอยล์ด้านนอก
5	ใช้กล่องโฟมและปูด้วยแผ่นฟอยล์ไว้ด้านใน และด้านนอก	เพิ่มลังไข่ซ้อนด้านบนและล่าง
6	ออกแบบกล่องทรง 3 เหลี่ยมทำจากโฟมและแปะฟอยล์ด้านใน	พ่นสีอะคริลิคสีขาวด้านนอกเพื่อให้สะท้อนความร้อนได้ดีขึ้น
7	ใช้กล่องโฟมและบุกระดาษหนังสือพิมพ์ไว้ด้านใน	เพิ่มฟอยล์ด้านนอกและปูกระดาษทับอีก 1 ชั้น
8	ใช้กล่องพลาสติกรองด้วยโฟม 1 ชั้น	เพิ่มฟอยล์ด้านนอกและด้านใน

หลังจากนักเรียนได้ทดสอบนวัตกรรมแล้ว นักเรียนช่วยกันอภิปรายว่าเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาอย่างไรบ้าง ตัวอย่างดังภาพที่ 10

จากกิจกรรมทั้งหมดอาจารย์ประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนเป็นครั้งที่สองพบว่า นักเรียนแต่ละคนสามารถตอบได้ว่าปัญหาคืออะไร และยังมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อรวมกลุ่มกันได้ช่วยกันระดมความคิด มีการเปิดโอกาสให้พูดและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนได้ประมวลความคิดของกลุ่มตนเองและสามารถออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้เพราะการคิดเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดให้กับนักเรียนมากยิ่งขึ้น ขณะที่นักเรียนกำลังระดมความคิด นักเรียนคิดตามลำดับขั้นของกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมเป็นการช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองโจทย์ปัญหาได้ ซึ่ง Puchongprawet and Chantraukrit (2020) ได้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยได้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในสังกัดคณะกรรมการอุดมศึกษา ให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ประกอบด้วยอุปกรณ์คัดแยกขนาด กังหันผลิตไฟฟ้า และนักเรียนได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ตามความสนใจอีก 1 ชิ้น ซึ่งเมื่อจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งเป็นเพราะนักเรียนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัดที่มี นักเรียนจึงมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้งและมีมุมมองที่แตกต่างออกไปจากเดิม สามารถเชื่อมโยงปัญหาแล้วนำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้ นอกจากนี้ในการสร้างแบบจำลองทดสอบการใช้งานรวมไปถึงการพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ได้



ภาพที่ 10 การแก้ปัญหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สำหรับการนำการคิดเชิงวิศวกรรมมาขับเคลื่อนสะเต็มศึกษา โดยให้มองภาพของสะเต็มศึกษาเป็นภาพใหญ่แล้วการออกแบบด้วยหลักการคิดเชิงวิศวกรรมที่เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนนั้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับการศึกษาได้หลากหลายแขนงดังที่ Ratchawet, Suphimas and Chaijalearn (2019) ได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เรื่อง การย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และนำสะเต็มศึกษามาร่วมใช้โดยมีกิจกรรมเป็นขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 ให้ผู้เรียนแข่งขันการพัฒนาเฉดสีจากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝางขึ้นในชุมชน ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาเฉดสีจากการย้อมสีด้ายฝ้ายจากแก่นไม้ฝาง และขั้นตอนที่ 3 ผลิตผ้าพันคอ ตกแต่งลวดลายให้มีรูปทรงเรขาคณิตอยู่บนผ้าพันคออย่างน้อย 4 รูปทรง (ไม่ซ้ำกัน) และได้ผ้าพันคอจากผ้าฝ้ายทอมือย้อมสีธรรมชาติที่มีความยาวมากที่สุด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่กับความรู้ใหม่เรื่องการย้อมด้ายฝ้ายจากสีธรรมชาติ พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ความสำคัญกับการวางแผนการทดลอง การปฏิบัติงาน การออกแบบการทดลอง และการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผ่านการปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าและสร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ทำให้การใช้เทคนิคร่วมกันระหว่างสะเต็มศึกษากับการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและการสร้างสรรค์สิ่งที่ตอบโจทย์ของสังคมได้อย่างดี

นอกจากนี้ยังมีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติ การบูรณาการความรู้จากการสังเกตจากธรรมชาติเพื่อมาใช้ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจนเกิดการสร้างสรรค์เทคโนโลยีที่นำไปสู่การแก้ปัญหาบนฐานคิดของการอนุรักษ์ธรรมชาติและระบบนิเวศ แนวคิด Biomimicry อาศัยการจำลองกลไกการปรับตัวในระดับต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่ระดับโมเลกุล เซลล์ จนไปถึงโครงสร้างทางกายวิภาคของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถ

สอดแทรกเข้าไปในบทเรียนระหว่างเนื้อหาการเรียน เช่น โครงสร้างทางชีวโมเลกุล และเซลล์ ระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใดการเรียนการสอนตามแนวทางของสะเต็มศึกษาจึงอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตั้งแต่การตั้งคำถามการคิดวางแผน การผลิต ไปถึงการปรับปรุงโดยใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นแกนหลักในการต่อยอดไปสู่การสร้างสรรค์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (Putwattana, 2018)

แม้จะเป็นการเรียนออนไลน์ก็ตาม นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์โดยใช้การเข้ากลุ่มผ่านระบบห้องย่อยของ ZOOM หรือนักเรียนแบ่งงานกันตามความเหมาะสมว่าใครถนัดสิ่งใดรับอาสาทำสิ่งนั้น จากที่กล่าวมานอกจากจะทำให้นักเรียนนั้นมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมดีขึ้นแล้วยังเป็นการทำให้นักเรียนได้รู้จักกันมากยิ่งขึ้น เพราะนักเรียนรุ่นนี้เรียนออนไลน์มาตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 1 ยังไม่เคยมาเรียนที่โรงเรียนและพบปะเพื่อนแม้แต่ครั้งเดียว นักเรียนยังสามารถทำงานร่วมกันจนประสบความสำเร็จได้

3) ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม

การเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนในการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้ และด้านที่ 3 ประโยชน์จากการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยได้ผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	**4.52**	**0.75**	**พึงพอใจมากที่สุด**
1. ทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ	4.53	0.60	พึงพอใจมากที่สุด
2. ให้นักเรียนและครูมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น	4.60	0.81	พึงพอใจมากที่สุด
3. ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนแบบออนไลน์มากขึ้น	4.38	0.87	พึงพอใจมาก
4. ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในขณะเรียนออนไลน์หรือนอกเวลามากขึ้น	4.53	0.75	พึงพอใจมากที่สุด
5. ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมากขึ้น	4.55	0.75	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	**4.47**	**0.72**	**พึงพอใจมาก**
6. สร้างบรรยากาศที่ดีในห้องเรียนออนไลน์	4.43	0.68	พึงพอใจมาก
7. นักเรียนเรียนออนไลน์อย่างมีความสุข	4.53	0.72	พึงพอใจมากที่สุด
8. นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากเรียนมากขึ้น	4.43	0.64	พึงพอใจมาก
9. นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียน	4.38	0.67	พึงพอใจมาก
10. นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามได้อย่างอิสระ	4.58	0.90	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านที่ 3 ประโยชน์จากการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม	**4.55**	**0.58**	**พึงพอใจมากที่สุด**
11. ทำให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในหลากหลายด้าน	4.58	0.59	พึงพอใจมากที่สุด
12. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน	4.53	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
13. ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนเข้ากับปัญหาในชีวิตประจำวันได้	4.53	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
14. มีกิจกรรมให้ทำระหว่างเรียนทำให้การเรียนออนไลน์ไม่น่าเบื่อ	4.53	0.64	พึงพอใจมากที่สุด
15. ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยนวัตกรรมที่นักเรียนคิดและออกแบบ	4.58	0.59	พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม 3 ด้าน	**4.51**	**0.44**	**พึงพอใจมากที่สุด**

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน ได้ผลความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้สะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม เท่ากับ 4.51±0.44 คะแนน แปลผลได้ว่า นักเรียนพึงพอใจในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาแยกในแต่ละด้าน สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ ด้านที่นักเรียนพึงพอใจมากที่สุดคือด้านที่ 3 ประโยชน์จากการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55±0.58 คะแนน แปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด ลำดับที่สองคือด้านที่ 1 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52±0.75 คะแนน แปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด และลำดับสุดท้ายคือด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47±0.72 คะแนน แปลผลได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า นักเรียนรุ่นนี้เรียนออนไลน์มาตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 1 ยังไม่เคยมาเรียนที่โรงเรียนและพบปะเพื่อนแม้แต่ครั้งเดียว แม้จะเป็นการเรียนออนไลน์ก็ตาม นักเรียนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์โดยใช้การเข้ากลุ่มผ่านระบบห้องย่อยของ ZOOM ทำให้ได้พูดคุยกับเพื่อน มีความสุขในการเรียนมากยิ่งขึ้น และยังได้ลงมือปฏิบัติในการสร้างนวัตกรรมในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยในด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งมีความพึงพอใจน้อยกว่าอีกสองด้าน เมื่อพิจารณาไปที่ข้อที่ได้คะแนนน้อยได้แก่ บรรยากาศในห้องเรียนออนไลน์ ความกระตือรือร้นอยากเรียนและนักเรียนสนุกกับการเรียน ซึ่งผู้วิจัยให้ข้อสังเกตว่าแม้จะเป็นกิจกรรมที่สามารถเข้าร่วมกลุ่มออนไลน์ได้ นักเรียนก็เรียนอยู่ที่บ้านเพียงคนเดียวหน้าคอมพิวเตอร์ อาจจะช่วยให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนได้เพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่เหมือนกับการได้มาทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนที่โรงเรียน และเป็นกิจกรรมกลุ่มที่ต้องมีการประดิษฐ์ชิ้นงาน ซึ่งด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อาจารย์ได้แนะนำให้นักเรียนใช้วิธีแบ่งงานกับทำหรือรับผิดชอบ เช่น นักเรียนคนใดที่มีอุปกรณ์พร้อมหรือสามารถประดิษฐ์ชิ้นงานที่บ้านได้ให้อาสาเพื่อในกลุ่มรับผิดชอบ หรือนักเรียนคนใดที่ลายมือสวยหรือสามารถพิมพ์ใบงานได้ ให้รับผิดชอบงานนี้ หรือนักเรียนคนใดที่มีความสามารถด้านการวาดภาพให้อาสาวาดภาพชิ้นงาน ส่วนเนื้อหาในการเขียนในใบงานนั้นนักเรียนได้ใช้เวลาในการเข้าห้องย่อยช่วยกันคิด ดังนั้น เมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมจนเสร็จสิ้น ก็ยังรู้สึกว่าไม่เหมือนกับการเรียนในห้องเรียน แต่ว่าหากพิจารณาภาพรวมแล้วนักเรียนก็ยังมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เพราะนักเรียนได้ช่วยกันระดมความคิด ได้พูดคุยกันมากขึ้นและได้ลงมือสร้างชิ้นงานนวัตกรรมจริง ๆ ตามโจทย์ที่ได้รับมอบหมายที่เมื่อทดสอบแล้วทุกกลุ่มสามารถใช้งานได้จริง ดังนั้น การเรียนรู้ไม่ถูกจำกัดแต่เพียงในหน้าจอเท่านั้น นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือทำจริง ซึ่งสอดคล้องกับกับสะเต็มศึกษาและการเรียนที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง รวมทั้งยังเป็นการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างดี โดย Srisuwan (2020) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์ และโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างนักคิดและนักประดิษฐ์ได้ตลอดทุกที่และทุกเวลา โดยไม่จำเป็นต้องเรียนแบบเดิมที่นักเรียนต้องเรียนทฤษฎีและปฏิบัติในช่วงเวลาและสถานที่ที่โรงเรียนกำหนดตามตารางเรียนเท่านั้น ดังนั้นการสร้างนักคิดนักประดิษฐ์ควรมีการจัดสรรเวลาและสถานที่ให้นักเรียนได้สามารถคิดและประดิษฐ์ตลอดเวลา โดยผู้วิจัยได้สร้างรูปแบบการสอนแบบนวัตกรออนไลน์ขึ้นมาเพื่อสร้างนักคิดนักประดิษฐ์ผ่านเทคโนโลยีออนไลน์ในปัจจุบัน โดยใช้วิธีสร้างกลุ่มออนไลน์ด้วยเฟซบุ๊ก มีกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีและทักษะการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูให้คำปรึกษานักเรียนผ่านทางกลุ่มเฟซบุ๊ก และส่งความคืบหน้าผ่านกลุ่มเฟซบุ๊กด้วยคลิปวิดีโอทำให้การจัดการเรียนการสอนสามารถทำได้ตลอดเวลา นักเรียนได้รับคำปรึกษาเพิ่มขึ้นสร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีคุณภาพเพิ่มขึ้นและสามารถส่งเข้าประกวดในรายการต่าง ๆ ได้จำนวนเพิ่มมากขึ้น เป็นการเพิ่มจำนวนนักคิดนักประดิษฐ์ได้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การศึกษาทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจัดการเรียนการสอนด้วยสะเต็มศึกษาร่วมกับการคิดเชิงวิศวกรรม เรื่องพลังงานความร้อน ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ภายใต้สถานการณ์ระบาดของไวรัส COVID-19 ระลอกใหม่ เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงนวัตกรรมที่ดีขึ้นและทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่ตอบสนองต่อสังคม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ 1) คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.94) 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนออนไลน์ด้วยสะเต็มศึกษาบูรณาการการคิดเชิงวิศวกรรมในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป ดังนี้ 1) หากบริบทของโรงเรียนหรือนักเรียนไม่พร้อมที่จะเรียนออนไลน์ครูอาจปรับรูปแบบเป็นการให้ทำกิจกรรมในแต่ละสัปดาห์โดยลดการเข้ากลุ่มทางออนไลน์ หรือเปลี่ยนเป็นการโทรด้วยเสียง เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ตามความเหมาะสม 2) หากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ลดระดับลงและกลับมา

เรียนในสถานที่ตามปกติ ควรมีการนำมาจัดการเรียนการสอนในสถานการณ์ปกติ จะทำให้สามารถระดมความคิดได้สะดวกและลงมือทำกิจกรรมร่วมกันได้สะดวกมากขึ้น 3) ควรมีการนำวิธีการสอนนี้ไปศึกษากับเนื้อหาในเรื่องอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้สร้างสรรค์นวัตกรรมได้อย่างหลากหลายและตอบโจทย์ของสังคมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณนางสาวเกตุกาญจน บัวนาค รองผู้อำนวยการโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการสุวรรณภูมิ ว่าที่ ร.ต. สุขสวัสดิ์ เชียงหว่อง ครูชำนาญการ โรงเรียนธัญบุรี นายอดิศร รัชนิพนธ์ ครู โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ภูเก็ต ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี นางสาวชุติมา ปานแพ ครูชำนาญการ และนางสุภาณี บัวประทุม ครูชำนาญการ โรงเรียนสตรีเศรษฐบุตรบำเพ็ญ ผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาตรวจเครื่องมือในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำ ปรับปรุงแก้ไขจนได้เครื่องมือวิจัยที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์

คณะกรรมการวิชาการและจริยธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ดำเนินการให้การรับรองเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ ICH-GCP หนังสือรับรอง AF05-06 หมายเลขโครงการ 017/65 ลงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2564 หมดอายุวันที่ 7 พฤศจิกายน 2565

เอกสารอ้างอิง

Boonprakom, P., Chindanurak, T. and Chaowakeratipong, C. (2021). The Effects of STEM Education Activities Management in the Enjoying Electronics Course on Innovative Thinking and Attitudes Towards Science of Mathayom Suksa III Students at Laboratory School of Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University (in Thai). **Journal of Education Thaksin University,** 21(1), 118-134.

Chaemchoy, S. (2012). Concept of Innovation for School Management in the 21st Century (in Thai). **Journal of Education Naresuan University,** 14(2), 118-128.

Department of disease control. (2022). Coronavirus (2019-nCoV) situation reports. Retrieved 8 April 2022, from **Department of disease control:** https://covid19.ddc.moph.go.th/

Education Center. (2021). Online learning (in Thai). Retrieved 8 November 2021, from **EDUCATION CENTER:** https://www.educatorroundtable.org/Online learning/

Kareeme, S. (2017). The use of engineering design processes to enhance creativity and problem solving skills. Part 1. (in Thai). Retrieved from: http://oho.ipst.ac.th/edp-creative -problem-solving1/

Lertdechapat, K. and Faikhamta, C. (2021). Engineering Design Process: A Drive of STEM Activities (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning,** 12(2), 356–368.

Prajan, O. and Chaemchoy, S. (2018). Administrative Model for Development Teacher's Innovative Thinking Skills in the Basic Education School (in Thai). **The Far Eastern University Academic Review Journal,** 12(1), 156-168.

Puchongprawet, J. and Chantraukrit, P. (2020). Effects of Science Project Instruction using Engineering Design Process on Creative Problem Solving Abilities of Lower Secondary School Students under the Office of the Higher Education Commission (in Thai). **An Online Journal of Education**, 15(2), OJED1502036-11.

Putwattana, N. (2018). Engineering Design and Biomimicry in STEM Education (in Thai). **STOU Educational Journal**, 11(2), 31–42.

Ratchawet, A., Suphimas, M. and Chaijalearn, Y. (2019). An Action Research on a STEM Education Learning with an Engineering Design Process in Conjunction with Local Wisdom for Lower Secondary School Students (in Thai). **Journal of Graduate Research**, 10(1), 41-55.

Rattanasubsiri, P. (2020). 5 impacts of COVID-19 in 2020 (in Thai). Retrieved 8 November 2020, from **TrueID:** https://news.trueid.net/detail/VGJ91QAkKvqN

Srisuwan, S. (2020). Online Innovators: Inventions and Modern Science Projects (in Thai). **Thai Journal of Physics**, 37(3), 106–116.

Thanormchayathawat, B., Vanitsuppavong, P., Niemted, W. and Portjanatanti, N. (2016). 21st Century Skills: A Challenge for Student Development (in Thai). **The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health**, 3(2), 208-222.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). Comparison of concepts and skills in science, technology, engineering, and mathematics (in Thai). Retrieved 26 July 2021, from **StemEdthailand:** http://www.stemedthailand.org/ Comparison of concepts and skills in science, technology, engineering, and mathematics/

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). STEM Education and Engineering Design (in Thai). Retrieved 26 July 2021, from **StemEdThailand:** http://www.stemedthailand.org/ STEM Education and Engineering Design/

Tongkhang, P., Teemuangsai, S., and Simmatun, P. (2018). The Development of Integrated Online Learning Model Based on STEM education in order to Enhance Critical Thinking ability of Students in Secondary Education Level (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 12(2), 209-219.

Waiprom, W., Voravitrattanakul, P., and Meesup, P. (2022). The Development of Instruction Package of Stem Education in Science via QR Code on Force and Motion for Secondary 3 Students of Wangchaekloy School (in Thai). **Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University**, 9(1), 149-162.

Wayo, W., Charoennukul, A., Kankaynat, C. and Konyai, J. (2020). Online Learning Under the COVID-19 Epidemic: Concepts and Applications of Teaching and Learning Management (in Thai). **Regional Health Promotion Center 9 Journal**, 14(34), 285-298.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.9

บทความวิจัย

การพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ

วิทวัส จำปาทอง[1,*] วรรณนภา ธุววิทย์[1] และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป[2]
[1]โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง
[2]สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
**Email: vitavas.jumpathong@gmail.com*

รับบทความ: 3 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 17 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 23 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จังหวัดอ่างทอง จำนวน 44 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ 2) แบบประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน และ 3) แบบประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่และร้อยละ ผลการวิจัย พบว่า 1) ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนหลังเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 95.45 (42 คน) อยู่ในระดับดี และ 2) สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์รายองค์ประกอบของนักเรียนหลังเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ จากการประเมิน 3 ครั้ง พบว่า ร้อยละของคะแนนที่ได้จากการประเมินในทุกองค์ประกอบมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการประเมินครั้งก่อนหน้าตามลำดับ และเมื่อคำนวณร้อยละเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินทั้ง 3 ครั้ง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 88.07 (39 คน) อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาตาม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เนื้อหา บริบท ภาษา และสิ่งแทนความ นักเรียนส่วนใหญ่ มากกว่าร้อยละ 85.00 (37 คน) อยู่ในระดับดี เช่นกัน

คำสำคัญ: บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

Research Article

The development of energy literacy and science communication competence of grade-12 students using 5E inquiry learning model with interactive computer-assisted instruction in the miracle of ethanol from rice straw to smart fuel cells

Vitavas Jumpathong[1,*] Wannapa Thuwawit[1] and Jurarat Thammaprateep[2]

[1]*Angthongpatthamarotwitthayakhom School, Singburi-Angthong Secondary Educational Service Area Office*

[2]*School of Educational Studies, Sukhothaithammathirat Open University*

**Email: vitavas.jumpathong@gmail.com*

Received <3 July 2022>; Revised <17 September 2022>; Accepted <23 November 2022>

Abstract

The purpose of this research was to study the energy literacy and scientific communication competence of grade-12 students who learned using inquiry-based learning with an interactive computer-assisted instruction (CAI) in the topic of "the miracle of ethanol from straw rice to smart fuel cells” The research sample consisted of 44 grade-12 students at Angthongpatthamarotwitthayakhom School, Angthong Province, obtained by purposive sampling. The employed research instruments were 1) an inquiry-based learning with CAI lesson plan in the topic of " the miracle of ethanol from straw rice to smart fuel cells”, 2) the energy literacy assessment form, and 3) the science communication competence assessment form. The data was analyzed using the frequency and percentage. The results of the research were as follows: 1) the students' energy literacy, the post-learning through inquiry-based learning with interactive CAI lessons, most of the students were at a good level, 95.45 % (42 students) and 2) the students' scientific communication competence in each element after learning the inquiry-based learning with the interactive CAI lessons from the assessment 3 times were found that the percentage of scores from assessed all of the elements have positive trends from the previous assessment round, respectively and then calculate the average percent of scores from 3 times assessment, it found that most of the students were at good level, 88.07% (39 students). In term of 4 elements of scientific communication competence, namely content, context, language and representation, most of students, more than 85.00% (37 people) were at good level.

Keywords: Interactive Computer-Assisted Instruction, Energy Literacy, Science Communication Competence

บทนำ

การใช้พลังงานทางเลือกและพลังงานสะอาด มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นและเป็นนโยบายทางด้านการใช้พลังงานของนานาประเทศรวมทั้งประเทศไทย เนื่องด้วยความไม่สมดุลระหว่างทรัพยากรที่เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปกำลังลดลงสวนทางกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และปริมาณการใช้พลังงานในชีวิตประจำวันที่มากขึ้นเช่นกัน สำหรับประเทศไทยยังประสบปัญหากำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการใช้งานภายในประเทศ จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ที่มีความพยายามแก้ไขอย่างเร่งด่วน (Electricity Generating Authority of Thailand, 2018) ด้วยเหตุนี้ ประเทศไทยจึงให้ความสำคัญกับเรื่องพลังงานทดแทนและพลังงานสะอาดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการผลิตและใช้พลังงานที่สามารถช่วยลดการใช้ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป และลดการสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ พลังงานทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยให้ความสำคัญ มีการวิจัยและพัฒนาต่อยอด คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงเอทานอลโดยตรง (Direct Ethanol Fuel Cell) ที่ได้จากการหมักฟางข้าวด้วยยีสต์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่มีมากในจังหวัดที่มีการเกษตรเพาะปลูกข้าว เช่น จังหวัดอ่างทอง พระนครศรีอยุธยา เป็นต้น (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2012)

ด้วยสภาวการณ์ดังกล่าว ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน (Energy Literacy) ที่หมายถึง ความเข้าใจถึงธรรมชาติ และบทบาทของพลังงานต่อชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความเข้าใจนั้นไปใช้ตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานของพลเมือง (Cotton et al., 2015) จึงมีความสำคัญมากต่อการขับเคลื่อน และความสำเร็จของการใช้นโยบายส่งเสริมการจัดการ และการใช้พลังงานทางเลือกของประเทศ โดยบุคคลที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงาน จะมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ คือ 1) มีความรอบรู้เรื่องระบบพลังงานและสามารถวิเคราะห์ระบบการใช้พลังงานได้ 2) มีความรอบรู้เรื่องการจัดหาและใช้พลังงานอย่างมีเหตุผล 3) สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวกับพลังงานได้ 4) สามารถสื่อสารเกี่ยวกับพลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีความหมาย และ 5) สามารถใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา (U.S. Department of Energy, 2017) จากคุณลักษณะสำคัญของความตระหนักรู้ด้านพลังงานในข้างต้น พลเมืองของประเทศจึงควรได้รับการบ่มเพาะความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ตั้งแต่ในระดับเยาวชนในวัยเรียน เพื่อเติบโตเป็นพลเมืองที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงานในอนาคต

ทั้งนี้ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ด้านพลังงานไว้ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ โดยระบุว่า นักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูล และอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่ายได้ (Office of the Basic Education Commission, 2017) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียน ก็ยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนมากนัก รวมทั้งการวิจัยเพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานในประเทศไทยก็ยังมีไม่มาก จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า การพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของผู้เรียนสามารถทำได้โดยเน้นการมีส่วนร่วม เช่น งานวิจัยในต่างประเทศที่พัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของ Cotton et al. (2015) ที่พัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักศึกษาในสหราชอาณาจักร โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูผู้สอนนำเสนอ เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ การสื่อสารระหว่างผู้สอน สื่อ และผู้เรียนด้วยกันอย่างมีส่วนร่วม

ความตระหนักรู้ด้านพลังงานมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสาร เนื่องด้วยบุคคลที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ต้องเป็นบุคคลที่สามารถสื่อสารเกี่ยวกับพลังงานและการใช้พลังงานได้อย่างมีความหมาย ซึ่งความสามารถในการสื่อสารสอดคล้องกับสมรรถนะสำคัญในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2007) และเป็น 1 ใน 10 ตามกรอบแนวคิดการศึกษาขององค์การความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ 2573 (The OECD Education 2030 Framework) (Organization for Economic Co-operation and Development, 2018) และเป็นสมรรถนะสำคัญ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (Office of the Basic Education Commission, 2017) สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารเนื้อหาสาระ การสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการสื่อสารระหว่างการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปยังสังคมที่เกี่ยวข้องเชื่อมโยงไปกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงถึงลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องสื่อสารความเข้าใจ และแนวคิดกับนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น หรือกับคนทั่วไปให้เกิดเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรียกว่า สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ (Science Communication Competence) (Kulgemeyer and Schecker, 2013)

อย่างไรก็ตาม สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังคงต้องมีการพัฒนาและส่งเสริมให้ดีขึ้น เนื่องจากผลการทดสอบการประเมินทักษะการในศตวรรษที่ 21 (3Rs & 8Cs) ของนักเรียนไทย ตามที่องค์กรภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เสนอไว้ (Partnership for 21st Century Skills, 2007) พบว่า นักเรียนไทยมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ประเด็นเรื่อง การสื่อสาร ซึ่งอยู่ในกลุ่มทักษะชีวิตและอาชีพ (Chaisooksung, 2014) ยังไม่ดีนัก สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศที่ใช้กรอบแนวคิดของ Kulgemeyer and Schecker (2013) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เนื้อหา 2) บริบท 3) ภาษา และ 4) สิ่งแทนความ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในสาธารณรัฐอินโดนีเซียของ Hermawansyah, Rahman and Anwar (2019) ที่พบว่า ระดับสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรวมอยู่ในระดับต่ำ และจำเป็นต้องพัฒนา

นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ได้เลือกใช้กรอบแนวคิด สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของ Kulgemeyer and Schecker (2013) เนื่องจาก กรอบแนวคิดดังกล่าว มีความครอบคลุมในการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบ ในขณะที่มีการนำเสนอผลงานตามภาระงานในรูปแบบต่าง ๆ ตามกิจกรรมในระหว่างการเรียนรู้วิชาเคมี พบว่า ด้านเนื้อหา นักเรียนนำเสนอเนื้อหา แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแนวคิดสำคัญยังไม่ถูกต้องครบถ้วน การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอยังขาดความน่าสนใจ ด้านบริบท นักเรียนบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูนำเสนอเพื่อนำมาสู่การสืบเสาะ ค้นคว้าได้ บางครั้งการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนก็ไม่ตรงกับประเด็นหรือเป็นไปตามบริบทที่ผู้ฟังสอบถาม ด้านภาษา พบว่า การใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนบางคนยังไม่ถูกต้อง และไม่สามารถขยายความคำศัพท์บางคำที่นำเสนอได้ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจมากยิ่งขึ้นได้ ตลอดจนไม่สามารถสรุปความให้กระชับ และตรงประเด็นตามที่ได้รับมอบหมาย และในด้านสิ่งแทนความ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจในการเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง เพื่อประกอบการส่งสารที่สอดคล้องกับเนื้อหา และสิ่งแทนความที่เลือกมานั้น มักเป็นตัวแทนในการสื่อความที่ไม่ดี ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอ ซึ่งจากการประเมินดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่า ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น เพื่อไปส่งเสริมความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนด้วย

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิธีการพัฒนาและส่งเสริม ทั้งความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาทักษะหรือสมรรถนะในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ หรือช่วยสร้างความตระหนักรู้ด้านพลังงานได้ เช่น งานวิจัยของ Silpachai et al. (2017) ที่ศึกษาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนงานวิจัยด้านความตระหนักรู้และการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ งานวิจัยของ Sangjan et al. (2012) ที่ได้ออกแบบกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจด้านการอนุรักษ์พลังงานและผลกระทบภาวะโลกร้อน สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นโดยรวมสามารถส่งเสริมนักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจด้านการอนุรักษ์พลังงานและผลกระทบภาวะโลกร้อนอยู่ในระดับมากโดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.19 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน สอดคล้องกับสมมติฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่เนื่องจากเป็นการทำวิจัยในช่วงที่เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) อย่างรุนแรง ซึ่งทางโรงเรียนได้ปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบ on-site ผสมผสานกับรูปแบบ online จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจการจัดการเรียนรู้ผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก การส่งเสริมสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาและจำเป็นต้องมีแหล่งการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนด้วยตนเอง จนเกิดเป็นสมรรถนะได้ในที่สุด และในสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มี 4 องค์ประกอบ จำเป็นต้องมีการนำเสนอตัวอย่างการสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวอย่างให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวได้ง่ายยิ่งขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่มีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สูงขึ้นได้ (Sukthong et al., 2014; Kaewnui, Senasawat and Navarat, 2016; Passakchai and Kuno, 2015) ซึ่งเป็นส่วนของการส่งเสริมนักเรียนให้มีความเข้าใจในเนื้อหาที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการส่งเสริมสมรรถนะในการสื่อสารที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับในองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีการวิจัยไม่มากนักที่ศึกษาผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อองค์ประกอบนั้นๆ รวมทั้งการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ส่งเสริมความตระหนักรู้ทางด้านพลังงานก็ยังไม่มีงานวิจัยในส่วนนี้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ที่นำมาผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ในห้องเรียน เน้นการมีส่วนร่วม โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีลักษณะเป็นสื่อตัวแทนในการการนำเสนอเนื้อหาเรื่องราวต่าง ๆ สถานการณ์ บริบทในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ที่นักเรียนสามารถโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนได้ด้วยตนเองตามลำดับขั้นตอนการเรียนอย่างเป็นระบบ รวมทั้งได้ข้อมูลย้อนกลับทันที นอกจากนี้ยังนำมาใช้เชื่อมโยงกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และการทำงานแบบร่วมมืออย่างมีส่วนร่วมทั้งแบบในห้องเรียนและแบบออนไลน์ โดยในห้องเรียนส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ครู นักเรียนและสื่อให้มากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนา ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน และสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ

วิธีดำเนินการวิจัย

1) แบบแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบการทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Design : One-Shot Case Study Design) ซึ่งทำการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว และมีการวัดเฉพาะหลังการทดลอง (Leekitwattana, 2015) เนื่องจากผู้วิจัยสนใจกระบวนการเชิงปฏิบัติการที่คาดว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตาม และลักษณะของตัวแปรตามที่สนใจมีลักษณะเป็นพฤติกรรมที่สังเกตได้ระหว่างกระบวนการเรียนและการปฏิบัติงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับสื่อ ดังแสดงในตาราง 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	ประเมินก่อนเรียน	จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้	ประเมินหลังเรียน
E	-	X	T

หมายเหตุ : ประเมินหลังเรียน คือ การประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน และการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

2) กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 44 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นโดยมีการวิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์หลักสูตร และวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งเป็นเนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และเคมีไฟฟ้า แล้วจัดทำแบบร่าง (Storyboard) ก่อนจะใช้โปรแกรม Adobe Captivate ในการประกอบขึ้นเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งหลักสำคัญในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้ คือ ต้องการนำเสนอแก่ผู้เรียนตัวอย่างแนวทางการสื่อสารและการนำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และต้องการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้วยตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบสำคัญ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ อาทิ นักเรียนตระหนักถึงประโยชน์ของฟางข้าวที่สามารถนำสร้างเป็นพลังงานชีวมวลได้ และสามารถอธิบายขั้นตอนการแปรรูปฟางข้าวไปเป็นเอทานอลได้ ตลอดจนเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เอทานอล เพื่อสร้างสรรค์เป็นพลังงานสะอาดได้ ด้วยความเข้าใจ เห็นถึงความสำคัญ และรู้จักการใช้ประโยชน์จากเซลล์เชื้อเพลิงชนิดแอลกอฮอล์โดยตรง และพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงเอทานอลสำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกในอนาคตได้ สาระการเรียนรู้

สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากฟางข้าวผ่านบทเรียนเสมือนจริง โดยใช้ตัวละครสมมติเป็นคุณครูกับนักเรียน สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดอ่างทอง มีการนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ความรู้ และการมอบหมายภารกิจสำหรับนักเรียนในการนำเสนอผลงาน ภาระงานผ่านช่องทางต่างๆ เช่น ช่อง YouTube ของนักเรียน หรือการนำเสนอผลงานในชั้นเรียน เพื่อประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นครูผู้สอนวิชาเคมี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ จำนวน 3 ท่าน และมีการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องเรียนอื่น ที่ผ่านการเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 แล้ว จำนวน 40 คน เพื่อปรับแก้ ภาษา ภาพ ก่อนนำมาใช้กับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้

3.2 แบบประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ และ 3 ระดับ โดยใช้คุณลักษณะของความตระหนักรู้ด้านพลังงานตามกรอบแนวคิดของ U.S. Department of Energy (2017) ที่ประกอบด้วย 5 คุณลักษณะของคุณลักษณะความตระหนักรู้ด้านพลังงาน จำนวนรายการคำถามและระดับที่ประเมิน เป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะย่อยของความตระหนักรู้ด้านพลังงาน จำนวนรายการคำถาม รูปแบบคำถาม

คุณลักษณะความตระหนักรู้ด้านพลังงาน	**จำนวนรายการคำถาม**		
	5 ระดับ	**3 ระดับ**	**รวม**
1) รู้เรื่องระบบพลังงานและสามารถวิเคราะห์ระบบการใช้พลังงานได้	3	1	4
2) รู้เรื่องการจัดหาและใช้พลังงานอย่างมีเหตุผล	10	4	14
3) สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวกับพลังงานได้	3	4	7
4) สามารถสื่อสารเกี่ยวกับพลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีความหมาย	3	2	5
5) ใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา	3	4	7
รวม	22	15	37

เกณฑ์การประเมินผล ในภาพรวมของความตระหนักรู้ด้านพลังงาน คะแนนรวม 155 คะแนน แบ่งช่วงระดับคุณภาพเท่ากัน (Educational Testing Office, 2012) คือ ระดับดี ช่วง 155–116 คะแนน, ระดับพอใช้ ช่วง 115–76 คะแนน และระดับปรับปรุง ช่วง 75–37 คะแนน สำหรับการประเมินรายคุณลักษณะย่อย ใช้การแบ่งช่วงระดับคุณภาพเท่ากันเช่นกัน

สำหรับการหาคุณภาพของแบบประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ค่า IOC โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า อยู่ในช่วง 0.50-1.00 ทุกรายการคำถาม และความเชื่อมั่น (Reliability) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.88 (Tirakanan, 2006)

3.3 แบบประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เป็นการประเมินผลงาน ภาระงานในการนำเสนอของนักเรียนตามกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กรอบแนวคิด สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของ Kulgemeyer and Schecker (2013) มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เนื้อหา บริบท ภาษา และสิ่งแทนความ การประเมินจำนวน 3 ครั้ง ดังนี้

- ประเมินครั้งที่ 1 : แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรียนรู้สิ่งแวดล้อมและบริบทของพื้นที่ชุมชนในจังหวัดอ่างทอง ประเมินจากผลงานการระดมความคิด และนำเสนอองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบผังมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทพื้นที่จังหวัดอ่างทอง ในหัวข้อ “คุยเฟื่อง อู่ข้าวเมืองอ่างทอง”
- ประเมินครั้งที่ 2 : แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ความตระหนักรู้ด้านพลังงานสะอาด การแปรรูปฟางข้าวไปเป็นเอทานอล ประเมินจากการจัดทำวีดีทัศน์เผยแพร่องค์ความรู้ เรื่อง พลังงานชีวมวล สู่ชุมชน โดยเผยแพร่ผ่านช่อง YouTube ของนักเรียน
- ประเมินครั้งที่ 3 : แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 จุดประกายความคิดสร้างสรรค์ จากตัวอย่างเซลล์เชื้อเพลิงจากเอทานอลโดยตรง ประเมินจากการนำเสนอผลงานแบบจำลองพลังงานสะอาด ในหัวข้อ “นวัตกรรมพลังงานสะอาด ช่วยชาติรอดวิกฤติ”

สำหรับการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากผลงานของนักเรียน ใช้เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มาจากแบบประเมินในงานวิจัยของ Bowater and Yeoman (2012), Pitiporntapin (2014) และ Atjanawat (2015) และได้เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ ดังตารางที่ 3

สำหรับการแปลผลของคะแนนสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินจากผลงาน จำนวน 3 ผลงาน โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังตารางข้างต้น มาเป็นระดับคุณภาพ 3 ระดับ โดยแบ่งช่วงคะแนนในแต่ละระดับคุณภาพให้เท่ากัน ทั้งภาพรวมของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และองค์ประกอบย่อย การหาคุณภาพของแบบประเมินโดยผู้เชียวชาญประเมิน ค่า IOC อยู่

ระหว่าง 0.5-1.0 และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบประเมิน

ตารางที่ 3 พฤติกรรมบ่งชี้ของรายการประเมินและเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ

พฤติกรรมบ่งชี้	เกณฑ์การประเมิน
1. เนื้อหา (Content) : ประเมิน 4 รายการ รวม 12 คะแนน ระบุเนื้อหาสำคัญได้ถูกต้อง ครบถ้วน เป็นลำดับขั้นตอน และนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจ ทำให้ผู้รับสารต้องการรับสารมากขึ้น	- ระบุเนื้อหาสำคัญได้ถูกต้องทั้งหมด - ระบุเนื้อหาสำคัญได้ครบถ้วนทุกประเด็น - เรียบเรียงเนื้อหาเป็นลำดับขั้นตอน - เรียบเรียงเนื้อหาให้เกิดความน่าสนใจแก่ผู้รับสาร
2. บริบท (Context) : ประเมิน 2 รายการ รวม 6 คะแนน เชื่อมโยงข้อเท็จจริงของเนื้อหาเข้ากับตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน หรือตัวอย่างที่ยกมาต้องเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป และช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น	- เชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับตัวอย่าง หรือเหตุการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน - ยกตัวอย่างที่ช่วยให้ผู้รับสารเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น
3. ภาษา (Code) : ประเมิน 2 รายการ รวม 6 คะแนน เลือกใช้ประเภทภาษาในการสื่อสารได้ถูกต้องและเข้าใจง่าย โดยตัดสินใจว่า ควรใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์หรือภาษาทั่วไปในชีวิตประจำวัน และหากจำเป็นต้องใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ ต้องมีการอธิบายขยายความคำศัพท์เหล่านั้นด้วย	- เลือกใช้คำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ (Technical term) หรือคำศัพท์ทั่วไป เพื่อสื่อสารได้อย่างเหมาะสม - ขยายความคำศัพท์เฉพาะ หรือใช้คำเชิงเปรียบเทียบ เพื่อให้เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น
4. สิ่งแทนความ (Representation) : ประเมิน 2 รายการ รวม 6 คะแนน เลือกใช้รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ/แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวเพื่อประกอบการส่งสารได้สอดคล้องกับเนื้อหาและสิ่งแทนความ ทำให้ผู้รับสารเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	- เลือกใช้รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ/แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหวประกอบการสื่อสารที่ถูกต้องและเหมาะสมกับเนื้อหา - รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ/แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ที่เลือกมาประกอบการสื่อสารส่วนใหญ่ ทำให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะกับกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 6 สัปดาห์ รวม 12 ชั่วโมง และระยะเวลาการศึกษาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ และการสร้างผลงานของนักเรียนนอกเวลาเรียนอีกกว่า 8 ชั่วโมง รวมเป็น 20 ชั่วโมง

2. ประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ด้วยแบบประเมินภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้สุดท้าย จำนวน 1 ครั้ง และประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากผลงานนักเรียน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ และร้อยละของระดับคุณภาพของนักเรียนทั้งในภาพรวมและแยกเป็นรายคุณลักษณะของความตระหนักรู้ด้านพลังงาน โดยมีระดับคุณภาพ 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ ปรับปรุง

2. การประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ และร้อยละ ในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นแต่ละครั้งของการประเมิน เพื่อหาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับคุณภาพ ได้แก่ ดี พอใช้ ปรับปรุง ซึ่งแยกเป็นรายองค์ประกอบ และหาร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ครั้ง ตามองค์ประกอบของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

1. ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน

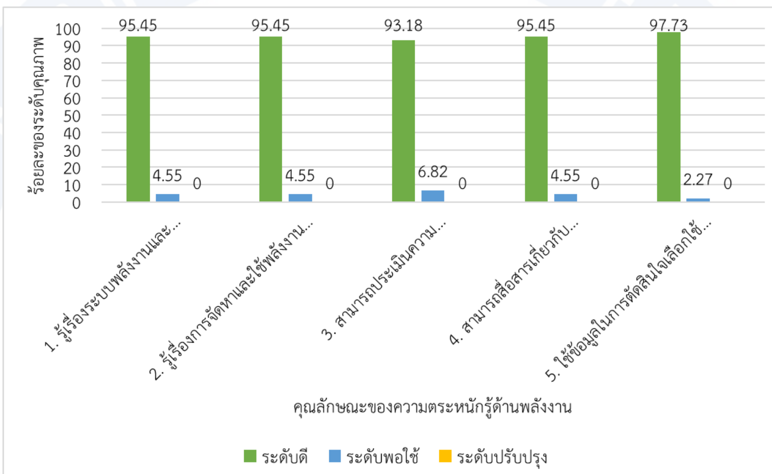
จากการประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ มีผลการประเมินเป็นดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ อยู่ในระดับดี จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 95.45 และอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.55

ตารางที่ 4 ความถี่และร้อยละของผลการประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ระดับคุณภาพ	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ (Percentage)
ดี	42	95.45
พอใช้	2	4.55
ปรับปรุง	0	0

จำแนกตามคุณลักษณะของความตระหนักรู้ด้านพลังงาน จำนวน 5 คุณลักษณะย่อย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงตามภาพที่ 1

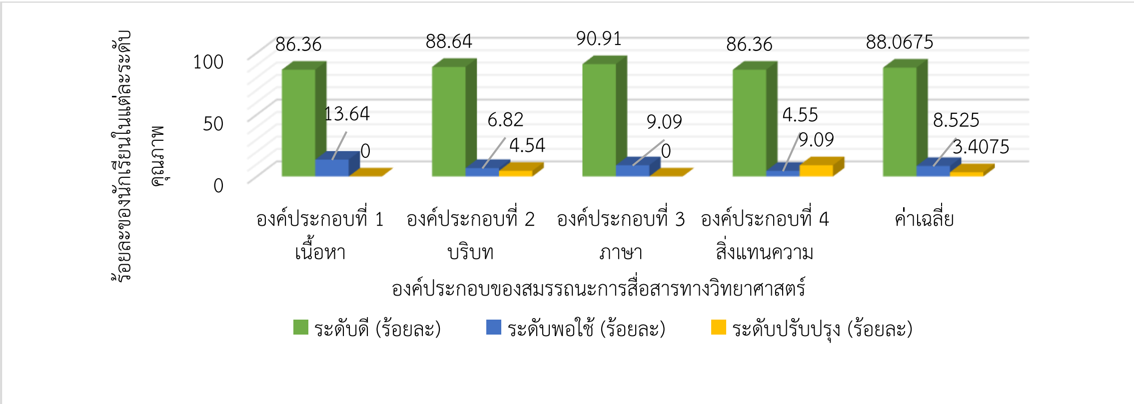


ภาพที่ 1 กราฟแสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ตามระดับคุณภาพความตระหนักรู้ด้านพลังงานแยกตามรายคุณลักษณะย่อย 5 คุณลักษณะ

จากภาพที่ 1 พบว่า ความตระหนักรู้ด้านพลังงานรายคุณลักษณะย่อยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ คุณลักษณะที่ 5 ใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีเป็นจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.73 คุณลักษณะที่นักเรียนได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีจำนวนน้อยที่สุด คือ คุณลักษณะที่ 3 สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวกับพลังงานได้ โดยมีนักเรียนอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 93.18 แต่อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนทุกคุณลักษณะ พบว่า อยู่ในระดับดีสูงกว่าร้อยละ 90.00 ในทุกคุณลักษณะย่อย

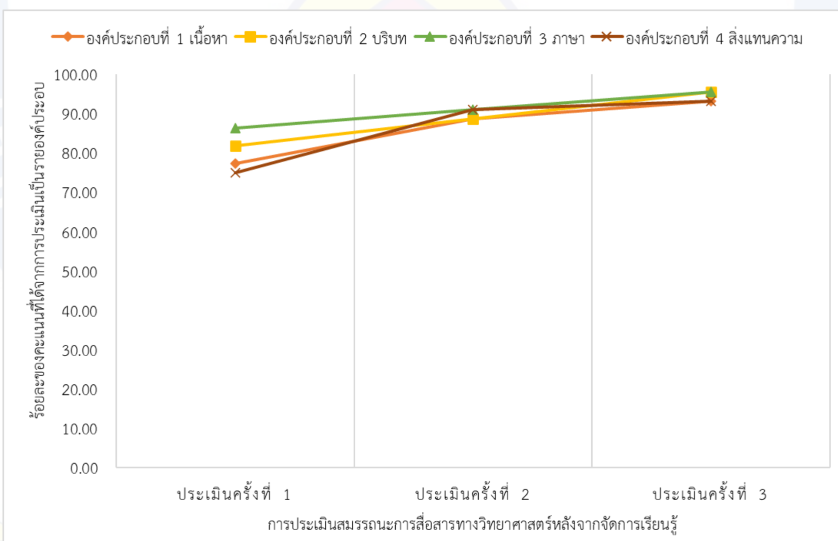
1. สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ รวม 3 ครั้ง มีผลการประเมินเป็น ดังภาพที่ 2 ที่แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินในภาพรวมทุกองค์ประกอบ ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 88.07 และเมื่อพิจารณาตาม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เนื้อหา บริบท ภาษา และสิ่งแทนความ นักเรียนส่วนใหญ่ มากกว่าร้อยละ 85.00 อยู่ในระดับดี และเมื่อจำแนกผลการประเมินเป็นรายองค์ประกอบ พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดี มีค่าสูงกว่าร้อยละ 85.00 ในทุกองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่มีร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีสูงสุด คือ องค์ประกอบที่ 3 ภาษา คิดเป็นร้อยละ 90.91 และร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีต่ำสุด คือ องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหา และองค์ประกอบที่ 4 สิ่งแทนความ โดยคิดเป็นร้อยละ 86.36 เท่ากัน ส่วนร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ มีสัดส่วนรองลงมาจากระดับดี ยกเว้นองค์ประกอบที่ 4 สิ่งแทนความที่มีร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงสูงกว่าระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 9.09 ส่วนในองค์ประกอบที่ 1 เนื้อหา และ 3 ภาษา ไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับปรับปรุง



ภาพที่ 2 ร้อยละของนักเรียนตามระดับคุณภาพสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จาก 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ และค่าเฉลี่ยในภาพรวมของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

สำหรับภาพที่ 3 แสดงกราฟเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์แยกเป็นรายองค์ประกอบของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ครั้ง พบว่า ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินในทุกองค์ประกอบมีแนวโน้มสูงขึ้นจากครั้งถัดไปโดยลำดับ โดยองค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 3 ภาษา รองลงมาคือ องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหา กับองค์ประกอบที่ 2 บริบท ส่วนองค์ประกอบที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินต่ำที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบที่ 4 สิ่งแทนความ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ในทุกครั้งที่ทำการประเมิน



ภาพที่ 3 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แยกเป็นรายองค์ประกอบ

อภิปรายผล

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมความตระหนักรู้ด้านพลังงาน และสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี ทั้งนี้ เนื่องจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ มีการออกแบบด้านเนื้อหา และการวางโครงสร้างอย่างเป็นระบบ มีการนำเทคนิคต่าง ๆ ทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสร้างซึ่งประกอบได้ด้วยภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว ภาพกราฟิก ในรูปแบบเกมผ่านด่าน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาบทเรียน ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากฟางข้าวผ่านบทเรียนเสมือนจริง โดยใช้ตัวละครสมมติเป็นคุณครูกับนักเรียน สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดอ่างทองเป็นตัวอย่างของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4

องค์ประกอบ นอกจากนี้ ยังมีการนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ความรู้ และการมอบหมายภารกิจสำหรับนักเรียนในการนำเสนอผลงาน ภาระงานผ่านช่องทางต่างๆ เช่น ช่อง YouTube ของนักเรียน หรือการนำเสนอผลงานในชั้นเรียน เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามจุดเน้นและวัตถุประสงค์ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วย โดยการนำเสนอเนื้อหาในบทเรียนสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่ง Laohajaratsang (1998) ได้กล่าวว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ เป็นสื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยอาศัยคำแนะนำจากผู้สอนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อหลากหลายรูปแบบ เช่น ข้อความ แผนภูมิ ภาพนิ่ง กราฟิก ภาพแอนิเมชัน เสียง และวีดิทัศน์ เป็นต้น เพื่อสื่อสารและถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ครบถ้วน และใกล้เคียงกับบริบทในห้องเรียนจริงมากที่สุด (Malithong, 2000)

นอกจากนี้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นสื่อที่ใช้ในการนำเสนอบทเรียนที่มีการโต้ตอบแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถที่จะเลือกหัวข้อการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะมีการนำเสนอสื่อเสียง และภาพประกอบนำเสนอที่ชัดเจน และผู้เรียนสามารถฝึกทำแบบทดสอบ โดยจะมีการตรวจคำตอบโดยทันที ก่อให้เกิดการเรียนรู้รายบุคคล ช่วยเร้าความสนใจของผู้เรียนได้มาก สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์นำจุดเด่นของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วไป ที่มีการนำเสนอเนื้อหาในบทเรียนได้อย่างครบถ้วน โดยพัฒนาให้มีการนำเสนอสาระการเรียนรู้ที่สำคัญ ตัวอย่างของการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เซลล์เชื้อเพลิงโดยตรงโดยใช้เอทานอลที่หมักได้จากฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากในชุมชน เพื่อสร้างเสริมความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงธรรมชาติ และบทบาทของพลังงานหลักและพลังงานทดแทนในชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความเข้าใจนั้นไปใช้ตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่ประเทศกำลังประสบอยู่ และเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนบ่มเพาะลักษณะของบุคคลที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ทั้ง 5 คุณลักษณะ ผ่านการซึมซับแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานจากบทเรียน (U.S. Department of Energy, 2017) และจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า เมื่อนักเรียนได้ใช้ระยะเวลาเรียนรู้บทเรียนมากขึ้น ส่งผลให้ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Bayley et al. (2020) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของเกม เพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนที่มีการออกแบบให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงาน เน้นเนื้อหาของพลังงานทดแทนในบทเรียน และจัดการเรียนรู้ตามแนวทางคอนสตรัคติวิสต์ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ที่มีความหมาย และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน จนนำไปสู่การพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานที่สูงขึ้น ภายหลังการจัดการเรียนรู้

สำหรับการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการเรียนรู้ทั้งผ่านบทเรียนและการสืบเสาะ ค้นคว้า การมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อบทเรียนด้วยตนเอง และการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่ม สามารถนำเสนอเรื่องราวสะท้อนแนวคิดความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ตามความคิดและความสนใจของตนเอง เช่น เซลล์เชื้อเพลิงเอทานอลสู่ชุมชน ที่ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ในบทเรียนมาต่อยอด และสร้างเป็นวีดีทัศน์ เพื่อสื่อสารความเข้าใจ ถ่ายทอดแนวคิด เกี่ยววิธีการสร้างและประยุกต์ใช้พลังงานสะอาดจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในบริบทของชุมชน เพื่อเผยแพร่ให้กับผู้ที่สนใจในโรงเรียน ครอบครัว และชุมชน ตลอดจนนำเสนอผลงานแบบจำลองพลังงานสะอาด ในหัวข้อ “นวัตกรรมพลังงานสะอาด ช่วยชาติรอดวิกฤต” แลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน นอกจากนี้ ในการสื่อสารผ่านการเขียน ซึ่งเป็นงานที่มอบหมายให้นักเรียนเขียนระดมความคิด เพื่อนำเสนอองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบผังมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทพื้นที่จังหวัดอ่างทอง ในหัวข้อ “คุยเฟื่อง อู่ข้าวเมืองอ่างทอง” นักเรียนสามารถทำได้ดีครบทั้ง 4 องค์ประกอบของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างผลงานในภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ตัวอย่างวีดีทัศน์ผลงานของนักเรียนที่ใช้ประกอบการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากผลงานของนักเรียนในข้างต้น ผู้วิจัยอภิปรายผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น โดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ ได้ดังนี้

1) องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหา : ทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม และสามารถทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้นได้ สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น และการที่นักเรียนมีเวลาในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเต็มที่ โดยครูมีหน้าที่เป็นโค้ช นักเรียนจะค่อย ๆ ซึมซับเนื้อหาในบทเรียน และเกิดความตระหนักรู้ด้านพลังงานจากเนื้อหาที่ถ่ายทอดได้ดียิ่งขึ้น

2) องค์ประกอบที่ 2 บริบท : บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ มักจะนำเสนอตัวอย่างของการเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับตัวอย่างที่พบได้ในชีวิตประจำวันในหลากหลายบริบท มีการตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป และช่วยให้นักเรียนเข้าใจข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายมากขึ้นด้วย

3) องค์ประกอบที่ 3 ภาษา : บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ มีการเลือกใช้ประเภทภาษาทั้งภาษาทางวิทยาศาสตร์ หรือภาษาทั่วไปในการสื่อสารได้ถูกต้อง และเข้าใจง่าย

4) องค์ประกอบที่ 4 สิ่งแทนความ : บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์มีการเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง เพื่อประกอบการส่งสารได้อย่างสอดคล้องกับเนื้อหา และสิ่งแทนความนั้นทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น

ดังจะเห็นว่า เมื่อนักเรียนเรียนรู้ผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนโดยตรง โดยในบทเรียนจะมีการนำเสนอเนื้อหา แบบทดสอบ มีการเสริมแรง และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้ในบริบทของเนื้อหา และพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 4 องค์ประกอบ รวมทั้ง ครูผู้สอน ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการนำเสนอ ซึ่งเป็นการแสดงความสามารถที่สะท้อนถึงสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Christraksa (2020) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีสถานการณ์จำลอง เน้นให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อประสม ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง วีดีโอ และมีปฏิสัมพันธ์กันและกัน เนื้อหาต่าง ๆ อยู่ในลักษณะของความรู้ และสาระ (tutorial) ลักษณะของบทเรียนควรจัดให้เปรียบเสมือนมีการตอบโต้กับผู้สอนซึ่งเน้นลักษณะของการออกแบบกดปุ่มต่าง ๆ เพื่อให้มีขั้นตอนหรือเวลาในการคิดวิเคราะห์ นำเสนอ โดยทำหน้าที่เป็นผู้ส่งสารและรับสาร และมีการให้ผลป้อนกลับ (Feedback) โดยทันที

จากผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1 2 และ 3 พบว่า ผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าการประเมินครั้งก่อนหน้าโดยลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Firmansyah et al. (2019) ที่กล่าวว่า การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มสูงขึ้น ถ้านักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับ ทั้งนี้ เพราะนักเรียนได้รู้จุดอ่อนของตนเอง จากการสะท้อนผลของครูผู้สอน (Reflection) ภายหลังการจัดการเรียนรู้ในครั้งก่อน นักเรียนจึงปรับปรุงและพัฒนาสมรรถนะของตนให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เป็นรายองค์ประกอบ พบว่า ด้านเนื้อหา บริบท และภาษาจะอยู่ในระดับดี ทั้งนี้ เนื่องจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นตัวอย่างของการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักภาษา และหลักการทางวิทยาศาสตร์ ใช้ภาษาชัดเจน ข้อความที่นำเสนอ เข้าใจง่าย จัดลำดับเนื้อหา มีความเหมาะสม มีการยกตัวอย่างที่นักเรียนเห็นได้จริงในชีวิตประจำวัน นักเรียนจึงสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากบทเรียนไปสู่ชีวิตจริงได้ ซึ่งสะท้อนจากผลการประเมินในด้านภาษา และด้านบริบท ซึ่งผลการประเมินมีร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีสูงสุดเป็น 2 อันดับแรก

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 4 สิ่งแทนความ พบว่า มีนักเรียนที่อยู่ในระดับปรับปรุงมากที่สุด จำนวน 4 คน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากผลการประเมินจากด้านการเขียน ทั้งนี้ เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ มักเลือกสิ่งแทนความประกอบการนำเสนอเพียง 1 สิ่งเท่านั้น เพื่อประกอบการบรรยาย และสิ่งแทนความที่นักเรียนเลือกมานั้น เป็นตัวแทนของเนื้อหาที่ไม่ดี และไม่ได้ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Firmansyah et al. (2019) ที่พบว่า การใช้สิ่งแทนความของนักเรียนมีผลการประเมินในระดับที่ต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ และผลการวิจัยวิจัยของ Atjanawat (2015) ที่ระบุว่า ผลการประเมินความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนรายงานเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ และบางส่วนอยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจาก เนื้อหาที่นักเรียนนำมาเขียนรายงานมาจากแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ มีการสะกดคำผิด ใช้คำศัพท์ทางเทคนิคไม่ถูกต้องกับบริบท เพราะนักเรียนขาดความเข้าใจในเชิงลึก จึงไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เขียนเข้ากับตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งสิ่งแทนความที่นักเรียนเลือกมานำเสนอ ไม่ได้ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจสิ่งที่นำเสนอมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้น ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องฝึกฝนพัฒนาองค์ประกอบนี้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ทั้งนี้ผู้สอนควรจัดสรรเวลาให้คำแนะนำเพิ่มเติม หรือให้แบบฝึกหัดแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง และได้ฝึกฝนสมรรถนะการสื่อสารในองค์ประกอบนี้มากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สามารถส่งเสริมให้มีความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยพบว่า ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนภายหลังเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 95.45 อยู่ใน

ระดับดี และ 2) สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์รายองค์ประกอบของนักเรียนภายหลังเรียนรู้ จากการประเมิน 3 ครั้ง พบว่า ร้อยละของคะแนนที่ได้จากการประเมินในทุกองค์ประกอบมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการประเมินครั้งก่อนหน้าตามลำดับ และเมื่อคำนวณร้อยละเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินทั้ง 3 ครั้ง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 88.07 อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาตาม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ เนื้อหา บริบท ภาษา และสิ่งแทนความ นักเรียนส่วนใหญ่ มากกว่าร้อยละ 85.00 อยู่ในระดับดี เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจาก ในบทเรียนสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์มีเนื้อหา สื่อและกิจกรรมภายในที่เน้นปลูกฝังให้เกิดความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ทำให้นักเรียนเข้าใจถึงธรรมชาติ และบทบาทของพลังงานต่อชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความเข้าใจนั้นไปใช้ตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานด้วย และช่วยพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นตัวอย่างของสื่อที่ทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม โดยเลือกใช้รูปภาพ แผนภูมิ กราฟ แผนผัง เพื่อประกอบการส่งสารได้อย่างสอดคล้องกับเนื้อหา และสิ่งแทนความนั้น ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้ง่ายขึ้น และมีการนำเสนอตัวอย่างของการเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับตัวอย่างที่พบได้ในชีวิตประจำวันในหลากหลายบริบท มีการตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป นอกจากนี้ มีการเลือกใช้ประเภทภาษาทั้งภาษาทางวิทยาศาสตร์ หรือภาษาทั่วไปในการสื่อสารได้อย่างถูกต้อง เข้าใจง่าย เป็นการสอดแทรกตัวอย่างผ่านบทเรียน และช่วยฝึกสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้

1. งานวิจัยนี้ มีการติดตามสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้ จะช่วยให้คุณครูเห็นพัฒนาการของนักเรียน และสามารถให้ข้อมูลสะท้อนกลับ เพื่อพัฒนานักเรียนได้

2. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรใช้สถานการณ์และคำถามกระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับปัญหาในประเด็นที่เกี่ยวข้อง อาทิ พลังงานสะอาดใกล้ตัว พบได้ในชีวิตประจำวันหรือในชุมชน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนกลายเป็นส่วนหนึ่งของสถานการณ์ สร้างแรงผลักดันในการสร้างความตระหนักรู้ด้านพลังงานให้เกิดขึ้นในตนเอง ตลอดจนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ เน้นฝึกสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 องค์ประกอบ และอาจแนะนำให้นักเรียนได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์เพิ่มเติม นอกเวลาเรียนหรือศึกษาได้ที่บ้าน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ และเกิดความตระหนักรู้ด้านพลังงานอย่างเต็มที่

ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ด้วยข้อจำกัดของกรอบระยะเวลาในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เน้นใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เดิมและเพื่อใช้ให้ทันในการจัดการเรียนการสอนช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น จึงยังไม่ได้พัฒนาเป็นบทเรียนเครือข่ายออนไลน์ และจากการสังเกตในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า นักเรียนสนใจที่จะศึกษาด้วยตนเองนอกเวลาเพิ่มเติมจากชั่วโมงเรียน ดังนั้น หากทำการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายออนไลน์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา

2. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ส่งเสริมส่งเสริมความตระหนักรู้ด้านพลังงาน และการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ที่ใช้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เน้นปฏิสัมพันธ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ประจำ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขและติดตามการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีเสมอมานับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการผลิตสื่อนวัตกรรม จากโครงการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เพื่อพลังงานสะอาด คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนพัฒนาไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน พุทธศักราช 2563

ขอขอบพระคุณนายบันลือ พลมาลา และนายบรรจบ เฉลยมรรค ผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม ตลอดจนคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคมทุกท่าน โดยเฉพาะคุณครูวรรณนภา ธุววิทย์ ผู้วิจัยร่วมที่มีส่วนช่วยพัฒนาเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ และที่สำคัญต้องขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่สละเวลาให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการวิจัย มาร่วมเรียนรู้ และพัฒนาตนเองไปพร้อมกัน

เอกสารอ้างอิง

Atjanawat, T. (2015). Development of science communication and teamwork abilities of eleventh grade students using group investigation (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Bayley, M., Snow, S., Weigel, J. and Horrocks, N. (2020). Serious Game Design to Promote Energy Literacy Among Younger Children. **Proceeding of 32nd Australian Conference on Human-Computer Interaction (OzCHI '20)** (pp. 531-537). December, 2020. New York: Association for Computing Machinery.

Bowater, L. and Yeoman, K. (2012). **Science communication: A practical guide for scientists**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Chaisooksung, S. (2014). Academic administration strategies to promote 21st century skills of students in alternative private school (in Thai). **Doctoral Dissertation.** Bangkok: Chulalongkorn University.

Christraksa, W. (2020). The effect of computer assisted instruction entitled therapeutic relationship and communication for psychiatric patients on perceived efficacy among nursing students, Faculty of Nursing, Prince of Songkla University (in Thai). **Songklanagarind Journal of Nursing**, 39(1), 53-65.

Cotton, D.R.E., Miller, W., Winter, J., Bailey, I. and Sterling, S. (2015). Developing students' energy literacy in higher education. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, 16(4), 456-473.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2012). Feasibility Study Project for Commercial Cellulose Ethanol Production (in Thai). Retrieved on 6 December 2021 from **DEDE**: http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/ Final%20 Report.

Educational Testing Office. (2012). **A Manual for Assessing Key Competencies of Learners at Basic Education Levels According to the Core Curriculum of Basic Education, B.E. 2551**, Bangkok: National Buddhism Office Printing House.

Electricity Generating Authority of Thailand. (2018). Summary of the power incident on 1 June 2018 (in Thai). Retrieved 6 December 2021, from **EGAT**: https://www.egat.co.th/index.php?option=comcontent&_view=article&id=2573:mis

Firmansyah, A., Chandra, D., Kaniawati, I., Samsudin, A., Novia, H. and Siahaan, P. (2019). Development of MBI_2 as interactive media in order to enhance scientific communication skills in global warming subject. **Journal of Physics: Conference Series**, 1280(5), 1-8.

Hermawansyah, T., RahmanTaufiqur T. and Anwar, S. (2019). Profile of science communication competence of junior high school students on science lesson. **Journal of Physics: Conference Series**, 1157(2), 1-5.

Kaewnui, S., Senasawat S., and Navarat, T. (2016). Development of Learning Achievement in Organic Chemistry Subject on Hydrocarbon Compounds by using computer-assisted instruction for students of the Higher Vocational Certificate Program, 1st year, Roi Et College of Agriculture and Technology (in Thai). **Journal of Humanities and Social Sciences**, 8(1), 37–54.

Kulgemeyer, C. and Schecker, H. (2013). Students explaining science-assessment of science communication competence. **Journal of Research in Science Education**, 43(6), 2235-2256.

Laohajaratsang, T. (1998). **Computer-Assisted Instruction (CAI)** (in Thai). Bangkok: Wongklom Production.

Leekitwattana, P. (2015). **Research methods in education** (in Thai). Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Malithong, K. (2000). **Technology and innovation** (in Thai). Bangkok: Arun Press.

Office of the Basic Education Commission. (2017). **Indicators and learning content in the core of the subject group learning science (Revised Edition B.E. 2560) According to the Core Curriculum of Basic Education, B.E. 2551** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Cooperative Association of Thailand Printing House Co., Ltd.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). **The Future of Education and Skills: Education 2030 -The future we want**. Paris: OECD Publishing.

Partnership for 21st Century Skills. (2007). 21st Century Student Outcomes and Support Systems. Retrieved 17 September 2021, from **Partnership from 21st Century:** http://www.p21.org/our-work/p21-framework.

Passakchai, P. and Kuno, M. (2015). The development of computer-assisted instruction on the topic of chemical reaction for matthayomsuksa 2 students (in Thai). **Veridian E-Journal,Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)**, 8 (2), 483-492.

Pitiporntapin, S. (2014). **Science and Communication** (in Thai). Bangkok: April rain printing Company Limited.

Sangjan, P., Kunchornrat, A. and Sukwan C. (2012). Activities Design Enhance Knowledge and Understanding on Energy Conservation and Global Warming Impacts for Elementary School Students (in Thai). **Journal of Industrial Studies**, 5(2), 49-56.

Silpachai, N., Panprueksa, K. and Singlop, S. (2017). The Study of Learning Achievement, Science Communication Skills and Teamwork Skills on Structure and Function of Angiosperms Using 5E Learning Cycle with Cooperative Learning (in Thai). **Journal of Education and Social Development**, 13(1), 169-182.

Sukthong P., Kaewpradit E. and Di-sawat, M. (2014). The Development of Computer-Assisted Instruction (CAI) in Organic Chemical Course, Topic Polymers for the Second Year Students, Faculty of Science, Prince of Songkla University (in Thai). **Al-Nur Journal of Graduate School, Fatoni University**, (16)31, 79-86.

Tirakanan, S. (2006). **Using statistics in social sciences research: Guidelines** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

U.S. Department of Energy. (2017). **Energy Literacy**. Washington, DC: U.S. Department of Energy.

บทความวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว

วุฒิชัย ภูดี[1,*]
[1]โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว ตำบลท่าจำปา อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม
[*]Email: w.phoodee@gmail.com

รับบทความ: 10 สิงหาคม 2565 แก้ไขบทความ: 14 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 31 ตุลาคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี เรื่อง ผ้ามัดย้อมคราม กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนที่กำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี จำนวน 5 แผน และ 2) แบบประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน จำนวน 29 ข้อ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ยและการเทียบกับเกณฑ์คุณภาพ ผลการวิจัย พบว่า ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนทั้ง 3 ด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ($\bar{x}$=2.98) ถัดมาคือด้านกระบวนการทำงานร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ ($\bar{x}$=2.83) สุดท้ายคือด้านการเป็นสมาชิกที่ดีและมีภาวะผู้นำ ($\bar{x}$=2.65) และภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$=2.82)

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

Research Article

The development teamwork and collaboration competence of learners using the 6E model in STEM education merge with the BCG economic model for grade-7 students in Chumchon Bankampok Thadokkeaw school

Wuttichai Phoodee[1,*]
[1]*Chumchon Bankampok Thadokkeaw School, Tha Champa, Tha Uthen District, Nakhon Phanom*
[*]*Email: w.phoodee@gmail.com*

Received <10 August 2022>; Revised <14 September 2022>; Accepted <31 October 2022>

Abstract

The purpose of this research was to development teamwork and collaboration competence for learners in grade - 7 students who received the 6E model in STEM education merged with the BCG economic model in topic fabric dyeing with natural dyes. The target group consisted of 26 students in grade - 7 attending in the first semester of academic year 2022, a school in Tha Uthen district Nakhon Phanom Province, Thailand. The research instruments were 1) 5 lesson plans of in STEM education merge with the BCG economic model; and 2) Teamwork and collaboration competence assessment 29 items. The statistical data was analyzed using mean and comparison with quality criteria. The results revealed a trend for the three teamwork and collaboration competency for learners' behavioral levels has increased. The 'developing relationships and handling conflicts' obtained the highest mean ($\bar{x}$=2.98), followed by the 'systematic collaboration process' ($\bar{x}$=2.83), and 'leadership' ($\bar{x}$=2.65). In addition, the overall mean was at a good level ($\bar{x}$=2.82).

Keywords: STEM Education, Teamwork and collaboration competence of learners, BCG Economic Model

บทนำ

ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ปานกลางและมีความเหลื่อมล้ำทางสังคม จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งต้องอาศัยบริบทที่เข้มแข็งของประเทศได้แก่ ความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรมโดยจะสอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจใหม่ที่เรียกว่า BCG Model (Somporn, 2021) โดยเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่จะพัฒนาเศรษฐกิจ 3 มิติไปพร้อมกัน ได้แก่ 1) เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม 2) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มุ่งเน้นการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และ 3) เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุล (Rattanaphon, *et al.*, 2021) และสอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของมนุษย์ ที่ตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานและการพัฒนาประเทศ โดยมีความเสมอภาคทางการศึกษาและการเรียนรู้ มีระบบการศึกษาที่มีความยืดหยุ่นหลากหลาย และตอบสนองความต้องการของผู้เรียนเพื่อยกระดับชนชั้นของสังคม ภายใต้ระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ที่เอื้อต่อการสร้างสังคมแห่งปัญญาและการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ (office of education council thailand, 2017) มุ่งให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสมรรถนะที่สำคัญต่อการใช้ชีวิต การทำงาน และการเรียนรู้ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21

สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมเป็นสมรรถนะหนึ่งของผู้เรียนที่ควรมี เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมผู้อื่นได้และบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งครูผู้สอนต้องจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่เป็นแบบพลวัตร่วมกันระหว่าง ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับครู และผู้เรียนกับสภาพแวดล้อม (Prasarn, Piemjard and Duanyai, 2022) โดยที่ผู้เรียนต้องเป็นสมาชิกทีมที่ดีและมีภาวะผู้นำ จากนั้นนำไปใช้ในกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบด้วยความโปร่งใสตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจร่วมกันอย่างเป็นทีมและมีความรับผิดชอบร่วมกันสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนได้ ซึ่งสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี 2) กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ และ 3) สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง (CBE Thailand, 2021)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้บูรณาการที่นำความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (Chaumklang, Pilanthananond and Srisa-ard, 2020) โดยการจัดการเรียนรู้ต้องใช้บริบทใกล้ตัวผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมและสร้างความท้าทายให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา (Tupsai, 2021; Phoodee, 2021) ซึ่งเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ทักษะ และสมรรถนะจากการปฏิบัติจริง โดยเริ่มต้นผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจบริบท สถานการณ์ เนื้อหา เพื่อนำความรู้ที่เดิมที่มีมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือออกแบบนวัตกรรมโดยผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา (Srikoom, Hanuscin and Faikhamta, 2017; Bybee, 2010; Phoodee, 2020) การจัดการเรียนรู้ 6E เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่ได้รับ การพัฒนามากจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหรือ 5E instructional model ของ Bybee (1997) โดยมีการเพิ่มการออกแบบ ทางวิศวกรรม (Engineering design) เข้าไปทดแทนในส่วนของการขยายความรู้ (Elaboration) (Janhaum and Ketsing, 2021; Saengsawang and Chaipichit, 2021) ซึ่งการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) การสร้างความสนใจ (Engage) ครูกระตุ้นความสนใจผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อให้ผู้เรียนออกแบบและแก้ปัญหา 2) ขั้นสำรวจ (Explore) ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาหรือการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน 3) ขั้นอธิบาย (Explain) ผู้เรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะก่อนหน้า 4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) ผู้เรียนนำความรู้ ที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้ามาใช้แก้ปัญหาหรือออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน 5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) ผู้เรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานเพื่อบ่งชี้ข้อผิดพลาด และปรับปรุงพัฒนาและ 6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร มากน้อยเพียงใด (Yan *et al.*, 2020; Burke, 2014) ซึ่งจากรายงานการวิจัยของ (Yokyong and Pitiporntapin, 2019) พบว่าการจัดการเรียนรู้ 6E กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนและกิจกรรมที่หลากหลาย ทักษะการโต้แย้งที่เพิ่มขึ้นจากการที่ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและมโนทัศน์ในหัวข้อต่าง ๆ ที่มากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานในการเรียน สามารถปฏิบัติภารกิจที่ครูมอบหมายได้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้เรียนได้ร่วมกันลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในชั้นเรียนและนำมาใช้ใน การสร้างสรรค์ชิ้นงานทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเป็นรูปแบบที่น่าสนใจในการจัดการเรียนรู้จึงได้นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ซึ่งส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาคนส่วนใหญ่จะมองไปที่การประดิษฐ์สิ่งของต่าง ๆ หรือการสร้างหุ่นยนต์ โดยมีต้นทุนในการจัดการเรียนรู้ที่สูงมากจึงทำให้โรงเรียนในชนบทไม่สามารถ

เข้าถึงได้ แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมซึ่งสอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี ที่เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมโดยใช้จุดเด่นของหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมซึ่งสามารถใช้จุดเด่นนี้มาผนวกกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ทุกโรงเรียน

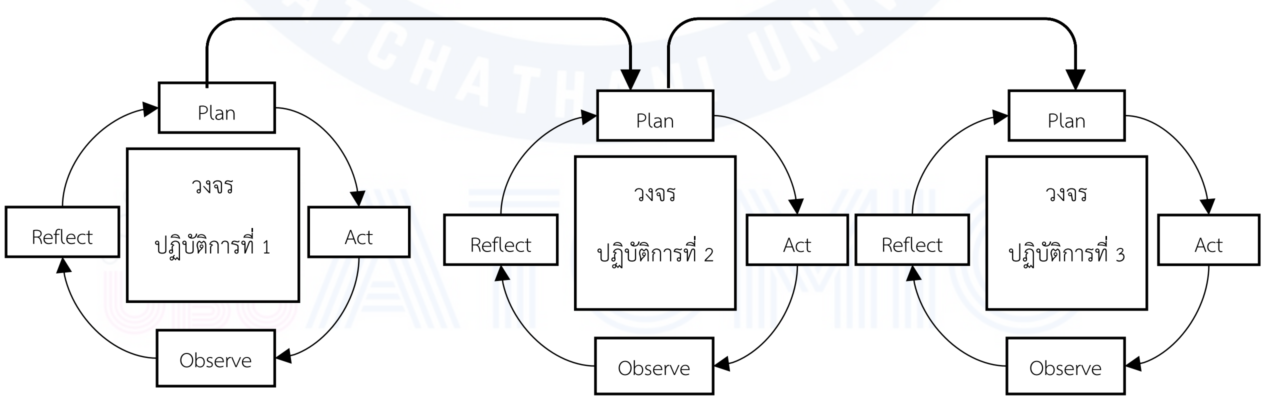
จากการสังเกตชั้นเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครพนม เขต 2 หลังจากมีการหยุดการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนอย่างยาวนาน ซึ่งเกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 จึงส่งผลให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม สังเกตได้จากผู้เรียนไม่สามารถการทำงานร่วมกันได้ เนื่องจากผู้เรียนขาดการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูทำให้ไม่สามารถเป็นสมาชิกทีมที่ดีและขาดมีภาวะผู้นำในกลุ่มที่จะนำไปใช้กับกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถทำภารกิจที่ครูมอบหมายบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายได้ ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนจึงได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับ. โมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในการทำงานและชีวิตประจำวันรวมทั้งยังเป็นการปลูกจิตสำนึก เผยแพร่ สร้างมูลค่าและรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งแนวคิดการวิจัยนี้สนับสนุนให้ครูเป็นนักวิจัยเพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียนและพัฒนาการสอนของครู ดังนั้นการวิจัยจึงมีการจำเพาะในชั้นเรียนและวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และศักยภาพของผู้เรียนในเชิงลึกมากขึ้นโดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ โดยนำกระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นการวางแผน (Plan) 2. ขั้นการปฏิบัติการ (Act) 3. การสังเกตการณ์ (Observe) และ 4. การสะท้อนกลับ (Reflect) (Saengsawang and Chaipichit, 2021; Prarinthong and Nuangchalerm, 2020) ซึ่งในแต่ละขั้นจะมีการดำเนินการต่อเนื่องกันเป็นวงจรที่เรียกว่า "เกลียวการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research Spiral)" (Wongwanich, 2017) ตลอดจนการปรับแผนการจัดการเรียนรู้กรอบลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การดำเนินการของวงจรการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

สาเหตุที่ผู้วิจัยได้เลือกดำเนินการด้วยการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเนื่องจากการวิจัยปฏิบัติการมีความยืดหยุ่นในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนสามารถปรับเทคนิคการสอนหรือกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับบริบททางวัฒนธรรมความเป็นอยู่และความต้องการของนักเรียนได้ และการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเปิดโอกาสให้ครูผู้วิจัยได้พัฒนาการสอนของตนเองโดยการลงมือปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียนและสะท้อนการปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอว่าการสอนที่ผ่านมาบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ ต้องมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างไร โดยผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนในรายวิชาสะเต็มศึกษา ซึ่ง

เป็นรายวิชาเพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้วต้องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเองด้วยการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องผ้ามัดย้อมคราม ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน แบ่งออกเป็น 3 วงจรการปฏิบัติการใช้เวลาทั้งหมด 14 ชั่วโมง

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในเขตอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม จำนวน 26 คน ซึ่งคัดเลือกจากระดับชั้นที่มีปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการรวมพลังทำงานเป็นทีม

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มี 2 ประเภทได้แก่

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องผ้ามัดย้อมครามจำนวน 5 แผน จำนวน 14 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 3 วงจรการปฏิบัติการ ดังนี้ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องผ้ามัดย้อมคราม

วงจรการปฏิบัติการ	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
วงจรการปฏิบัติการที่ 1	แผนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาผ้ามัดย้อมคราม	2
	แผนที่ 2 พฤกษาหลากสี	3
วงจรการปฏิบัติการที่ 2	แผนที่ 3 การออกแบบลวดลาย	3
	แผนที่ 4 การสร้างผลิตภัณฑ์	3
วงจรการปฏิบัติการที่ 3	แผนที่ 5 การออกแบบโฆษณาผลิตภัณฑ์	3
รวม		14

โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) การสร้างความสนใจ (Engage) 2) ขั้นสำรวจ (Explore) 3) ขั้นอธิบาย (Explain) 4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) 5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) (Yan *et al*., 2020; Burke, 2014) ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี ซึ่งครูผู้สอนได้นำกิจกรรมผ้ามัดย้อมที่เป็นวิถีชีวิตและวัฒนธรรมในบริบทที่ใกล้เคียงกับชุมชนของผู้เรียนมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยเริ่มจากให้นักเรียนวิเคราะห์การตลาดของผ้ามัดย้อมคราม การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อมโดยใช้สีธรรมชาติ มุ่งเน้นการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และพัฒนาเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุล จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (Inductive Analysis) เพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ดีในแต่ละวงจรการปฏิบัติการที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน

2. แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนจำนวน 29 ข้อ โดยเป็นการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณ์ออกเป็นส่วน ๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อย (Ritcharoon, 2019) จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี จำนวน 11 ข้อ 2) กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ จำนวน 9 ข้อ และ 3) สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง จำนวน 9 ข้อ โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) ปรับปรุง (1)

ทั้งนี้ในขั้นตอนการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ผู้วิจัยได้ใช้การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ชั้นเรียนเพื่อให้เห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียน จากนั้นค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนสะเต็มศึกษาและโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทวัฒนธรรมของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นไปเพื่อพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในเขตอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม ซึ่งดำเนินการด้วยรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้น 1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) สำรวจและวิเคราะห์ปัญหาสภาพปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน เพื่อหาแนวทางแก้ไขโดยผู้วิจัยร่วมกับคณะชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)

2) ผู้วิจัยร่วมกับคณะชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี รวมทั้งออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินผล ซึ่งจะใช้เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน เพื่อนำมาวางแผนใช้งานการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในการวิจัย

3) ดำเนินการร่วมกันพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยผ่านชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี และเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบสังเกตพฤติกรรมการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน

4) นำเครื่องมือที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมาแบ่งกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการดังนี้ วงจรปฏิบัติการ 1 จำนวน 5 ชั่วโมง วงจรปฏิบัติการ 2 จำนวน 6 ชั่วโมง และ วงจรปฏิบัติการ 3 จำนวน 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

ขั้น 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ในฐานะที่ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอน (Model teacher) จึงได้นำกิจกรรมที่ได้ออกแบบไว้ไปทดลองใช้กับผู้เรียนซึ่งจะมีครูผู้ร่วมเรียนรู้ (Buddy teacher) คอยให้ความช่วยเหลือ และมีผู้เชี่ยวชาญ (Expert) และหัวหน้าฝ่ายวิชาการ (Mentor) คอยให้คำปรึกษา และผู้อำนวยการสถานศึกษา (Administrator) คอยสนับสนุนและติดตามการทำงาน ซึ่งผู้วิจัยได้นำกิจกรรมที่ออกแบบไว้ไปทดลองใช้และได้มีการปรับปรุงในแต่ละวงจรการปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้กับผู้เรียน โดยอันดับแรกผู้สอนได้ทำการแบ่งผู้เรียนออกแบ่งกลุ่ม กลุ่ม 5-6 คน โดยคละนักเรียนที่มีความสามารถที่แตกต่างกันภายในกลุ่ม จากนั้นจึงทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างความสนใจ (Engage) ครูผู้สอนกระตุ้นความสนใจผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงซึ่งครูได้ยกประเด็นผ้ามัดย้อมคราม ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและวัฒนธรรมในบริบทที่ใกล้เคียงกับชุมชนของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนร่วมกันหาประเด็นปัญหาเพื่อออกแบบและแก้ปัญหา ซึ่งต้องระบุปัญหาภายใต้ข้อจำกัดของสถานการณ์

2) ขั้นสำรวจ (Explore) ผู้เรียนวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของการตลาดและผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อมคราม โดยผู้เรียนจะต้องสำรวจการสกัดสีจากธรรมชาติว่าสีแต่ละสีได้มาจากต้นไม้ชนิดได้ ใช้ส่วนใดของต้นไม้ และจะสกัดสีอย่างไร และการมัดผ้าว่าจะได้ลวดลายแบบต่างๆอย่างไร และการลงสีในผ้าที่มัดอย่างไรให้เกิดสีสันและรูปทรงที่สวยงาม โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

3) ขั้นอธิบาย (Explain) ผู้เรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ ผ้ามัดย้อมจากข้อค้นพบที่ได้จากการสืบเสาะในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดดังนี้ 1) ใช้สีธรรมชาติอย่างน้อย 3 สี 2) มีลวดลายสวยงามและลวดลายต้องเต็มผืนผ้า

5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) ครูและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์หาข้อบกพร่องของผ้ามัดย้อมและปรับปรุงพัฒนา

6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ครูและผู้เรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานร่วมกัน

ขั้น 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

ดำเนินการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี จำนวน 5 แผน 14 ชั่วโมง มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้น 4 ขั้นสะท้อนกลับ (Reflect)

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผล วิเคราะห์ผลในการจัดการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยได้ออกแบบเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยเป็นการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณ์ออกเป็นส่วน ๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อยโดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี 2) กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ และ3) สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง (Ritcharoon, 2019) ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งระดับพฤติกรรมออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 4 (ดีมาก) 3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ควรปรับปรุง) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนรายด้าน

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา
1. การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี	4 (ดีมาก)	สมาชิกทุกคนในทีม มีทักษะการทำงานเป็นทีม รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนและของทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง นำจุดเด่นของตนเองและสมาชิกมาใช้ สะท้อนการทำงานของตนเองและทีม ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีมเพื่อทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม
	3 (ดี)	สมาชิกส่วนใหญ่ในทีม มีทักษะการทำงานเป็นทีม รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและของทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง นำจุดเด่นของตนเองและสมาชิกมาใช้ สะท้อนการทำงานของตนเองและทีม ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีมเพื่อทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้
	2 (พอใช้)	สมาชิกส่วนน้อยในทีม มีทักษะการทำงานเป็นทีม รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและของทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง นำจุดเด่นของตนเองและสมาชิกมาใช้ สะท้อนการทำงานของตนเองและทีม ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีมเพื่อทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้บางส่วน
	1 (ควรปรับปรุง)	สมาชิกแต่ละคนต่างดำเนินการตามความเข้าใจของตนเอง ไม่มีการทำงานเป็นทีม
2. กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ	4 (ดีมาก)	สมาชิกทุกคนในทีมร่วมกันกำหนดเป้าหมาย แผนการทำงาน ขั้นตอน และกระบวนการทำงานเป็นทีม การทำงานและสนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ เคารพ รับฟัง แลกเปลี่ยน และประสานความคิดเห็นที่แตกต่างได้อย่างเหมาะสม
	3 (ดี)	สมาชิกส่วนใหญ่ในทีมร่วมกันกำหนดเป้าหมาย แผนการทำงาน ขั้นตอน และกระบวนการทำงานเป็นทีม การทำงานและสนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ เคารพ รับฟัง แลกเปลี่ยน และประสานความคิดเห็นที่แตกต่างได้
	2 (พอใช้)	สมาชิกส่วนน้อยในทีมร่วมกันกำหนดเป้าหมาย แผนการทำงาน ขั้นตอน และกระบวนการทำงานเป็นทีม การทำงานและสนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ เคารพ รับฟัง แลกเปลี่ยน และประสานความคิดเห็นที่แตกต่างได้บางส่วน
	1 (ควรปรับปรุง)	สมาชิกแต่ละคนต่างดำเนินการตามความเข้าใจของตนเองไม่มีแผนการทำงาน ไม่มีการทำงานเป็นทีม ไม่สนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ ไม่เคารพและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
3. สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง	4 (ดีมาก)	สมาชิกทุกคนในทีมมีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกันปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยความจริงใจ เห็นอกเห็นใจในฐานะที่เป็นมนุษย์ด้วยกัน เคารพและเห็นประโยชน์ของ ความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเป็นระบบได้อย่างเหมาะสม
	3 (ดี)	สมาชิกส่วนใหญ่ในทีมมีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกันปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยความจริงใจ เห็นอกเห็นใจในฐานะที่เป็นมนุษย์ด้วยกัน เคารพและเห็นประโยชน์ของ ความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเป็นระบบได้
	2 (พอใช้)	สมาชิกส่วนน้อยในทีม มีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกันปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยความจริงใจ เห็นอกเห็นใจในฐานะที่เป็นมนุษย์ด้วยกัน เคารพและเห็นประโยชน์ของ ความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเป็นระบบได้บางส่วน
	1 (ควรปรับปรุง)	สมาชิกในทีมมีทัศนคติเชิงลบในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ไม่เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี และไม่มีวิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม

สำหรับเกณฑ์ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวม ซึ่งมีเกณฑ์การแปลผลระดับคุณภาพจากคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (Srisaat, 2010) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวม

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม	เกณฑ์พิจารณา
สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวม	3.51 - 4.00 (ดีมาก)	สมาชิกทุกคนในทีมสามารถจัดระบบและกระบวนการทำงานทั้งของตนเองและร่วมกับผู้อื่น โดยใช้การรวมพลังทำงานเป็นทีม ที่มีแบบแผนและขั้นตอน ให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย มีภาวะผู้นำ มีความโปร่งใสตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจและแก้ปัญหาเป็นทีม มีความรับผิดชอบร่วมกัน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ที่ยุ่งยากได้อย่างเหมาะสม
	2.51 - 3.50 (ดี)	สมาชิกส่วนใหญ่ในทีมสามารถจัดระบบและกระบวนการทำงานทั้งของตนเอง และร่วมกับผู้อื่น โดยใช้การรวมพลังทำงานเป็นทีม ที่มีแบบแผนและขั้นตอน ให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย มีภาวะผู้นำ มีความโปร่งใสตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจและแก้ปัญหาเป็นทีม มีความรับผิดชอบร่วมกัน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ที่ยุ่งยากได้
	1.51 - 2.50 (พอใช้)	สมาชิกส่วนน้อยในทีมสามารถจัดระบบและกระบวนการทำงานทั้งของตนเอง และร่วมกับผู้อื่น โดยใช้การรวมพลังทำงานเป็นทีม ที่มีแบบแผนและขั้นตอน ให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย มีภาวะผู้นำ มีความโปร่งใสตรวจสอบได้ มีการประสานความคิดเห็นที่แตกต่างสู่การตัดสินใจและแก้ปัญหาเป็นทีม มีความรับผิดชอบร่วมกัน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและจัดการความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ที่ยุ่งยากบางส่วน
	1.00 - 1.50 (ควรปรับปรุง)	สมาชิกแต่ละคนต่างดำเนินการตามความเข้าใจของตนเองไม่มีแผนการทำงาน ไม่มีการทำงานเป็นทีม ไม่สนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ ไม่เคารพและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ไม่เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดีและไม่มีวิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว แบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้

1. ด้านการเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี

ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนด้านการเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดีดังตารางที่ 4 โดยระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนด้านการเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับควรปรับปรุงจนถึงระดับพอใช้ ($\bar{x}$=1.91) วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับพอใช้ถึงระดับดี ($\bar{x}$=2.82) และ วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับพอใช้ถึงระดับดีมาก ($\bar{x}$=3.22) โดยรวมคะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดี ($\bar{x}$=2.65)

ตารางที่ 4 ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านการเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี

ข้อ	พฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม				
		วงจรปฏิบัติการที่			เฉลี่ย	ระดับพฤติกรรม
		1	2	3		
1	สมาชิกในทีมเลือกหรืออาสาทำงานตามความถนัดและสนใจเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย	1.80	3.20	4.00	3.00	ดี
2	สมาชิกในทีมมีการแสดงความคิดเห็นของตนเองและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	2.00	3.20	4.00	3.07	ดี
3	สมาชิกในทีมมีการบอกจุดเด่น – จุดที่ควรพัฒนาหรือสะท้อนการทำงานในทีม	1.00	2.60	3.00	2.20	พอใช้
4	สมาชิกในทีมมีความกระตือรือร้นในการพัฒนางานที่ได้รับมอบหมาย	2.20	4.00	3.00	3.07	ดี
5	มีการแบ่งงานให้สมาชิกในทีมโดยยึดความถนัดของแต่ละบุคคล	2.00	2.60	4.00	2.87	ดี
6	มีการทำงานเป็นขั้นตอน และให้อภิปรายโต้แย้งกันในทีม	2.00	3.00	3.60	2.87	ดี
7	สมาชิกมีการกระตุ้นและสร้างแรงบันดาลใจในการทำงานในทีม	2.00	2.80	3.00	2.60	ดี
8	สมาชิกแต่ละคนรับผิดชอบตามบทบาทของผู้นำหรือผู้ตามที่ดีตามสถานการณ์	2.00	2.80	3.00	2.60	ดี
9	สมาชิกแต่ละคนมีภาวะผู้นำ เป็นสมาชิกที่ดีของทีมและแสดงออกอย่างเหมาะสม	2.00	2.20	2.40	2.20	พอใช้
10	สมาชิกมีแรงบันดาลใจ และสามารถวางแผนในการพัฒนาทีมอย่างต่อเนื่อง จนได้รับยอมรับจากสมาชิกในห้อง	2.00	2.60	2.40	2.33	พอใช้
11	มีการกระตุ้นและส่งเสริมให้สมาชิกในทีมนำจุดเด่นมาใช้ในการทำงานจนบรรลุตามเป้าหมาย	2.00	2.00	3.00	2.33	พอใช้
โดยรวม		**1.91**	**2.82**	**3.22**	**2.65**	**ดี**

2. ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ

ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ ดังตารางที่ 5 โดยระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับควรปรับปรุงจนถึงระดับพอใช้ ($\bar{x}$=2.13) วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับพอใช้ถึงระดับดี ($\bar{x}$=2.91) และ วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดีถึงระดับดีมาก ($\bar{x}$=3.44) โดยรวมคะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดี ($\bar{x}$=2.83)

ตารางที่ 5 ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ

ข้อ	พฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม				
		วงจรปฏิบัติการที่			เฉลี่ย	ระดับพฤติกรรม
		1	2	3		
1	สมาชิกในทีมร่วมกำหนดเป้าหมาย วางแผนการทำงานและแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของสมาชิกในกลุ่มอย่างเป็นระบบ	2.60	2.80	3.60	3.00	ดี
2	สมาชิกในทีมมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและตัดสินใจกับสมาชิกภายในทีมให้งานสำเร็จตามแผน	2.40	3.00	3.40	2.93	ดี
3	สมาชิกในทีมร่วมกำหนดเป้าหมาย วางแผนการทำงาน และทำหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของทีม	2.40	3.40	3.00	2.93	ดี

ข้อ	พฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม				
		วงจรปฏิบัติการที่			เฉลี่ย	ระดับพฤติกรรม
		1	2	3		
4	มีการทบทวน ประเมินผล และปรับปรุงการทำงานร่วมกันภายในทีม	1.80	3.00	3.00	2.60	ดี
5	มีบันทึกร่องรอยหลักฐานการทำงานที่เป็นระบบ โปร่งใส และตรวจสอบได้	2.00	3.20	3.00	2.73	ดี
6	สมาชิกในทีมให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ทำให้สมาชิกสามารถทำงานตามบทบาทหน้าที่ของตนเองได้	2.00	3.00	3.60	2.87	ดี
7	มีการบริหารจัดการทีมโดยใช้กระบวนการระดมความคิด อภิปราย วิเคราะห์จุดเด่น-จุดอ่อน พร้อมทั้งแก้ปัญหาในการดำเนินการในภาพรวม	2.00	2.60	3.60	2.73	ดี
8	ทีมเห็นคุณค่าของการทำงานเป็นทีมที่ส่งผลต่อความสำเร็จโดยคำนึงถึงความโปร่งใส และตรวจสอบได้	1.00	2.20	3.80	2.33	พอใช้
9	มีการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยคำนึงถึงประโยชน์ของทีม	3.00	3.00	4.00	3.33	ดี
โดยรวม		**2.13**	**2.91**	**3.44**	**2.83**	**ดี**

3. ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง

ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ดังตารางที่ 6

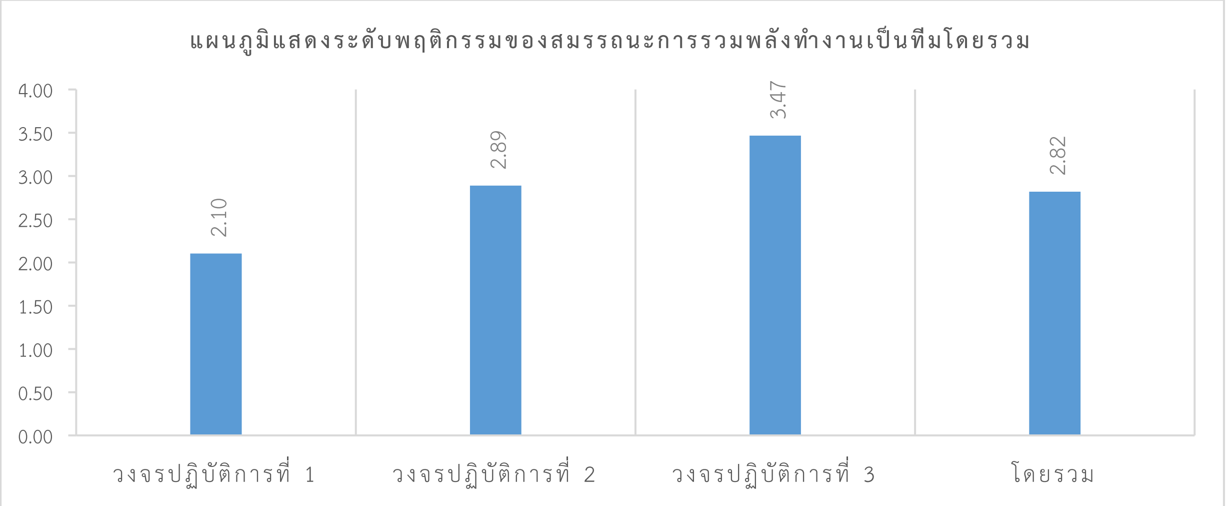
ตารางที่ 6 ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง

ข้อ	พฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม				
		วงจรปฏิบัติการที่			เฉลี่ย	ระดับพฤติกรรม
		1	2	3		
1	มีการยอมรับความสามารถที่แตกต่างกันของสมาชิกภายในทีม	2.00	3.00	4.00	3.00	ดี
2	มีทักษะพื้นฐานในการแก้ไขความขัดแย้ง (ปฏิเสธการใช้ความรุนแรง สร้างความร่วมมือกัน การเข้าใจผู้อื่น เป็นต้น)	2.00	2.20	4.00	2.73	ดี
3	มีการยอมรับ/ช่วยเหลือ ส่งเสริม และสนับสนุนการทำงานเป็นทีม	2.40	3.20	4.00	3.20	ดี
4	ภายในทีมมีการป้องกันและแก้ไขความขัดแย้ง (ปฏิเสธการใช้ความรุนแรง สร้างความร่วมมือกัน การเข้าใจผู้อื่น เป็นต้น)	2.00	3.00	3.40	2.80	ดี
5	สมาชิกในทีมแสดงพฤติกรรมเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น	2.00	3.00	3.20	2.73	ดี
6	มีการใช้วิธีการที่เหมาะสมกับบุคคลและสถานการณ์ เพื่อสร้างและรักษาความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น	2.00	3.00	3.20	2.73	ดี
7	ภายในทีมมีวิธีการแก้ปัญหาความขัดแย้งที่เหมาะสมกับสถานการณ์โดยเคารพความคิดเห็นที่แตกต่าง	2.00	3.00	4.00	3.00	ดี
8	ภายในทีมมีการให้เกียรติและรับฟังความคิดเห็นของทุกคน และตัดสินปัญหาด้วยความเป็นธรรม	3.00	3.00	3.80	3.27	ดี
9	ใช้ประโยชน์จากความคิดที่แตกต่าง ร่วมกันตัดสินใจ โดยคำนึงถึงประโยชน์ของส่วนรวม	3.00	3.00	4.00	3.33	ดี
โดยรวม		**2.27**	**2.93**	**3.73**	**2.98**	**ดี**

จากตารางที่ 6 สรุปผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้งพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับควรปรับปรุงจนถึงระดับดี ($\bar{X}$=2.27) วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับพอใช้ถึงระดับดี ($\bar{X}$=2.93) และ วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดีถึงระดับดีมาก ($\bar{X}$=3.37) โดยรวมคะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดี ($\bar{X}$=2.98)

4. สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวม

ผลการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวมดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาในโดยรวมจากแผนภูมิตารางแสดงระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนโดยรวม พบว่า ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการโดยรวมคะแนนเฉลี่ยอยู่ระดับดี ($\bar{X}$=2.82)

อภิปรายผล

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี ช่วยพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ ด้านที่ 1 การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี สังเกตได้ว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ในทีมมีทักษะการทำงานเป็นทีม รับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและของทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง นำจุดเด่นของตนเองและสมาชิกมาใช้ สะท้อนการทำงานของตนเองและทีม ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีมเพื่อทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้ ด้านที่ 2 กระบวนการทำงานแบบร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่ในทีมร่วมกันกำหนดเป้าหมาย แผนการทำงาน ขั้นตอน และกระบวนการทำงานเป็นทีม การทำงานและสนับสนุนช่วยเหลือให้เกิดความสำเร็จ เคารพ รับฟัง แลกเปลี่ยน และประสานความคิดเห็นที่แตกต่างได้ และ ด้านที่ 3 สร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ผู้เรียนส่วนใหญ่ในทีมมีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกันปฏิบัติต่อผู้อื่นด้วยความจริงใจ เห็นอกเห็นใจในฐานะที่เป็นมนุษย์ เคารพและเห็นประโยชน์ของ ความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งได้อย่างเป็นระบบได้ นอกจากนั้นผู้วิจัยยังค้นพบว่าผู้เรียนเกิดทักษะคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สังเกตจากการออกแบบและมัดลวดลายของผ้ามัดย้อม การสกัดสีจากธรรมชาติ การออกแบบโฆษณาผลิตภัณฑ์ และผู้เรียนยังมีความภาคภูมิใจในผลงาน วัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมที่ครูออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ ออกแบบและแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี ขั้นตอนที่ 1) การสร้างความสนใจ (Engage) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูเตรียมไว้ เนื่องจากเป็นสถานการณ์จริงที่นักเรียนอยู่ใกล้ตัวของผู้เรียนทำให้สามารถร่วมกันวิเคราะห์ได้ 2) ขั้นสำรวจ (Explore) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถร่วมกันวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยและการตลาดของผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อมคราม ซึ่งได้ข้อสรุปว่าผลิตภัณฑ์ที่ตลาดต้องการต้องมีสีสันที่หลากหลาย และการลวดลายจากการมัดต้องทันสมัย และได้เรียนรู้การสกัดสีจากธรรมชาติว่าสีแต่ละสีได้มาจากต้นไม้ชนิดได้ ใช้ส่วนใดของต้นไม้และจะสกัดสีอย่างไร และได้เรียนรู้การมัดผ้าและ ลงสี

ธรรมชาติบนผ้าที่มัด จนสรุปได้องค์ความรู้ภายในแต่ละกลุ่ม 3) ขั้นอธิบาย (Explain) ในขั้นตอนนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มได้นำเสนอองค์ความรู้ร่วมกัน และร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มร่วมกับครูผู้สอนสร้างองค์ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) ในขั้นตอนนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้องค์ความรู้ที่ร่วมกันสรุปมาใช้ในการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่ร่วมกันออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์โดยใช้องค์ความรู้ที่ร่วมกันสรุป มาใช้ในการออกแบบ 5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนนำผลิตภัณฑ์ที่ร่วมกันสร้างขึ้น มาร่วมกันวิพากษ์หาข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์และปรับปรุงพัฒนา 6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ขั้นนี้ครูผู้สอนทำการประเมินสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน (Saengsawang and Chaipichit, 2021) ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สามารถพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jongluecha, (2022); Seeprasong, Prakongsup, and Puckdee, (2021); Chung, Lin and Lou, (2018) พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 6 ทำให้ผู้เรียนมีระดับพึงพอใจอยู่ในระดับมากและจากข้อมูลการสัมภาษณ์ นักเรียนระบุว่า นักเรียนรู้จักเพื่อนต่างกลุ่ม แบ่งงานกันทำงาน เรียนรู้การวางแผนการทำงาน ส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบมีส่วนร่วม มีความรู้ทางวิชาชีพและมีความมุ่งมั่นและมั่นใจในการทำงาน จึงทำให้นักเรียนรู้จักรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและของทีม มีการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และทำให้ให้ผู้เรียนมีความกล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับ CBE Thailand, (2021) ที่ได้กำหนดสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนไว้ดังนี้ ผู้เรียนเรียนรู้การทำงานเป็นทีม เรียนรู้กับเพื่อนในทีม ได้ฝึกการเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี เรียนรู้ความแตกต่างของเพื่อนแต่ละคน ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีม ให้ความไว้วางใจซึ่งกันและกัน จนกระทั่งทำงานจนบรรลุเป้าหมายที่ครูกำหนดไว้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้วซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

1. การเป็นผู้นำและเป็นสมาชิกที่ดี ผลจากการผลการประเมินอยู่ในระดับดี ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถทำงานร่วมกันเป็นทีม โดยผู้เรียนมีความรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองภายในทีมที่ได้รับมอบหมาย และใช้จุดเด่นของตนเองมาช่วยในการทำงานภายในทีม มีความยืดหยุ่นในการทำงานร่วมกับกลุ่มคนที่แตกต่าง มีการสะท้อนการทำงานของตนเองและทีม และส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของทีมเพื่อทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้

2. ด้านกระบวนการทำงานร่วมมือรวมพลังอย่างเป็นระบบ ผลจากการผลการประเมินอยู่ในระดับดี ผู้เรียนส่วนใหญ่ร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการทำงานรวมทั้งมีการวางแผนในการทำงานอย่างเป็นระบบระเบียบ และกระบวนการทำงานเป็นทีม มีการช่วยเหลือและสนับสนุนช่วยในการทำงานให้เกิดความสำเร็จ มีการเคารพ รับฟัง แลกเปลี่ยน และประสานความคิดเห็นที่แตกต่างที่เกิดขึ้นภายในทีมได้

3. ด้านการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและการจัดการความขัดแย้ง ผลจากการผลการประเมินอยู่ในระดับดี ผู้เรียนส่วนใหญ่ในทีมมีทัศนคติเชิงบวกในการทำงานร่วมกันเป็นทีม เห็นคุณค่าของสัมพันธภาพที่ดี สร้างและรักษาความสัมพันธ์อันดีในทีมให้เกิดความไว้วางใจซึ่งกันและกัน ปฏิบัติต่อกันด้วยความจริงใจ เคารพและเห็นประโยชน์ของ ความแตกต่างหลากหลาย มีทักษะและใช้วิธีการป้องกันและจัดการความขัดแย้งภายในทีมได้อย่างเป็นระบบได้

จากการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจี สามารถพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของผู้เรียนได้ โดยผู้เรียนส่วนใหญ่มีภาวะผู้นำ มีความรับผิดชอบร่วมกัน มีความสัมพันธ์อันดีกับเพื่อนในทีม ลดความขัดแย้งภายใต้สถานการณ์ที่ยุ่งยาก สามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนทำงานเป็นทีมอย่างเป็นระบบ กระตุ้นในผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นระบบ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และทำให้ผู้เรียนมีความกล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในการทำงานและชีวิตประจำวัน รวมทั้งยังเป็นการปลูกจิตสำนึกให้ผู้เรียน เผยแพร่ สร้างมูลค่าและรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง ดังภาพที่ 3

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3 (ก) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (ข) นักเรียนร่วมกันนำเสนอข้อค้นพบที่ทีมตนเอง (ค) นักเรียนร่วมกันทดสอบสีจากธรรมชาติ (ง) นักเรียนร่วมกันออกแบบลวดลายผ้ามัดย้อม

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าผลการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม ยังมีบางข้อที่ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ ได้แก่ 1) สมาชิกในทีมมีการบอกจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนาหรือสะท้อนการทำงานในทีม 2) สมาชิกแต่ละคนมีภาวะผู้นำเป็นสมาชิกที่ดีของทีมและแสดงออกอย่างเหมาะสม 3) สมาชิกมีแรงบันดาลใจและสามารถวางแผนในการพัฒนาทีมอย่างต่อเนื่อง จนได้รับยอมรับจากสมาชิกในห้อง 4) มีการกระตุ้นและส่งเสริมให้สมาชิกในทีมนำจุดเด่นมาใช้ในการทำงานจนบรรลุตามเป้าหมาย 5) ทีมเห็นคุณค่าของการทำงานเป็นทีมที่ส่งผลต่อความสำเร็จโดยคำนึงถึงความโปร่งใสและตรวจสอบได้

เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขยายโอกาสซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการเรียนรู้อยู่ในระดับอ่อนถึงปานกลาง โดยระยะแรกในการจัดการเรียนรู้ผู้เรียนไม่กล้าแสดงออกในภาวะผู้นำและไม่สามารถเป็นสมาชิกที่ดีในทีม ส่งผลให้สมาชิกในกลุ่มไม่มีการกระตุ้นและส่งเสริมให้สมาชิกในทีมนำจุดเด่นมาใช้ในการทำงานจนบรรลุตามเป้าหมาย ไม่กล้าที่จะสะท้อนความคิดเห็นกับเพื่อนสมาชิกและครู และในระหว่างการปฏิบัติงานผู้เรียนไม่เก็บหลักฐานร่องรอยในการทำงานจึงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบการทำงานได้ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมเสริมเพื่อให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนกล้าที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู และเน้นย้ำในการเก็บร่องรอยในการทำงาน เช่น การถ่ายภาพกระบวนการทำงาน การจดบันทึกสิ่งที่ได้ทดลอง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. ก่อนทำวิจัยครูผู้สอนควรศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามทางแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ว่าการขั้นตอนการสอนอย่างไร และจะนำโมเดลเศรษฐกิจ บีซีจีเข้ามาผสมผสานอย่างไร
2. ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมให้ใกล้เคียงกับบริบทความเป็นอยู่และวัฒนธรรมของผู้เรียนเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าของวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง
3. ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันในห้องเรียนก่อน เพื่อให้ผู้เรียนกล้าแสดงออกในสิ่งที่ดีและเสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งถัดไป

1. ในการทำวิจัยครั้งถัดไปควรศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามทางแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ว่าส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนในด้านใดบ้างเช่น สมรรถนะการคิดขั้นสูง สมรรถนะการจัดการตนเอง เป็นต้น
2. ในการจัดการเรียนรู้ควรจัดให้ผู้เรียนได้ลงพื้นที่จริงในการค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อให้ผู้เรียนมีการร่วมมือกับชุมชนในการพัฒนางานร่วมกัน ได้เรียนรู้วิถีชีวิตในชุมชนและตระหนักถึงคุณค่าของวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง
3. ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามทางแนวทางของสะเต็มศึกษาในรูปแบบอื่นให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและวัฒนธรรมของชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและกำกับติดตามในการทำงานวิจัย และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้วที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning by designs model: maximizing Informed design and inquiry in the Integrative STEM classroom. **Technology and Engineering Teacher**, 73(6), 18-19.

Bybee, R. W. (1997). **Achieving scientific literacy: From purposes to practices**. Portsmouth, NH: Heinemann Publications.

Bybee, R. W. (2010). What is STEM education. **Science**, 329(5995), 996-996.

CBE Thailand. (2021). Competency - based education (in Thai). Retrieved 7 August 2022, from **GoToKnow**: https://cbethailand.com/หลักสูตร/หลักสูตรฐานสมรรถนะ/สมรรถนะหลัก-5-ประการ/สมรรถนะการรวมพลังทำงาน/นิยาม/

Chaumklang, S., Pilanthananond, N. and Srisa-ard, S. (2020). Development of appropriate management model for STEM education in thailand (in Thai). **KKU Research Journal (Graduate Studies) Humanities and Social Sciences**, 8(1), 1–12.

Chung, C. C., Lin, C. L. and, & Lou, S. J. (2018). Chao Chung, C. Linag Lin, C. and Jer Lou, S. (2018). Analysis of the learning effectiveness of the STEAM-6E special course — A case study about the creative design of IoT assistant devices for the elderly. **Sustainability**, 10(3040). 1-16.

Janhaum, C. and Ketsing, J. (2021). Learning management according to the 6E learning STEM approach (in Thai). **IPST magazine**, 46(212), 32-36.

Jongluecha, P. (2022). Developing grade 3 student science learning achievement and scientific creativity using the 6E model in STEAM education. **Journal of Educational Issues**, 8(2), 142-151.

Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). **The action research planner (3rd ed.)**. Australia: Deakin University Press.

Office of Education Council Thailand. (2017). In national education plan 2017 – 2036 (in Thai). Retrieved 10 January 2022, from **GoToKnow**: http://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1540

Phoodee, W. (2020). Mathematics instruction in digital age: Methods and tools (in Thai). **Journal of Science and Science Education**. 3(2), 190-199.

Phoodee, W. (2021). Instruction guidelines by integration of flipped classroom with 5E inquiry model using digital tools through a virtual classroom in teaching mathematics (in Thai). **Journal of Science and Science Education**. 4(2), 279-288.

Prarinthong, W. and Nuangchalerm, P. (2020). Development of modeling skill on entitle acid - base for year 11 students using model - based learning activity (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 17(3), 89-100.

Prasarn, O., Piemjard, W. and Duanyai, E. (2022). The development of community-based learning activity to promote higher order thinking, teamwork and collaborative competency for secondary school students (in Thai). **Journal of Legal Entity Management and Local Innovation,** 8(7), 13-32.

Rattanaphon, C., Tupthai, N., Kularb, U. and Thakoon, P. (2021). Urban agriculture and BCG economic model (in Thai). **Journal of Agri. Research & Extension**, 38(3), 100-116**.**

Ritcharoon, P. (2019). Scoring rubrics: The tool for teachers to accurately and fairly evaluate learning outcomes (in Thai). **STOU Education Journal**, 12(1), 1-16.

Saengsawang, S. and Chaipichit, D. (2021). The development of grade 11 students' problem - solving ability in the physics subject of sound through the STEM education approach of 6E learning together with the use of multimedia (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 6(6), 303–318.

Seeprasong, C., Prakongsup, T. and Puckdee, W. (2021). The development of grade 10th students' scientific concepts of cell division and satisfaction through science, technology, engineering and mathematics (STEM) education by 6E learning cycle (in Thai). **Silpakorn Education Research Journal**, 13(1). 402-420

Somporn, P. (2021). BCG model and Thai vocational education (in Thai). **CPNP Journal**, 6(2), 13-22.

Srikoom, W., Hanuscin, D. L. and Faikhamta, C. (2017). Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand (in Thai). **Asia - Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, 18(2), 1-23.

Srisaat, B. (2010). **Preliminary research (7th edition)**. Bangkok : Suwiriyasan.

Tupsai, J. (2021). Integration STEM education for students' competencies in the 21st (in Thai). **Journal of Buddhist Education and Research**, 7(2), 288–299.

Wongwanich, S. (2017). **Classroom action research**. Bangkok: Chulabook.

Yan, F., Yuxuan, Y., Wei, L., Chao, G. and Li, X. (2020). Exploring STEAM education activities based on project production — A case study on "the changeable road" project. **Research Article in Physics Education Research**, 5(1), 1-14.

Yokyong, S. and Pitiporntapin, S. (2019). Development of grade – 10 students' argumentation skills through science, technology, engineering and mathematics (STEM) education by 6E learning cycle in topic of mission of environmental conservation (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 10(2), 183-200.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.11
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566): 120 - 134 | 120

บทความวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับ เทคนิค KWDL ที่มีต่อ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ธนพล นามลัย[1,*] นงลักษณ์ วิริยะพงษ์[1] และมนชยา เจียงประดิษฐ์[1]
[1]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
**Email: thananamb@gmail.com*

รับบทความ: 25 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 13 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 17 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแผนพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน และใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สูตร t – test for one sample ผลการวิจัย พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เฉลี่ยแล้วสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เฉลี่ยแล้วสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: เทคนิค STAD เทคนิค KWDL ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

Research Article

Effect of Learning activities by using STAD technique with KWDL technique on Mathematical problem solving and connection abilities in linear equation of one variable of grade-7 students

Thanapon Namlai[1,*], Nongluk Viriyapong[1] and Monchaya Chiangpradit[1]

[1]Mathematics Education, Master of science, Faculty of science, Mahasarakham University

**Email: thananamb@gmail.com*

Received <25 July 2022>; Revised <13 September 2022>; Accepted <17 September 2022>

Abstract

The purposes of this research were to develop learning activities by using STAD technique with KWDL technique, and to compare the mathematics learning achievement, the ability of mathematical problem solving and connection on linear equations of one variable of Grade-7 students with the specified criteria. The sample group was Grade-7 students in a high school in Buriram province. This study was in the second semester of 2021 academic year, selected amount 40 student from 1 class by cluster random sampling. Students in classroom were divided into proficient group. The research model was quasi-experimental research. The instruments used for collecting data were lesson plans learning activities by using STAD technique with KWDL technique, the achievement test of mathematics, a test of mathematical problem solving and connection abilities on linear equations of one variable. Data were analyzed by percentage, mean and standard deviation. The t – test for one sample were used for the hypothesis testing. The research findings were as follows, lesson plans created by the researcher were more effective than the specified criteria. On average, students' mathematical learning achievement was more effective than the specified criteria while students' ability in solving mathematical problems and mathematical connection were more effective than the specified criteria at .05 level of statistical significance.

Keywords: STAD technique, KWDL technique, Mathematical problems solving ability, Mathematical connection ability

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์หนึ่งของวิทยาศาสตร์ และเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น (The Ministry of Education, 2008) การนำคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ต่าง ๆ นั้น จะช่วยส่งเสริมให้มนุษย์มีทักษะในการเรียนรู้มากขึ้น เช่น การสังเกต ความละเอียดรอบคอบ ความแม่นยำ การมีสมาธิและรู้จักแก้ปัญหา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทางสมองในด้านการคิด การให้เหตุผล การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตลอดจนความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ทุกแขนงต้องอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น จึงเป็นที่ยอมรับว่าคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนามนุษย์ (Sittisomboon, 2008)

จะเห็นได้ว่า คณิตศาสตร์มีความสำคัญทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้เพื่อที่จะพัฒนาขับเคลื่อนประเทศชาติให้เจริญต่อไป จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมการเรียนคณิตศาสตร์ภายในประเทศให้ก้าวหน้าเท่าเทียมกับประเทศอื่น ๆ ซึ่งจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตตลอดจนสามารถนำความรู้ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นไป แต่ในความเป็นจริงแล้ว การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ผ่านมา ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากรายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET (Ordinary National Education Test) พบว่า ผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2563 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประเทศเท่ากับร้อยละ 25.46 เมื่อพิจารณาในระดับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 23.82 ในระดับจังหวัดบุรีรัมย์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 24.48 และภายในโรงเรียนแห่งนี้มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับร้อยละ 32.73 จะเห็นได้ว่าโรงเรียนแห่งนี้ถึงแม้จะมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ แต่ยังมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำอาจเกิดจากหลายสาเหตุและปัจจัยหลายประการ เช่น หลักสูตร เนื้อหา นักเรียน ผู้บริหาร สภาพแวดล้อม ผู้ปกครอง การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ ตลอดจนเทคนิคและวิธีการสอนของครู ซึ่งธรรมชาติของเนื้อหาคณิตศาสตร์ เป็นเรื่องของการคิดคำนวณ แสดงความเป็นเหตุเป็นผล สื่อความหมายด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรม จึงยากต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูยังไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ครูไม่แสดงความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่เรียนกับชีวิตประจำวันให้นักเรียนเห็น ดังนั้น นักเรียนจึงไม่ตระหนักในความสำคัญและเกิดการเรียนรู้ตามที่ครูต้องการ การเรียนการสอนที่มุ่งพัฒนาทักษะที่ปราศจากการประยุกต์ใช้และจดจำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ โดยปราศจากความเข้าใจ จึงไม่เพียงพอที่จะนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ดังนั้นจุดเน้นของการเรียนการสอนจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนจากการที่เน้นการจดจำข้อมูลทักษะพื้นฐาน เป็นการพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทางคณิตศาสตร์ มีทักษะพื้นฐานเพียงพอในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่ต้องเผชิญ นักเรียนจะต้องมีประสบการณ์ที่หลากหลายที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง (Boonprajak, 1997)

จากการศึกษาสาเหตุของปัญหา โดยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และจากการสอนคณิตศาสตร์ของผู้วิจัยที่ผ่านมา พบว่า การที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ เกิดจากขาดทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากไม่รู้ว่าจะเริ่มแก้ปัญหาอย่างไร นักเรียนวิเคราะห์โจทย์ปัญหาไม่ได้ นักเรียนไม่เข้าใจโจทย์ แปลความหมายจากโจทย์ไม่ได้ บอกสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ได้ ขาดการคิดอย่างมีเหตุผล และขาดการคิดอย่างเป็นระบบ จึงทำให้แก้ปัญหาไม่ถูกต้อง อีกทั้งนักเรียนยังขาดทักษะในการเชื่อมโยง เมื่อนักเรียนเจอโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหรือมีความซับซ้อน นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงโจทย์ปัญหาให้เข้ากับคณิตศาสตร์ได้ ไม่รู้ว่าจะเริ่มแก้โจทย์ปัญหานั้นได้อย่างไร ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอน และนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียน ซึ่งการสอนคณิตศาสตร์คงไม่ใช่

เรื่องยากถ้าผู้เรียนทั้งหมดมีพื้นฐานความรู้เท่ากัน มีความสามารถทัดเทียมกัน และพร้อมจะเรียนรู้ได้จากวิธีการสอนของครูคนเดียวได้ทุกเวลา แต่ในความเป็นจริงผู้เรียนทั้งชั้นมีความรู้ความสามารถและพื้นฐานแตกต่างกัน จึงมักเกิดปัญหาในการเรียนการสอนกับครูผู้สอน ครูจึงควรเลือกวิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนโดยส่วนรวม โดยครูต้องพยายามคิดค้นวิธีสอน สื่อตลอดจนเครื่องมือใหม่ ๆ มาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่จัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้แก่ผู้เรียนได้เรียนร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความรู้ ความสามารถแตกต่างกัน โดยที่แต่ละคนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงในการเรียนรู้และความสำเร็จของกลุ่ม โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมทั้งการเป็นกำลังใจแก่กันและกัน คนที่เรียนเก่งจะช่วยเหลือคนที่อ่อนกว่า สมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่รับผิดชอบต่อการเรียนของตนเองเท่านั้น หากแต่จะต้องร่วมรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของเพื่อนสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ความสำเร็จแต่ละบุคคลคือความสำเร็จของกลุ่ม (Ra-Ngubtook, 1999) ส่วนเทคนิค KWDL นั้นเป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีวิธีการที่ให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้และการหาคำตอบร่วมกันจากโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ได้ เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีความละเอียดถี่ถ้วนทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน และหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย (Sutthirat, 2009) ซึ่งนักเรียนต้องฝึกการอ่านเพื่อวิเคราะห์ตีความหมายของโจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่มีข้อความ ตัวเลขและคำถาม โดยไม่มีเครื่องหมายที่แสดงวิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องใช้ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ในการหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ถาม เพื่อนำไปสู่วิธีการหาคำตอบที่ถูกต้อง รวมทั้งใช้ทักษะการให้เหตุผลเพื่ออธิบายวิธีการหาคำตอบ

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นและจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาความสำคัญของวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ซึ่งเป็นกระบวนการหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นรวมทั้งการเป็นกำลังใจแก่กันและกัน คนที่เรียนเก่งจะช่วยเหลือคนที่อ่อนกว่า สมาชิกในกลุ่มต้องร่วมรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของเพื่อนสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ซึ่งการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันนี้จะทำให้นักเรียนที่ยังขาดทักษะในการเชื่อมโยงได้รับการอธิบายและช่วยเหลือจากเพื่อน นำไปสู่การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงให้ดีขึ้น แต่จำเป็นต้องอาศัยเทคนิค KWDL เข้ามาช่วยส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีความละเอียดถี่ถ้วนทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน และหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ ร้อยละ 75
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ ร้อยละ 70
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถทางด้านการเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 16 แผน แผนละ 1 คาบ รวมเวลาเรียน 16 คาบ โดยผู้วิจัยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 16 แผน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านแผนการจัดการเรียนรู้ หลักสูตรการสอนและนวัตกรรม และผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและการวิจัย เพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้องของรายละเอียดต่าง ๆ ในแต่ละองค์ประกอบของแผนทั้งในด้านจุดประสงค์ เนื้อหา และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณาโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ผลการประเมิน พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.88 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด และปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นนำแผนไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ภาษา เวลา เนื้อหา และสื่อการเรียนรู้ ทำการปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อยเหมาะสมและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับนิยามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 ระดับของวิลสัน (Wilson, 1971) โดยผู้วิจัยกำหนดจำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ซึ่งต้องการใช้จริงจำนวน 20 ข้อ แล้วทำการสร้างข้อสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาย่อย และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้วิเคราะห์ไว้ หลังจากนั้นนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้สูตร IOC โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ผลปรากฏว่า ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดลองมาหาคุณภาพของข้อสอบ ผลปรากฏว่า ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 22 ข้อ ผู้วิจัยจึงทำการเลือกข้อสอบที่เหมาะสมทั้งหมด 20 ข้อ โดยมีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.30 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.21 – 0.58 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.73 หลังจากนั้น จัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยผู้วิจัยกำหนดจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ซึ่งต้องการใช้จริงจำนวน 5 ข้อ แล้วทำการสร้างข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้วิเคราะห์ไว้ ซึ่งในข้อสอบแต่ละข้อจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ของการแก้ปัญหา และมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 1

ส่วนการให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จะอยู่ในขั้นที่ 2 W (What we want to know) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องตอบให้ได้ว่า โจทย์ต้องการให้หาอะไรหรือปัญหาคืออะไร รวมทั้งช่วยกันวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะได้นำความรู้คณิตศาสตร์ที่ได้เรียนไปเชื่อมโยงกับกับสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้แก้ปัญหานั้นได้คะแนนเต็ม 3 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**	**เกณฑ์การพิจารณา**
ขั้นที่ 1 K (What we know)เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องอ่านอย่างวิเคราะห์และรวบรวมสิ่งที่โจทย์บอกมาให้	2	- เขียนข้อมูลของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน
	1	- เขียนข้อมูลของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- เขียนข้อมูลของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ถูกต้องหรือไม่มีการเขียน
ขั้นที่ 2 W (What we want to know) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องตอบให้ได้ว่าโจทย์ต้องการให้หาอะไร รวมทั้งช่วยกันวางแผนในการแก้ปัญหา	2	- เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการ เลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
	1	- เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการ เลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการ เลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่มีการเลือกใช้วิธีการในการแก้ปัญหา
ขั้นที่ 3 D (What we do to find out) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือแก้ปัญหาเป็นขั้นตอน	2	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่วางไว้ได้สำเร็จครบถ้วน
	1	- ดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่วางไว้ได้สำเร็จบางส่วน
	0	- ดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่แสดงวิธีทำ
ขั้นที่ 4 L (What we learned) เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจคำตอบที่ได้ และสรุปคำตอบ	2	- ดำเนินการตรวจคำตอบและสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน
	1	- ดำเนินการตรวจคำตอบและสรุปคำตอบได้ถูกต้อง
	0	- ดำเนินการตรวจคำตอบและสรุปคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ดำเนินการตรวจคำตอบและสรุปคำตอบ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ระดับคะแนน	**เกณฑ์การพิจารณา**
3	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
2	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้บางส่วน
1	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อช่วยในการแก้ปัญหายังไม่ถูกต้อง
0	ไม่มีการนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

หลังจากนั้นนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้สูตร IOC โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ผลปรากฏว่า ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 10 ข้อ โดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดลองมาหาคุณภาพของข้อสอบ ผลปรากฏว่า ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 8 ข้อ ผู้วิจัยจึงเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมมากที่สุด 5 ข้อ โดยมีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.59 – 0.66 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.41 – 0.55 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.87 หลังจากนั้นจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 40 คนดังนี้

3.1 ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทราบถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตนได้ถูกต้อง และทำการทดสอบก่อนเรียน

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เวลาการสอน 16 คาบ

3.3 เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สิ้นสุดตามแผนที่วางไว้อย่างครบสมบูรณ์แล้ว จากนั้นทำการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.4 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์วิธีทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน โดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

4.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติ t – test for one sample

4.4 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t – test for one sample

4.5 เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t – test for one sample

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเรียนโดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL

การทดสอบ	กระบวนการ (E_1)	ผลลัพธ์ (E_2)
ประสิทธิภาพ	87.76	78.88
การแปลผล	สูงกว่าเกณฑ์	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีประสิทธิภาพ (E_1/ E_2) เท่ากับ 87.76/78.88 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติ t – test for one sample ดังผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยโดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 75

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	μ_0	t	p
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	40	20	15.78	1.91	15	2.560*	.007

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* μ_0 = 15 คือ คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 75 คำนวณจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.78 คิดเป็นร้อยละ 78.88 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t – test for one sample ดังผลในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	μ_0	t	p
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	40	40	31.23	3.26	28	6.253*	.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* μ_0 = 28 คือ คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70 คำนวณจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน

จากตารางที่ 5 พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.23 คิดเป็นร้อยละ 78.08 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t – test for one sample ดังผลในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70

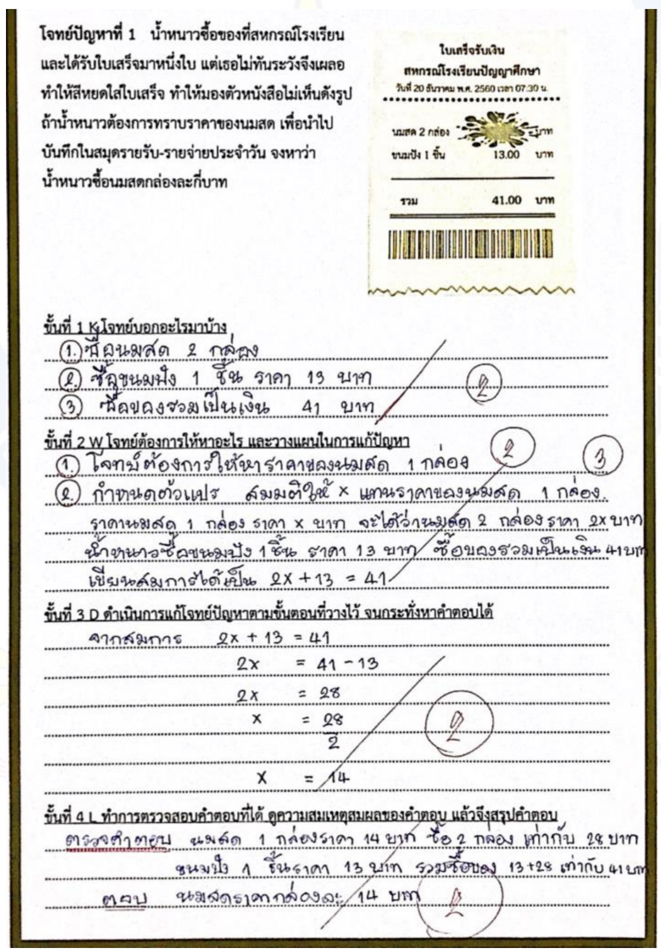
การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	μ_0	t	p
คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	40	15	12.23	1.27	10.5	8.586*	.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* μ_0 = 10.5 คือ คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 70 คำนวณจากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

จากตารางที่ 6 พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.23 คิดเป็นร้อยละ 81.53 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างการเขียนตอบและการให้คะแนนนักเรียน ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ 1



โจทย์ปัญหาที่ 1 น้ำหนาวซื้อของที่สหกรณ์โรงเรียนและได้รับใบเสร็จมาหนึ่งใบ แต่เธอไม่ทันระวังจึงเผลอทำให้สีหยดใส่ใบเสร็จ ทำให้มองตัวหนังสือไม่เห็นดังรูป ถ้าน้ำหนาวต้องการทราบราคาของนมสด เพื่อนำไปบันทึกในสมุดรายรับ-รายจ่ายประจำวัน จงหาว่าน้ำหนาวซื้อนมสดกล่องละกี่บาท

ใบเสร็จรับเงิน
สหกรณ์โรงเรียนปัญญาศึกษา
วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 07:30 น.

นมสด 2 กล่อง		บาท
ขนมปัง 1 ชิ้น	13.00	บาท
รวม	41.00	บาท

ขั้นที่ 1 K โจทย์บอกอะไรมาบ้าง

1. ซื้อนมสด 2 กล่อง
2. ซื้อขนมปัง 1 ชิ้น ราคา 13 บาท
3. ซื้อของรวมเป็นเงิน 41 บาท

2

ขั้นที่ 2 W โจทย์ต้องการให้หาอะไร และวางแผนในการแก้ปัญหา

1. โจทย์ต้องการให้หาราคาของนมสด 1 กล่อง
2. กำหนดตัวแปร สมมติให้ x แทนราคาของนมสด 1 กล่อง ราคานมสด 1 กล่อง ราคา x บาท จะได้ว่านมสด 2 กล่อง ราคา 2x บาท น้ำหนาวซื้อขนมปัง 1 ชิ้น ราคา 13 บาท ซื้อของรวมเป็นเงิน 41 บาท เขียนสมการได้เป็น 2x + 13 = 41

2 3

ขั้นที่ 3 D ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่วางไว้ จนกระทั่งหาคำตอบได้

จากสมการ $2x + 13 = 41$

$2x = 41 - 13$

$2x = 28$

$x = \frac{28}{2}$

$x = 14$

2

ขั้นที่ 4 L ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ดูความสมเหตุสมผลของคำตอบ แล้วจึงสรุปคำตอบ

ตรวจคำตอบ นมสด 1 กล่องราคา 14 บาท ซื้อ 2 กล่อง เท่ากับ 28 บาท ขนมปัง 1 ชิ้นราคา 13 บาท รวมซื้อของ 13+28 เท่ากับ 41 บาท

ตอบ นมสดราคากล่องละ 14 บาท

2

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์

สำหรับข้อผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นที่ 1 ซึ่งนักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาไม่ครบถ้วน เพราะต้องบอกด้วยว่า ซื้อนมสดมา 2 กล่อง แสดงในภาพที่ 2


โจทย์ปัญหาที่ 1 น้ำหนาวซื้อของที่สหกรณ์โรงเรียน และได้รับใบเสร็จมาหนึ่งใบ แต่เธอไม่ทันระวังจึงเผลอทำให้สีหยดใส่ใบเสร็จ ทำให้มองตัวหนังสือไม่เห็นดังรูป ถ้าน้ำหนาวต้องการทราบราคาของนมสด เพื่อนำไปบันทึกในสมุดรายรับ-รายจ่ายประจำวัน จงหาว่า น้ำหนาวซื้อนมสดกล่องละกี่บาท

ขั้นที่ 1 K โจทย์บอกอะไรมาบ้าง

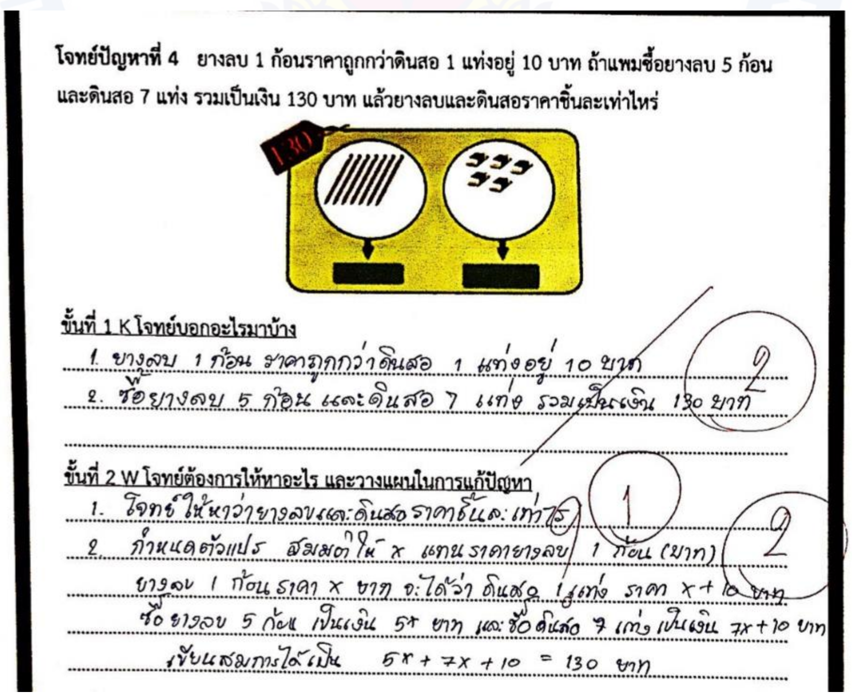
– ซื้อขนมปัง 1 ชิ้น ราคา 13 บาท

– ซื้อของในสหกรณ์ เป็นเงิน 41 บาท

1

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีข้อผิดพลาด ขั้นที่ 1

สำหรับข้อผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นที่ 2 ซึ่งนักเรียนเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง ตรงที่ ซื้อดินสอ 7 แท่ง เป็นเงิน 7x + 10 ต้องเขียนเป็น 7(x + 10) แสดงในภาพที่ 3


โจทย์ปัญหาที่ 4 ยางลบ 1 ก้อนราคาถูกกว่าดินสอ 1 แท่งอยู่ 10 บาท ถ้าแพมซื้อยางลบ 5 ก้อน และดินสอ 7 แท่ง รวมเป็นเงิน 130 บาท แล้วยางลบและดินสอราคาชิ้นละเท่าไหร่

ขั้นที่ 1 K โจทย์บอกอะไรมาบ้าง

1. ยางลบ 1 ก้อน ราคาถูกกว่าดินสอ 1 แท่งอยู่ 10 บาท
2. ซื้อยางลบ 5 ก้อน และดินสอ 7 แท่ง รวมเป็นเงิน 130 บาท

2

ขั้นที่ 2 W โจทย์ต้องการให้หาอะไร และวางแผนในการแก้ปัญหา

1. โจทย์ให้หาว่ายางลบและดินสอราคาชิ้นละเท่าไร
2. กำหนดตัวแปร สมมติให้ x แทนราคายางลบ 1 ก้อน (บาท)

ยางลบ 1 ก้อนราคา x บาท จะได้ว่า ดินสอ 1 แท่ง ราคา x + 10 บาท

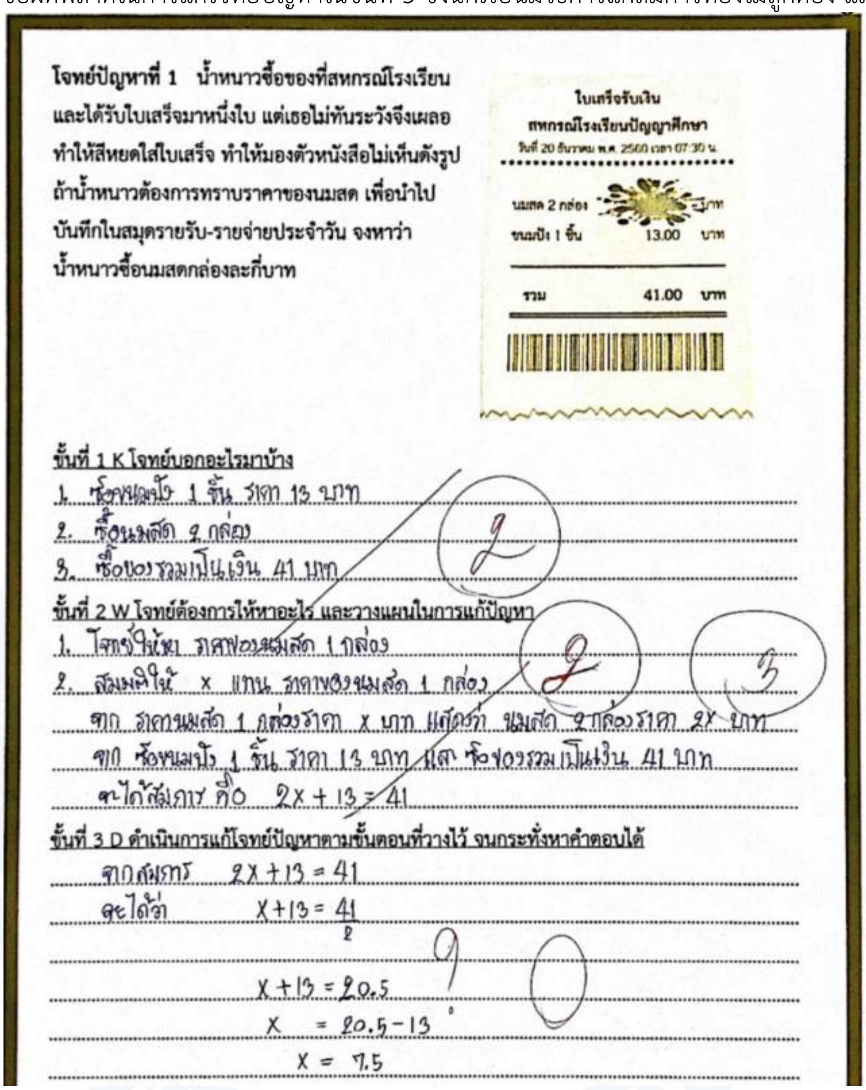
ซื้อยางลบ 5 ก้อน เป็นเงิน 5x บาท และซื้อดินสอ 7 แท่ง เป็นเงิน 7x + 10 บาท

เขียนสมการได้เป็น 5x + 7x + 10 = 130 บาท

1 2

ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อผิดพลาด ขั้นที่ 2 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อผิดพลาด

สำหรับข้อผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 3 ซึ่งนักเรียนมีวิธีการแก้สมการที่ยังไม่ถูกต้อง แสดงในภาพที่ 4


โจทย์ปัญหาที่ 1 น้ำหนาวซื้อของที่สหกรณ์โรงเรียน และได้รับใบเสร็จมาหนึ่งใบ แต่เธอไม่ทันระวังจึงเผลอทำให้สีหยดใส่ใบเสร็จ ทำให้มองตัวหนังสือไม่เห็นดังรูป ถ้าน้ำหนาวต้องการทราบราคาของนมสด เพื่อนำไปบันทึกในสมุดรายรับ-รายจ่ายประจำวัน จงหาว่าน้ำหนาวซื้อนมสดกล่องละกี่บาท

ใบเสร็จรับเงิน
สหกรณ์โรงเรียนปัญญาศึกษา
วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2560 เวลา 07:30 น.
นมสด 2 กล่อง บาท
ขนมปัง 1 ชิ้น 13.00 บาท
รวม 41.00 บาท

ขั้นที่ 1 K โจทย์บอกอะไรมาบ้าง
1. ซื้อขนมปัง 1 ชิ้น ราคา 13 บาท
2. ซื้อนมสด 2 กล่อง
3. ซื้อของรวมเป็นเงิน 41 บาท

2

ขั้นที่ 2 W โจทย์ต้องการให้หาอะไร และวางแผนในการแก้ปัญหา
1. โจทย์ให้หา ราคาของนมสด 1 กล่อง
2. สมมติให้ x แทน ราคาของนมสด 1 กล่อง
จาก ราคานมสด 1 กล่องราคา x บาท แสดงว่า นมสด 2 กล่องราคา 2x บาท
จาก ซื้อขนมปัง 1 ชิ้น ราคา 13 บาท และ ซื้อของรวมเป็นเงิน 41 บาท
จะได้สมการ คือ $2x + 13 = 41$

2 3

ขั้นที่ 3 D ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่วางไว้ จนกระทั่งหาคำตอบได้
จากสมการ $2x + 13 = 41$
จะได้ว่า $x + 13 = \frac{41}{2}$
$x + 13 = 20.5$
$x = 20.5 - 13$
$x = 7.5$

? 0

ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อผิดพลาด ขั้นที่ 3

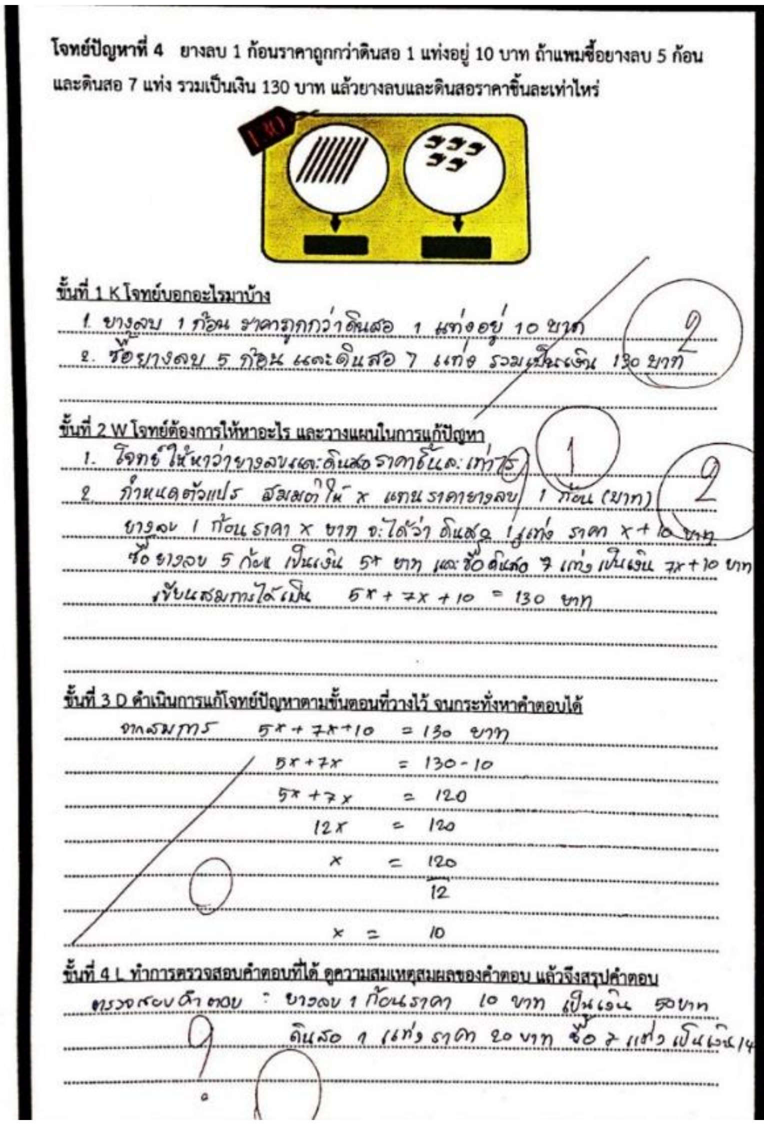
สำหรับข้อผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 4 ที่นักเรียนยังไม่สามารถตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แสดงในภาพที่ 5

อภิปรายผล

จากผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายเป็นประเด็นตามผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.76/78.88 พบว่า ค่า E_1 สูงกว่าค่า E_2 อาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ผ่านขั้นตอนการจัดทำอย่างเป็นระบบ มีการจัดนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ให้สมาชิกมีความสามารถคละกัน ทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้พัฒนาตนเองโดยการทำใบกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนที่เรียนเก่งจะต้องช่วยเหลือนักเรียนที่อ่อนกว่าให้มีความเข้าใจบทเรียน ส่งผลให้นักเรียนที่เก่งเกิดความเข้าใจในบทเรียนได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้นจากการอธิบายให้เพื่อนฟัง ซึ่งถือเป็นการทบทวน

ความรู้อย่างหนึ่ง และทำให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มเกิดการพัฒนาตนเองและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Prathumchat (2017) ที่ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง เศษส่วนและการประยุกต์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.01/79.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 และงานวิจัยของ Ponsen (2013) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การให้เหตุผล เรื่อง ความน่าจะเป็น และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ KWDL และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TAI ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบ KWDL มีประสิทธิภาพ 88.08/79.22 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้


โจทย์ปัญหาที่ 4 ยางลบ 1 ก้อนราคาถูกกว่าดินสอ 1 แท่งอยู่ 10 บาท ถ้าแพมซื้อยางลบ 5 ก้อน และดินสอ 7 แท่ง รวมเป็นเงิน 130 บาท แล้วยางลบและดินสอราคาชิ้นละเท่าไหร่

ขั้นที่ 1 K โจทย์บอกอะไรมาบ้าง

1. ยางลบ 1 ก้อน ราคาถูกกว่าดินสอ 1 แท่งอยู่ 10 บาท
2. ซื้อยางลบ 5 ก้อน และดินสอ 7 แท่ง รวมเป็นเงิน 130 บาท

2

ขั้นที่ 2 W โจทย์ต้องการให้หาอะไร และวางแผนในการแก้ปัญหา

1. โจทย์ให้หาว่ายางลบและดินสอราคาชิ้นละเท่าไร 1
2. กำหนดตัวแปร สมมติให้ x แทนราคายางลบ 1 ก้อน (บาท) 2

ยางลบ 1 ก้อนราคา x บาท จะได้ว่า ดินสอ 1 แท่ง ราคา x + 10 บาท
ซื้อยางลบ 5 ก้อน เป็นเงิน 5x บาท และซื้อดินสอ 7 แท่ง เป็นเงิน 7x + 10 บาท
เขียนสมการได้เป็น 5x + 7x + 10 = 130 บาท

ขั้นที่ 3 D ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่วางไว้ จนกระทั่งหาคำตอบได้

จากสมการ 5x + 7x + 10 = 130 บาท
5x + 7x = 130 - 10
5x + 7x = 120
12x = 120
x = 120/12
x = 10

0

ขั้นที่ 4 L ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ ดูความสมเหตุสมผลของคำตอบ แล้วจึงสรุปคำตอบ

ตรวจสอบคำตอบ : ยางลบ 1 ก้อนราคา 10 บาท เป็นเงิน 50 บาท
ดินสอ 1 แท่ง ราคา 20 บาท ซื้อ 7 แท่ง เป็นเงิน 140 บาท

9

0

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อผิดพลาด ขั้นที่ 4

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ย 15.78 คิดเป็นร้อยละ 78.88 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ Chadwiwattanagan (2020) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ

ร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.52 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.08 และเมื่อทดสอบสมมติฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับเทคนิค KWDL เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ครูมุ่งเน้นให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบ ด้วยการสอนให้นักเรียนรู้ถึงวิธีการคิดของตนโดยเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และเลือกใช้กลวิธีต่าง ๆ ในการคิดวางแผนเพื่อนำไปใช้หาคำตอบได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งได้ตรวจสอบและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้สอนต้องเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ให้ความสำคัญกับสมาชิกทุกคนในกลุ่มอย่างเท่าเทียมกัน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น นำเสนอและรับฟังความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม อีกทั้งนักเรียนต้องเรียนรู้การหาคำตอบอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน โดยเน้นการอ่านเพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เน้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ได้อภิปราย นำเสนอแนวคิด รวมไปถึงได้รับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้สามารถเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากขึ้น และช่วยให้นักเรียนรู้การทำงานร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์และหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอน ได้แนวคิดใหม่ ๆ ในการหาคำตอบที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ย 31.23 คิดเป็นร้อยละ 78.08 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ Chadwiwattanagan (2020) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 32.92 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.3 และเมื่อทดสอบสมมติฐานพบว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้โดยการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของเทคนิค KWDL ทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนที่เหมาะสม เนื่องจากนักเรียนต้องใช้ทักษะการอ่านในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา เพื่อระบุว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มีอะไรบ้าง และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคืออะไร หลังจากนั้นนักเรียนต้องค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา รวมทั้งดำเนินการหาคำตอบ เมื่อได้คำตอบแล้วนักเรียนจะต้องตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ว่าสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอน สามารถกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาข้อมูล จัดลำดับความคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่โจทย์ต้องการ อีกทั้งครูยังใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ในการดำเนินการสอน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ปรึกษา นำเสนอ และแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น นักเรียนจึงพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL มีคะแนนเฉลี่ย 12.23 คิดเป็นร้อยละ 81.53 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้โดยการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของเทคนิค KWDL ทั้ง 4 ขั้นตอน ซึ่งในขั้นตอนที่ 2 ของ เทคนิค KWDL นักเรียนต้องค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ หลักการ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์เชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้กับเนื้อหาคณิตศาสตร์

หรือสถานการณ์ในชีวิตจริง ร่วมกับครูผู้สอนยังใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ในการดำเนินการสอน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ปรึกษา นำเสนอ และแลกเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงของตนเองร่วมกับผู้อื่น นักเรียนจึงพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับ Kamhongsa (2013) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบ STAD กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบ STAD มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปผลได้ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.76/78.88 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL คิดเป็นร้อยละ 78.88 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL คิดเป็นร้อยละ 78.08 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL คิดเป็นร้อยละ 81.53 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL นั้น ผู้สอนควรศึกษารายละเอียดและทำความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการจัดกิจกรรมเป็นอย่างดี ควรชี้แจงขั้นตอนการเรียน การให้คะแนน และการจัดกลุ่มให้นักเรียนทราบก่อน เพื่อไม่ให้นักเรียนสับสน ซึ่งจะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ

1.2 ครูควรจัดเนื้อหาและเวลาให้เพียงพอต่อการเรียนรู้และการทำกิจกรรม เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะใช้เวลาในการปรึกษา นำเสนอ และแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น ช่วยกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ค้นหาวิธีการในการแก้ปัญหา รวมทั้งดำเนินการหาคำตอบ ซึ่งจะใช้เวลาไม่เท่ากันในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นครูควรชี้แนะแนวทางหรือใช้คำถามกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่ วางแผนดำเนินงาน ตลอดจนสามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้อง ภายในระยะเวลาที่ครูจัดเตรียมไว้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยอื่น เช่น การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ที่ส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.4 ควรมีการศึกษาพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบอื่น เช่น การสอนแนะให้คิด (CGI) การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การสอนแบบอุปนัย เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จและสมบูรณ์ได้ ด้วยความเมตตากรุณาและได้รับความช่วยเหลืออย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนชยา เจียงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นอกจากนี้ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Boonprajak, S. (1997). Development of Matheatical Power Power of Mathayomsuksa 1 students throguh Cooperative Learning (in Thai). **Ph.D. Thesis.** Bangkok: Srinakharinwirot University.

Chadwiwattanagan, P. (2020). A study of mathematical problem solving ability and learning achievement through Student Team – Achievement Division (STAD) with KWDL technique of Mathayomsuksa 3 students (in Thai). **Master's Thesis**. Chonburi: Burapha University.

Kamhongsa, S. (2013). Comparison of learning achievement in linear equation of Mathayomsuksa 1 students between STAD cooperative learning and normal learning (in Thai). **Master's Thesis**. Mahasarakham: Mahasarakham University.

Ponsen, P. (2013). Comparison of learning achievement, reasoning on probability and attitude towards mathematics between the KWDL Learning Activities and the TAI learning activities for Mathayomsuksa 5 students (in Thai). **Master's Thesis**. Mahasarakham: Mahasarakham University.

Prathumchat, N. (2017). Development of mathematics learning activities by using the cooperative learning STAD Technique and KWDL technique on a topic of fraction and applications for Prathomsuksa 5 students (in Thai). **Master's Thesis**. Mahasarakham: Mahasarakham University.

Ra-Ngubtook, W. (1999). **Teaching and Learning that Focuses on Student-Centered Learning** (in Thai). Bangkok: Ton – or.

Sittisomboon, M. (2008). **Local Curriculum Development, 1st print** (in Thai). Phitsanulok: Faculty of Education. Naresuan University.

Sutthirat, C. (2009). **80 Innovations in Learning Management with a Student-Centered Focus** (in Thai). Bangkok: Danek Inter Corporation Co., Ltd.

The Ministry of Education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: The Ministry of Education.

Wilson, J. W. (1971). **Evaluation of learning in secondary school mathematics.** Handbook on formative and summative evaluation of student learning.

บทความวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วรรณนภา ธุววิทย์[1,*] และจุฑารัตน์ ธรรมประทีป[2]

[1]โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง

[2]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

**Email: wannapayuanboonlim@gmail.com*

รับบทความ: 7 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 9 กันยายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 20 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม (P) สืบเสาะหาความรู้ (I) แลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอผลงาน (E) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (G) และประเมินความรู้ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามกรอบแนวคิด The Scientific Structure Creativity Model (SSCM) และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้ PIEGA Model โดยภาพรวม นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก พิจารณารายมิติพบว่ามิติด้านคุณลักษณะ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 76.67 อยู่ในระดับดีมาก มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก มิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องและ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 86.67 และ 100.00 ตามลำดับ มิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 อยู่ในระดับดีมาก และมิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 53.34 อยู่ในระดับดี และ ด้านการปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี คิดเป็น ร้อยละ 63.33 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Research Article

Development of Scientific Creative Thinking and Academic Achievement of Grade 11 Students using Inquiry Learning with Scientific Creativity: PIEGA Model in the Topic of Electrochemistry

Wannapa Thuwawit[1,*] and Jularat Thummaprateep[2]

[1]Angthong Pattamarot Wittayakhom School, The Secondary Educational Service Area Office Singburi Angthong

[2]Faculty of Education, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi

**Email: wannapayuanboonlim@gmail.com*

Received <7 July 2022>; Revised <9 September 2022>; Accepted <20 September 2022>

Abstract

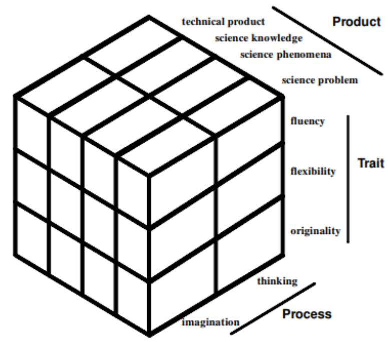
The purpose of this research was to develop scientific creativity thinking and academic achievement of students who learned using inquiry learning with scientific creativity: PIEGA Model in the topic of electrochemistry. The research sample consisted of 30 grade 11 students, the sciences and mathematics program, second semester of the academic year 2021, obtained by cluster random sampling. This research method was pre-experimental designs. The employed research instruments were 1) inquiry learning with scientific creativity: PIEGA Model lesson plans in the topic of electrochemistry, consisted of 5 steps: preparing and goals setting, inquiry and scientific creativity activities, exchange and presentation, generating scientific explanations, and assessing personal progression, 2) scientific structure scientific creativity assessment form (SSCM), and 3) academic achievement test. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation and t-test. The results of this were as follows: 1) the level of scientific creativity of all students post-learned using PIEGA Model were at very good level. Trait dimension, most of the students, 76.67%, were at very good level. Scientific process dimension, all students were at very good level. Product dimension consisted of technical product and science knowledge, most of the students were at very good level, 86.67% and 100.00%, respectively. Product dimension in terms of scientific phenomena and dimensions of scientific processes scientific imagination Most of the students, 66.67%, were in very good level. and Product dimensions in terms of scientific phenomena and dimensions of scientific processes scientific thinking Most of the students, 53.34%, were in good level. Science problems, most of the students, 63.33%, were at good level. 2) The students' academic achievement post-learned using PIEGA Model were statistically significantly higher than pre-learned at the .01 level.

Keywords: Inquiry Learning with Scientific Creativity, Scientific Creative Thinking, Academic Achievement.

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific creativity thinking) เป็นกระบวนการคิดที่สำคัญสู่การสร้างนวัตกรรมสิ่งใหม่ๆ การแก้ปัญหา จะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม เป็นทักษะที่สำคัญที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับเยาวชนไทย เนื่องจากเป็นกระบวนการคิดที่นำไปสู่การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้สร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งใหม่ๆ ที่สามารถแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ อีกทั้ง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่จะช่วยนำพาประเทศไทยก้าวข้ามผ่านกับดัก คำว่า ประเทศกำลังพัฒนาไปได้ และจากผลสำรวจของ World Economic Forum (2018) คาดว่าในปี ค.ศ. 2022 เครื่องจักรหรือหุ่นยนต์ที่มีปัญญาประดิษฐ์จะทำงานแทนมนุษย์มากขึ้น ส่งผลให้เป้าหมายของการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เน้นไปที่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยความเชื่อที่ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การทำงานของมนุษย์ต่างจากการทำงานของหุ่นยนต์หรือปัญญาประดิษฐ์ (Upaphan, 2021) ดังนั้น การจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ โดยเฉพาะในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาเพื่อเตรียมเยาวชนทั้งประเทศ นอกจากจะมุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในทุกระดับชั้นแล้ว ยังต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนานักเรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Paking *et al.*, 2015)

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดสร้างสรรค์ที่มีความเฉพาะเจาะจง คือ เป็นความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาความรู้และการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดย Hu and Adey (2002) เสนอกรอบแนวคิด คำว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ 3 มิติ ตามกรอบ SSCM ประกอบด้วย 1) มิติด้านคุณลักษณะ (Trait) 2) มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) และ 3) มิติด้านผลลัพธ์ (Product) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 The Scientific Structure Creativity Model (SSCM)

สำหรับมิติด้านคุณลักษณะประกอบด้วย คิดคล่อง (Fluency) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาจำกัด คิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับสถานการณ์ และคิดริเริ่ม (Originality) คือ ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่น และสอดคล้องกับสถานการณ์ สำหรับมิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Process) ประกอบด้วย (1) จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific imagination) คือ ความสามารถในการสร้างภาพ ในสมองหรือสร้างรูปแบบขึ้นเพื่อทำความเข้าใจเหตุการณ์หรือสถานการณ์ และคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ของเหตุการณ์หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นๆ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และ (2) การคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific thinking) คือ การคิดรูปแบบหนึ่งที่เน้นการคิดที่เป็นเหตุผลผ่านการใคร่ครวญ ตรวจสอบ และมีหลักฐานอ้างอิงที่น่าเชื่อถือโดยการคิดเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยให้บุคคลสามารถตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลข่าวสารที่ได้รับและช่วยให้สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อการดำเนินชีวิตในสังคมที่แวดล้อมไปด้วยวิทยาศาสตร์ และสำหรับมิติด้านผลลัพธ์ (Product) ประกอบด้วย (1) ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง (Technical product) คือ สิ่งเกิดขึ้นหลังจากได้มีการฝึกฝนทักษะจนเกิดความสามารถในสาขาใดสาขาหนึ่งที่ปฏิบัติได้ในระดับดีมาก โดดเด่น หรือ

เชี่ยวชาญ (2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science knowledge) คือ สิ่งเกิดขึ้นหลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ ได้แก่ ข้อเท็จจริง ความคิดหลัก กฎ ทฤษฎี สมมติฐาน และ (3) ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Science phenomena) คือ สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้นำมา ซึ่งการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Science problem) คือ ความสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือที่โจทย์กำหนด หลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้

จากการสังเกตและประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบ พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถที่จะนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หรือการแสดงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บนหลักฐาน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สะท้อนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในมิติของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลลัพธ์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในรายวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นแนวคิดที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่าเป็นเรื่องยาก ด้วยนักเรียนไม่สามารถที่จะเชื่อมโยงและทำความเข้าใจระหว่างผลลัพธ์ คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การออกแบบการสืบเสาะที่มีความหลากหลาย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก สอดคล้องกับคะแนน O-NET ในมาตรฐาน ว 3.2 ที่ยังมีคะแนนต่ำ ไม่ผ่านเกณฑ์ระดับประเทศ

ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี สนใจที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวคิด SSCM จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Suphautumporn, 2018) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการ (Saengaroon *et al.*, 2021) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Jumpathong, 2019) การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Kaewdok and Sawangboon (2018) อย่างไรก็ตามงานวิจัยในประเทศไทยที่ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ส่วนใหญ่ใช้กรอบแนวคิด ความคิดสร้างสรรค์ตามกรอบแนวคิดของ Guilford (1967) ที่มีองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ตามแนวคิดที่เรียกว่าความคิดอเนกนัย (divergent thinking) ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ (Upaphan, 2021; Suwannatat *et al.*, 2020) ผู้วิจัยจึงนำกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นสอดคล้องกับกระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผนวกกรอบแนวคิด SSCM การคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 มิติ และพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า PIEGA Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) <u>P</u>reparing and goals setting: เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม 2) <u>I</u>nquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) <u>E</u>xchange and presentation: แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน 4) <u>G</u>enerating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 5) Assessing personal progression: ประเมินความก้าวหน้ารายบุคคล

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model

สมมติฐานของการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า หลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 โดยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์การประเมิน ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

1) แบบแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบเชิงทดลองเบื้องต้น ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีการทดสอบก่อนและหลังเรียน ใช้แบบ One group pretest posttest design และใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม จังหวัดอ่างทอง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 240 คน จำนวน 7 ห้องเรียน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 28 คาบ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) <u>P</u>reparing and goals setting: เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม 2) <u>I</u>nquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3) <u>E</u>xchange and presentation: แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน 4) <u>G</u>enerating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 5) Assessing personal progression: ประเมินความก้าวหน้ารายบุคคล PIEGA Model พัฒนาจากกรอบแนวคิดหลัก 4 แนวคิด คือ 1) กระบวนการสืบเสาะ 5 ลักษณะเฉพาะ (5 features of inquiry) ของสภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000) คือ (1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานในการตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (4) ผู้เรียนเชื่อมต่อคำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (5) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินคำอธิบาย 2) กรอบแนวคิดของ The Scientific Structure Creativity Model (SSCM) (Hu and Adey, 2002) ที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 มิติ 3) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) (Mingsiritham, 2011) (1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ มีความรับผิดชอบต่อกลุ่มร่วมกัน (2) แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (3) ความสำเร็จของทุกคนและของกลุ่มเป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียน (4) เป็นการเรียนรู้แบบแข่งขันกันฉันท์มิตร (5) การสร้างองค์ความรู้ด้วยการลงมือกระทำ (6) ได้สอนหรืออธิบายให้กับผู้เรียนคนอื่น ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายกับตัวผู้เรียน และ 4) การสะท้อนคิด (reflective thinking) (Khalid *et al.*, 2015) เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อให้นักเรียนได้กระทำและคิดอย่างมืออาชีพเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้ เน้นการวิเคราะห์เชิงวิพากษ์ ได้รับรู้ความก้าวหน้าของตนเองเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งได้ผ่านผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณากรอบแนวคิดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ บทบาทครู และบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงพิจารณาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า กำหนดจุดประสงค์ ออกแบบกิจกรรมตามขั้นตอนการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยแต่

ละแผนการจัดการเรียนรู้กำหนดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรม และการกำหนดชิ้นงานหรือภาระงานสำหรับการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างกิจกรรมหลักในการสืบเสาะ ผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ภาระงาน/ร่องรอยหลักฐาน และเวลาที่ใช้ (1 คาบ = 55 นาที)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมหลักในการสืบเสาะ	ภาระงาน/ร่องรอยหลักฐาน	เวลา
1	เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์	การออกแบบการทดลอง 1) การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะกับไอออนของโลหะ (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านปัญหาทางวิทยาศาสตร์) และ 2) ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ของโลหะกับไอออนของโลหะ (การทดลองแบบเคมีย่อส่วน) (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านปัญหาทางวิทยาศาสตร์)	ใบกิจกรรมการทดลอง	2 คาบ
2	การดุลสมการรีดอกซ์	การเขียนแผนภาพหรือตารางสรุปหลักการในดุลสมการรีดอกซ์ด้วยการใช้เลขออกซิเดชัน และวิธีครึ่งปฏิกิริยา (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	ใบกิจกรรมการดุลสมการรีดอกซ์	1 คาบ
3	เซลล์เคมีไฟฟ้า	การออกแบบและสร้างกระดานเกมที่สามารถเปลี่ยนโจทย์ได้หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อการอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	กระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สุดหรรษา	1 คาบ
4	ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	การออกแบบอินโฟกราฟฟิก 1 หน้ากระดาษ A4 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์)	อินโฟกราฟฟิกเรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	1 คาบ
5	เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า	โมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเคมีไฟฟ้า (มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง และมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับมิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง)	โมเดลนวัตกรรมเคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	2 คาบ

การหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประเมินความสอดคล้องระหว่าง ขั้นตอนการสอนตาม PIEGA Model แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมแต่ละขั้นตอน ภาระงาน/ร่องรอยหลักฐาน พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 1.00 – 0.60 หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินและให้ข้อเสนอแนะ นำมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ตามกรอบแนวคิด SSCM โดยปรับจากแบบวัดของ Hu and Adey (2002) จำนวน 7 ข้อ ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 1.00 – 0.60 นำไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ลองทำเพื่อตรวจสอบแนวการตอบและประเมิน

เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อคำถามและวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามมิติต่างๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อคำถามและการวัดประเมินความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามมิติ 3 มิติ

คำถาม	มิติการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 มิติ ตามกรอบแนวคิด SSCM								
	คุณลักษณะ			กระบวนการทางวิทยาศาสตร์		ผลลัพธ์			
	คิดคล่อง	คิดยืดหยุ่น	คิดริเริ่ม	จินตนาการทางวิทยาศาสตร์	การคิดทางวิทยาศาสตร์	ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์	ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
ข้อ 1 ให้นักเรียนเขียนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำจากแก้ว ให้ได้มากที่สุด เช่น หลอดทดลอง	✓ การคิดคำตอบให้ได้มากที่สุด	✓ การคิดคำตอบมีความหลากหลาย	✓ การคิดคำตอบต่างจากคนอื่น	-	✓	-	✓	-	-
ข้อ 2 ถ้านักเรียนขึ้นยานอวกาศไปท่องเที่ยวนอกโลก และไปยังดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง นักเรียนสามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์อะไรได้บ้าง ที่นำไปสู่การทำวิจัยหรือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทำไมสิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยบนดาวเคราะห์นี้ได้ ?	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
ข้อ 3 ให้เขียนวิธีการ หรือ แนวทางที่มีความเป็นไปได้ ในการปรับปรุงจักรยานคันเก่าให้ดีกว่าคันเดิม หรือใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น หรือสวยงามมากกว่าเดิม เช่น ทำให้ยางสะท้อนแสงเพื่อให้มองเห็นได้ในที่มืด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	--	
ข้อ 4 สมมติ ถ้าไม่มีแรงโน้มถ่วง จงอธิบายว่าโลกจะเป็นอย่างไร เช่น มนุษย์จะลอยได้	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-
ข้อ 5 ให้นักเรียนหาวิธีการต่างๆ เท่าที่จะทำได้ เพื่อแบ่งสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นสี่ชิ้นเท่าๆ กัน (รูปทรงเดียวกัน) ให้วาดบนกระดาษคำตอบ	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
ข้อ 6 ถ้ามีผ้าเช็ดหน้า อยู่ 2 ชนิด นักเรียนจะทดสอบได้อย่างไรว่าผ้าชนิดไหนดีกว่ากัน ? ให้เขียนวิธีการที่เป็นไปได้มากที่สุด รวมถึงเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนง่ายๆ	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-
ข้อ 7 โปรดออกแบบเครื่องเก็บมะม่วง วาดรูป ระบุชื่อ และ การทำงานของส่วนประกอบแต่ละส่วน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีเนื้อหาเรื่อง เลขออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดอกซ์ การดุลสมการรีดอกซ์ เซลล์เคมีไฟฟ้า ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า เป็นข้อสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยเครื่องมือผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ค่า IOC อยู่

ในช่วง 0.6 - 1.0 ค่าความเชื่อมั่น KR-21 Kuder Richardson ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เท่ากับ 0.66 อำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.20 – 0.55 และ ค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง 0.52 - 0.82

การเก็บรวบรวมข้อมูล

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังจากนั้น เรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ PIEGA Model ระหว่างการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ภาระงาน ทั้งหมด 9 ชิ้นงาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจบบทเรียนนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ทำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอย่างเดียว เนื่องจากนักเรียนอาจจำคำตอบได้ และจะไม่สามารถวัดความคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่มได้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล/ การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลจากวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ตามเกณฑ์การประเมินแต่ละมิติตามกรอบ SSCM จำนวน 7 ข้อ มีคะแนนเต็ม 36 คะแนน แบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วงเท่ากัน แปลค่าได้ 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง และต้องปรับปรุง การวิเคราะห์รายมิติ แบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วง คือ ดีมาก ดี พอใช้ และ ต้องปรับปรุง แต่ละข้อจะมีคะแนนไม่เท่ากัน เนื่องจากในคำถามแต่ละข้อ จะวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ครบ ทั้ง 3 มิติ แต่ไม่ครบในมิติย่อย ซึ่งเป็นลักษณะของคำถาม โดยข้อ 1, 4 และ 6 มีคะแนน เต็ม 20 คะแนน ส่วนข้อ 2, 3, 5 และ 7 มีคะแนน เต็ม 24 คะแนน สำหรับมิติด้านผลลัพธ์ทั้ง 4 ด้านวิเคราะห์โดยคิดคะแนนร่วมกับคะแนนจากมิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มี 2 ด้าน คือ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ กับด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คะแนนจากการตอบข้อคำถามตามตารางที่ 2 โดยแบ่งระดับคะแนน เป็น 4 ช่วง คือ ดีมาก ดี พอใช้ และต้องปรับปรุง การตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งแบบทดสอบและภาระงานที่ใช้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน หากพบว่าคะแนนที่ตรวจในแต่ละข้อ หรือการประเมินภาระงานใดไม่สอดคล้องกัน ครูทั้ง 2 ท่านจะพิจารณาร่วมกันเพื่อตัดสินการให้คะแนนอีกครั้ง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน คำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากแบบทดสอบก่อน และหลังเรียน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

ผลการวิจัย

1. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทุกคนอยู่ในระดับดีมาก เมื่อ พิจารณาแต่ละมิติ พบว่า ได้ข้อมูลแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

มิติ	ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
มิติคุณลักษณะ	23 คน (ร้อยละ 76.67)	7 คน (ร้อยละ 23.33)	-	-
มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	30 (ร้อยละ 100.00)	-	-	-

มิติผลลัพธ์ แยกพิจารณา มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับความสัมพันธ์ในมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2 ด้าน และมิติคุณลักษณะ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทั้ง 3 มิติ โดยใช้มิติผลลัพธ์เป็นหลัก สรุปได้ดังนี้

(1) มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และมิติคุณลักษณะ

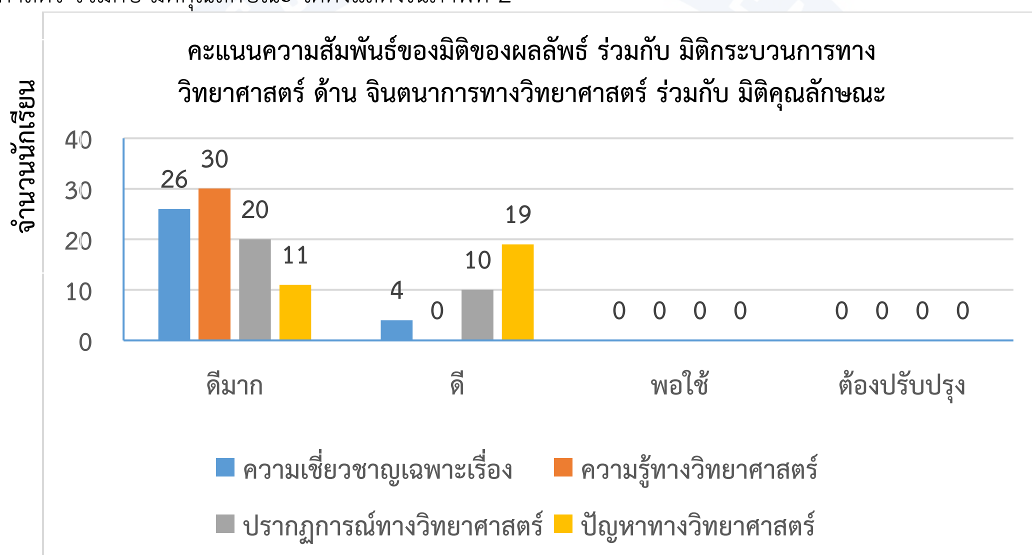
- ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็น ร้อยละ 86.67 และระดับดี จำนวน 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 13.33

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 30 คน คิดเป็น ร้อยละ 100.00 พิจาณาให้คะแนนจากภาระงานที่มอบหมายให้นักเรียนระหว่างเรียนมาพิจารณาแทน เนื่องจากไม่มีข้อคำถามที่สามารถวัดได้ ถือเป็นข้อจำกัดของแบบทดสอบนี้

- ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 20 คน คิดเป็น ร้อยละ 66.67 และระดับดี จำนวน 10 คน คิดเป็น ร้อยละ 33.33

- ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 11 คน คิดเป็น ร้อยละ 36.67 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็น ร้อยละ 63.33

สรุป แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ ได้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับมิติคุณลักษณะ

(2) มิติผลลัพธ์ 4 ด้าน กับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ และมิติคุณลักษณะ

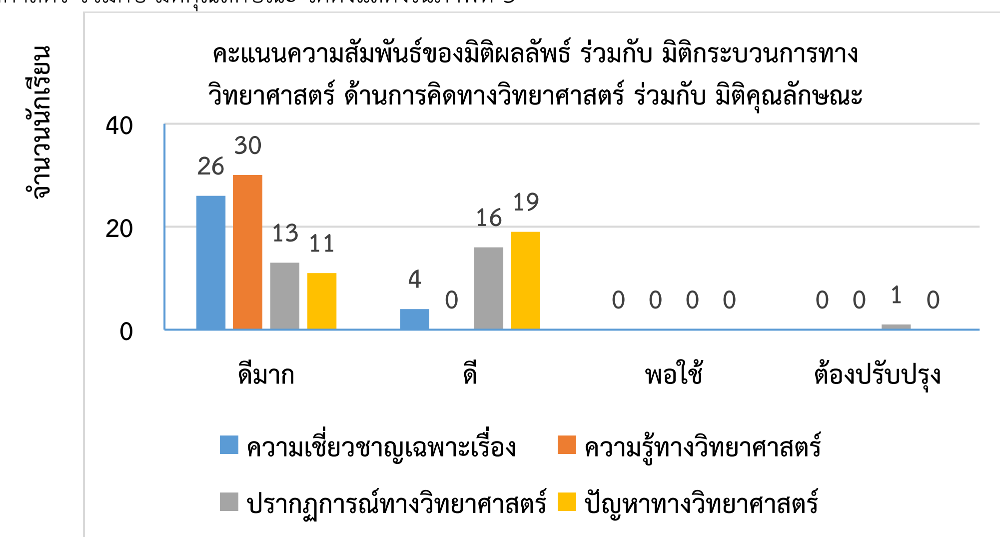
- ความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 26 คน คิดเป็น ร้อยละ 86.67 และระดับดี จำนวน 4 คน คิดเป็น ร้อยละ 13.33

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 30 คน คิดเป็น ร้อยละ 100.00

- ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 13 คน คิดเป็น ร้อยละ 43.33 และระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็น ร้อยละ 53.34 และมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับ ต้องปรับปรุง จำนวน 1 คน คิดเป็น ร้อยละ 3.33

- ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ การคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีมาก จำนวน 11 คน คิดเป็น ร้อยละ 36.67 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็น ร้อยละ 63.33

สรุป แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ ร่วมกับ มิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มิติคุณลักษณะ ได้ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงคะแนนความสัมพันธ์ของมิติผลลัพธ์ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับมิติคุณลักษณะ

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (PIEGA Model) เรื่อง เคมีไฟฟ้า แล้วนำผลต่างของคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การพิจารณา ค่า t จาก t–test for Dependent Sample ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา เคมี 4 ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดย PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้า ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	N	$\overline{X}$	*SD*	t
ทดสอบก่อนเรียน	30	7.70	2.10	18.60*
ทดสอบหลังเรียน	30	16.03	1.43	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (PIEGA Model) เรื่อง เคมีไฟฟ้า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model สามารถพัฒนาทั้งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1. กิจกรรมในขั้นตอน Inquiry and scientific creativity activities: กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมในขั้นตอนนี้ นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้น ศึกษา เพื่อการ

เรียนรู้และทำความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการนี้เน้นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 มิติที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า กิจกรรม โมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องเคมีไฟฟ้า เป็นกิจกรรมที่สะท้อนมิติของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 มิติ ตามกรอบแนวคิด SSCM คือ มิติด้านคุณลักษณะ ที่ประกอบด้วย คิดคล่อง นักเรียนต้องสืบเสาะ สืบค้นนำความรู้ทางเคมีไฟฟ้ามาสร้างโมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรม โดยนำเสนอเป็นแนวคิดต้นแบบบนกระดาษ ภายในเวลาที่ครูกำหนด คิดยืดหยุ่น นักเรียนต้องประยุกต์ใช้วัสดุใกล้ตัว ที่หาได้มาจัดทำเป็นโมเดลต้นแบบ ที่มีความสอดคล้อง เหมาะสมกับต้นแบบที่ร่างไว้บนกระดาษ คิดริเริ่ม นักเรียนต้องคิดหาสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร มีประโยชน์ถูกต้องตามหลักการ และทฤษฎีที่เรียนมา ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่ได้หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในกิจกรรมนี้ เช่น โมเดลการสร้างกระแสไฟฟ้าจากดิน โมเดลการทำเครื่องซักผ้าอัตโนมัติจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น พฤติกรรมบ่งชี้ของนักเรียนที่แสดงออกถึงมิติด้านคุณลักษณะ เช่น สามารถคิดผลงานได้ทันตามกำหนดเวลา ผลงานมีความแปลกใหม่ โดดเด่น ไม่เหมือนใคร ผลงานสามารถสร้างสรรค์เป็นโมเดลต้นแบบได้จากวัสดุที่ใกล้ตัว เป็นต้น มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมนี้ช่วยพัฒนาทั้งด้านจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และ การคิดทางวิทยาศาสตร์ เพราะการที่นักเรียนจะสร้างสรรค์ผลงานนี้ได้ ต้องผ่านขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน มีการคิดวางแผน ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบที่ต้องอาศัยทั้งการจินตนาการ และการคิดทางวิทยาศาสตร์ การเลือกใช้วัสดุ การสร้างชิ้นงาน และการสร้างคำอธิบายผลงานที่ต้องแสดงถึงสมการรีดอกซ์ที่เกี่ยวข้อง ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้น ขั้วแอโนด ขั้วแคโทด สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งต้องแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันให้ได้ ตามที่ Junthon *et al*. (2015) ได้กล่าวว่า เมื่อนำการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาความคิดสร้างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาและสร้างผลงานที่แตกต่างได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้แสดงความคิดเห็นที่หลากหลายอย่างต่อเนื่อง มีการเปิดโอกาสให้คิดอย่างเป็นอิสระ กล้าแสดงความคิดเห็นในการทำกิจกรรมต่างๆ มีการยอมรับแนวคิดของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนมีความกล้าคิดกล้าทำจนนำไปสู่ความคิดที่แปลกใหม่ อันจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของความคิดสร้างสรรค์ (Treffinger *et al*., 2004) สอดคล้องกับ Suphautumporn (2018) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. กิจกรรมในขั้นตอน Exchange and Presentation แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน: เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและนำเสนอผลการศึกษาที่ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและของเพื่อน นักเรียนต้องแสดงการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ นักเรียนแสดงความเข้าใจผ่านการอุปมา เปรียบเทียบสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม กิจกรรมเหล่านี้ส่งเสริมทั้งความคิดสร้างสรรค์และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น กิจกรรมการทำกระดานเกมองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า 15 จุด ที่นักเรียนต้องสร้างเกมจากการนำเอาความรู้ที่เรียนมาสื่อสารเป็นสิ่งที่มองเห็น จับต้องได้ มาอธิบายให้เกิดความเข้าใจ หรือกิจกรรมการออกแบบโปสเตอร์ประโยชน์ของเคมีไฟฟ้า โดยการออกแบบผลงานใน CANVA และมานำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่ออธิบายให้เพื่อนๆ ฟัง ฯลฯ ซึ่งแต่ละกิจกรรมนอกจากจะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น สอดคล้องกับ Thongjun and Pankaew (2016) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนฝึกกระบวนการสืบเสาะจากการค้นคว้าข้อมูล และการระดมสมองแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันเป็นรูปแบบการสอนที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น เป็นการเปิดโอกาส ให้กับนักเรียนได้คิดอย่างอเนกนัย คิดกว้างไกล สามารถให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ ลงมือทำด้วยตนเอง และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

3. กิจกรรมในขั้นตอน Generating scientific explanations: การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมนี้ส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับทฤษฎี constructivist Theory (Senglek *et al*., 2021) ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าเป็นกระบวนการที่ต้องลงมือ

ปฏิบัติ ประสบการณ์ตรง การลองผิด ลองถูก การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็น การเรียนรู้ควรเป็นองค์รวม เน้นสภาพจริงและสิ่งที่เป็นจริงในห้องเรียน ผู้เรียนจะมีโอกาสสร้างความรู้ผ่านประสบการณ์ความรู้ของตนเองที่ไม่ได้มาจากการบอกหรือการสอนของครู แต่เกิดจากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เป็นการเน้นกระบวนการที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในระดับห้องเรียน โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ด้วยตัวเองอย่างกระตือรือร้นและเต็มใจ ผู้เรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการเน้นการสืบเสาะให้ผู้เรียนได้ค้นพบ สูตร กฎเกณฑ์ มโนมติด้วยตนเอง ครูมีบทบาทเพียง เป็นผู้จัดสถานการณ์ให้กับผู้เรียนด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความคิด ใหม่ๆ กับสิ่งที่สะสมไว้ในประสบการณ์แล้วนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหา (Karakul and Nuangchalerm, 2016)

4. การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในมิติคุณลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ ที่ประกอบด้วย คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่ม ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงกิจกรรมของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนคุณลักษณะของความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องตลอดการเรียนรู้ เช่น กิจกรรมปริศนาเลขออกซิเดชัน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนฝึกหาเลขออกซิเดชัน จากบัตรภาพ ลักษณะกิจกรรมเป็นรูปแบบเกม ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดคล่องในการทายปริศนาภาพโดยเชื่อมโยงความรู้มาจากการหาเลขออกซิเดชันให้ได้เร็วที่สุด เพื่อเป็นผู้ชนะ การฝึกให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึง การคิดยืดหยุ่นในส่วนของการหาวิธีประกอบรูปภาพจากการมองที่การตัดกระดาษ ขนาดความกว้างของขอบเส้น ที่ต้องนำมาใช้ประกอบการพิจารณา เนื่องจากมีภาพบางภาพที่มีเลขออกซิเดชันซ้ำกัน แสดงตัวอย่างในภาพที่ 4 (ก) ส่วนตัวอย่างกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดริเริ่ม เช่น การเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ ที่มีการปรับการทดลองเป็นแบบ small scale เพื่อฝึกให้นักเรียนไม่ยึดติดกับวิธีการทดลองแบบเดิมและหาวิธีแก้ปัญหาใหม่ เพื่อให้ได้คำตอบที่เหมือนกัน แต่ใช้สารเคมีน้อย นอกจากนี้ในส่วนกิจกรรม นักเรียนคิดริเริ่ม เรื่อง การดุลสมการรีดอกซ์ มีกิจกรรมที่ให้นักเรียนเขียนแผนภาพ/ตารางสรุปหลักการดุลสมการรีดอกซ์ ซึ่งได้จากการทำกิจกรรมด้วยตนเองที่มีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก จึงส่งเสริมความเข้าใจด้านแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงถึงการคิดริเริ่ม และการเชื่อมโยงความรู้สอดคล้องกับ Suwannatat *et al.* (2020) ที่ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบวา ความคิดสร้างสรรคทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้โดยการเชื่อมโยงความรู และนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ผ่านการสร้างสถานการณ์ที่หลากหลาย

มิติด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่ชัดเจน เช่น กิจกรรมกระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สุดหรรษา เป็นกิจกรรมการออกแบบและสร้างกระดานเกมที่สามารถเปลี่ยนโจทย์ได้หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อการอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า ฝึกให้นักเรียนใช้จินตนาการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งช่วยให้สามารถเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น แสดงตัวอย่างในภาพที่ 4 (ข) กิจกรรมการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าอย่างง่ายจากเส้นด้าย เพื่อให้เข้าใจองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าได้จากกิจกรรมการทดลอง เป็นกิจกรรมในลักษณะที่นักเรียนต้องหาวิธีการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้า ที่นักเรียนสนุกกับการหาวิธีการทดลอง การหาคำตอบโดยตนเองสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Mingsiritham, 2011) มีลักษณะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ช่วยให้นักเรียนแสดงความสามารถด้านความรู้ ในมิติของผลลัพธ์ ร่วมกับมิติกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

(ก) กิจกรรม เรื่อง ปริศนาเลขออกซิเดชัน

(ข) กิจกรรมกระดานเกมการวาดรูปภาพเซลล์ 15 จุด สุดหรรษา

ภาพที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมที่เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในมิติที่มีความเชื่อมโยงกัน เช่น มิติผลลัพธ์ ด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง กับ มิติการคิดทางวิทยาศาสตร์ และ มิติคุณลักษณะ เช่น กิจกรรมโมเดลนวัตกรรมเคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างโมเดลต้นแบบของสิ่งประดิษฐ์ หรือนวัตกรรมจากการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเคมีไฟฟ้าให้เกิดขึ้นจริง ที่นักเรียนได้สร้างสรรค์โมเดล เช่น โมเดลการสร้างกระแสไฟฟ้าจากดิน จากน้ำทะเล จากเซลล์เงิน จากเซลล์แสงอาทิตย์ มาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เป็นแหล่งพลังงานให้โคมไฟ เรือ รถ เครื่องซักผ้า โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น หรือกิจกรรมสร้างกระแสไฟฟ้าจากมะนาว ที่นักเรียนต้องอาศัยการคิดเชื่อมโยงกับวิชาฟิสิกส์เพื่อหาวิธีการที่ทำให้ได้กระแสไฟฟ้าสูงที่สุด ภายใต้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมือนกัน ถือเป็นการประยุกต์นำสิ่งใกล้ตัวมาอธิบายให้เกิดความรู้ เป็นการแสดงหลักฐานให้เห็นว่าเซลล์เคมีไฟฟ้า ว่าสามารถสร้างได้ง่ายๆ และผลิตกระแสไฟฟ้าได้จริงและ แต่ละกลุ่มมีวิธีการต่อที่ไม่เหมือนกันในการสร้างกระแสไฟฟ้า จะเห็นว่า นักเรียนจะได้ฝึกปฏิบัติ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในหลายมิติไปพร้อมๆ กัน สอดคล้องกับงานวิจัย Karademir (2016) ที่สำรวจความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีพรสวรรค์ผ่านการทำกิจกรรมโครงงาน โดยใช้กรอบแนวคิด SSCM พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ มีความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้น ภาพวาดและการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพื่อจินตนาการว่าในแง่ขององค์ประกอบกระบวนการต้องใช้อะไรบ้าง และนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model เรื่อง เคมีไฟฟ้าสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เนื่องจากกิจกรรมในขั้นตอน เตรียมความพร้อมและวางเป้าหมายของทีม มีการใช้กิจกรรมที่หลากหลายที่ทำให้นักเรียนรู้เป้าหมายในการเรียนที่ชัดเจน และสนุกกับการทำกิจกรรม ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกประสบการณ์ในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้น ศึกษา เรียนรู้ ทดลอง ลงมือปฏิบัติ กิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบนี้เน้นความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 3 มิติ ที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมในขั้นตอน แลกเปลี่ยนและนำเสนอผลงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประเมินตนเอง เป็นส่วนเติมเต็มที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น มีการใช้หลักฐาน มีการใช้การอุปมาเปรียบเทียบสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ซึ่งถือเป็นการส่งเสริมทั้งความคิดสร้างสรรค์ และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในมิติผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ในระดับดี อาจเนื่องมาจากกิจกรรมกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน การเชื่อมโยงไปยังศาสตร์อื่นในลักษณะการบูรณาการ และการวิเคราะห์บริบทหรือสถานการณ์เพื่อนำมาสู่กระบวนการแก้ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายยังมีน้อย ดังนั้น ครูผู้สอนที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ PIEGA Model ไปใช้ควรเพิ่มเติมกิจกรรมที่ให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแสวงหาความรู้นำมาซึ่งการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และแก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือที่โจทย์กำหนด หลังจากได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ เพื่อให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการในมิติของผลลัพธ์ ด้านปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

2. จากการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ พบว่าสิ่งที่จะทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้ประสบความสำเร็จก็คือ ตัวของครูผู้สอน ที่ต้องเชื่อมั่นในศักยภาพของนักเรียน ต้องทำหน้าที่ในการอำนวยความสะดวก การเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม เพื่อให้การจัดกิจกรรมเป็นไปด้วยความเรียบร้อย ต้องสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้สนุกสนาน เป็นกันเอง เพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่ ทุกข้อเสนอแนะ ทุกข้อคำถามของ

นักเรียน คือสิ่งที่ครูต้องให้ความสำคัญในชั้นเรียนเพื่อนำมาปรับปรุงในครั้งต่อไปอยู่เสมอ โดยต้องคิดเสมอว่าไม่มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไหนที่จะดีที่สุด เมื่อนักเรียนเปลี่ยนกลุ่มไป ครูจึงมีหน้าที่ต้องหาความเหมาะสมให้กับนักเรียนเพื่อให้สามารถพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้เกิดขึ้นได้จริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: PIEGA Model กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นที่มีลักษณะเป็นแนวคิดทาวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมมาก และเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะกระบวนการ เช่น สมดุลเคมี กรด-เบส เป็นต้น เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้เมื่อใช้กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ต่อไป

2. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบเชิงทดลองเบื้องต้น ที่พบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาได้ทั้งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในการทำวิจัยครั้งต่อไปสามารถใช้ระเบียบวิจัยเชิงทดลองเพื่อที่จะอ้างอิงไปยังประชากรที่กว้างขวางมากขึ้น ในบริบทที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ หรือ บริบทใหม่ หรือ ศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและแนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะผนวกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในชั้นเรียนฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ และได้รับคำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้ำเพ็ชร นาสารีย์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุภัสสรา สนธิ์เจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิวดี บุญญะอุทยาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉราวดี บุญคุ้ม รองศาสตราจารย์ ดร. นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.อนุ เจริญวงศ์ระยับ ที่ให้ความช่วยเหลือโดยเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจ และแนะนำแก้ไขเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม นายบันลือ พลมาลา และอาจารย์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม ทุกท่าน และขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Guilford, J.P. (1967). **The Nature of Human Intelligence**. New York: McGraw-Hill Book Co., Ltd.

Hu, W. and Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. **International Journal of Science Education**, 24(4), 389–403.

Junthon, B., Jantarakantee, E., Weerapaspong, T. (2015). Developing of Scientific Creativity of Grade 11 Students in Unit of Equilibrium Using by Scientific Inquiry Approach. **53rd Kasetsart University Academic Conference: Branches Education,** 227-234.

Jumpathong, W. (2019). Development of STEM activity by using microfluidic paper-based analytical devices on acid-base solutions to enhance creativity and innovation skills for pre-service teachers. **A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of MASTER OF EDUCATION**, Faculty of Science Srinakharinwirot University.

Kaewdok, P., Sawangboon, T. (2018). A Study of the Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Tenth Grade Students, Using Creativity–Based Learning (CBL): Mixed–Method Research. **Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University**, 25(1), 206-224.

Karademir, E. (2016). Investigation the scientific creativity of gifted students through project-based activities. **International Journal of Research in Education and Science (IJRES)**, 2(2), 416-427.

Karakul, R., Nuangchalerm, P. (2016). The Development of Science Activity Packages Based on Constructivist Theory for Mathayomsuksa 4. **Praewa Kalasin Academic Journal Kalasin University**, 3(2), 38-53.

Khalid, F., Ahmad, M., Karim, A., Daud, M., Din, R. (2015). Reflective Thinking: An Analysis of Students' Reflections in Their Learning about Computers in Education. **Creative Education**, 6, 2160-2168.

Mingsiritham, K. (2011). Integrating cooperative learning and collaborative learning. **Veridian E-Journal SU**, 4(1), 435-444.

National Research Council. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning.** Washington, DC: National Academies Press.

Paking, K., Kong-im, B. and Wangwasit, K. (2015). Development of teaching processes that promote scientific creativity. of students in Grade 1. **Academic Social Science Journal**, 8(2), 30-53.

Saengaroon, S. Chaowakeratipong, N. and Suwanjinda, D. (2021). The Effects of Using the Model-Based Instruction in the Topic of Chemical Bonding on Chemistry Learning Achievement and Scientific Creative Thinking of Grade 10 Students at Wat SuthiWararam School in Bangkok Metropolis. **Education Journal Thaksin University**, 21(2), 157-173.

Senglek, M. Arunwong, R. and Othakanon, L. (2021). The study of factors related to enhance of scientific creativity and scientific mind of students grade 4-6. **Valayalongkorn Review Journal (Humanities and Social Sciences)**, 11(2), 91-103.

Suphautumporn, P. (2018). Effects of using a 5-step learning cycle model on the ability to think scientifically. and the ability to think scientifically of junior high school students in Chulalongkorn University Demonstration School, Secondary Department. **Education Journal Chulalongkorn University**, 46(2), 101-118.

Suwannatat, W., Tunsakul, J., Rorbkorb, N., and Rascha, T. (2020). Confirmatory Factor Analysis of Scientific Creativity. **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus**, 31(3), 190-198.

Thongjun, N. and Pankaew, P. (2016). Development of creative thinking in science of lower secondary students learning through brain storming. **Graduate Research Journal,** 7(1), 1-14.

Treffinger, D. J., Young, G. C. Nassab, C. W. and Witting, C. V. (2004). **Talent development: The levels of service approach**. Waco, TX: Prufrock Press.

Upaphan, K. (2021). **Developing Creativity by Using the Teaching and Learning Model of Thinking Process. Solve future problems based on Torrance's concept. Knowledge integration course Mahidol Wittayanusorn School**. Nakhon Pathom: Mahidol Wittayanusorn School Public Organization.

World Economic Forum. (2018). **World Economic Forum Annual Meeting 2018 Overview**. Switzerland 23-26 January 2018.

บทความวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาพร เรืองรุ่ง[1*]
[1]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านกุ่ม กลุ่มเครือข่ายสถานศึกษาที่ 14 (ผาแต้ม)
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3
**Email: win.physics.1996@gmail.com*

รับบทความ: 3 กันยายน 2565 แก้ไขบทความ: 17 ตุลาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 4 พฤศจิกายน 2565

บทคัดย่อ

STEM สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาแก้ไขปัญหาได้ ส่วน BCG Model เป็นการพัฒนาเศรษฐกิจแบบองค์รวมที่ไม่ได้พัฒนาแค่เศรษฐกิจเท่านั้น แต่พัฒนาสังคม และส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อมให้สมดุล มั่นคง และยั่งยืนด้วย ซึ่งทั้งสองอย่างนี้มีความสำคัญที่จะนำมาบูรณาการให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการจนสามารถพัฒนาความรู้ และความสามารถได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG โดยศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านกุ่ม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 จำนวน 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ คู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG model แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการทดสอบทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และ 2) จากการประเมินพัฒนาการทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนด้วยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการทางการเรียนร้อยละ 41.00 อยู่ในระดับกลาง ร้อยละ 47.00 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 12.00 อยู่ในระดับสูงมาก และมีระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหา ร้อยละ 6.00 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 41.00 อยู่ในระดับกลาง และร้อยละ 53.00 อยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG ความสามารถในการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Research Article

The effect of utilizing STEM BCG as project-based learning in solving local problems on Grade-6 students to increase learning achievement and problem-solving ability in science and technology

Sathaphorn Ruengrung[1*]

[1]Department of Science and Technology, Ban Kum School, School Network Group No. 14 (Pha Taem),
Ubon Ratchathani Primary Educational Service Area Office 3
**Email: win.physics.1996@gmail.com*

Received <3 September 2022>; Revised <17 October 2022>; Accepted <4 November 2022>

Abstract

STEM would enable students to learn and integrate scientific knowledge to hone problems- solving skills. The BCG Model is holistic economic development in which it is not only developing the economy but also promotes social development and the conservation of the environment to be balanced, stable, and sustainable. Both seem essential to integrate students into learning processes until they could develop their knowledge and abilities. Therefore, the researcher came up with the idea of utilizing studying the effect of STEM BCG as project-based learning for solving local problems on problem-solving ability and science and technology learning achievement. The target of the study was 17 students in grade 6 of the academic year 2022, Ban Kum School, Ubon Ratchathani Primary Educational Service Area Office 3. The instruments consisted of the manual for local problem solving according to STEM education project steps in conjunction with the BCG model, a learning achievement test, and the problem-solving ability test. The data were analyzed by using percentage, means, standard deviation, relative gain score, and t-test for the dependent sample. Consequently, research findings revealed as follows: 1) the students' mean score on the post-test on science and technology learning achievement and problem-solving ability was higher than the pre-test mean score at the significant level of .01, and 2). From the results of evaluating the development of students learning achievement and problem-solving ability with relative gain scores, students had the developmental level in learning achievement had shown that 41.00 % of the students who were in medium level, 47.00 % of the students who were in high level, and 12.00% of the students were in very high level, and the developmental level in problem-solving ability was 6.00 % of the students who were at primary level, 41.00 % of the students who were at medium level, and 53.00% of the students at a high level.

Keywords: STEM BCG as Project-based Learning, Problem-solving Ability, Learning Achievement

บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาของไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนาหลักสูตรของชาติที่เสริมสร้างสมรรถนะของผู้เรียน ผ่านการจัดการเรียนรู้ในทุกกลุ่มสาระ โดยมีแนวคิดที่จะสร้างเยาวชนไทยให้มีความเก่งในแบบของตนเอง มีสุขภาวะทางกาย และสติปัญญาที่ดี เชื่อมโยงสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้กับการทำงานเป็น และมีความยืดหยุ่นพร้อมปรับตัวกับสถานการณ์อยู่เสมอ (National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 2022) สะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ตลอดจนสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต การสร้างสรรค์ เตรียมความพร้อมของนักเรียนในอนาคตข้างหน้า (Polyiem, 2018) ส่วน BCG Model (Bio-Circular-Green Economy Model) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจใน 3 มิติ ได้แก่ เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ซึ่งเป็นการพัฒนาเศรษฐกิจที่ควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคม และการรักษาสิ่งแวดล้อมได้อย่างสมดุลให้เกิดความมั่นคง และยั่งยืนไปพร้อมกัน (National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 2022) ดังนั้นการเตรียมความพร้อมเยาวชนในการศึกษาต่อ หรือประกอบอาชีพในอนาคตตามนโยบายการขับเคลื่อน BCG ให้บรรลุเป้าหมายในการรักษาสิ่งแวดล้อม โดย BCG Economy Model จะพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืนต่อไป การเชื่อมโยง BCG model กับการศึกษานับว่าเป็นเรื่องสำคัญ (Jongsarit, 2022) โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาส่งเสริมสมรรถนะผู้เรียน (Faikhamta, 2022) และชุมชนสังคมการเรียนรู้ตลอดชีวิตด้วย BCG Model (Ruamcharoen *et al.*, 2021)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด 2) ขั้นรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา 4) ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา 5) ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง 6) นำเสนอผลงาน (Visetsuvarnabhumi, 2019) สอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (National STEM Education Center, 2015) สอดคล้องกับการเรียนรู้สะเต็มผ่านกระบวนการ 6 ขั้นตอน (Ladachart and Ladachart, 2022) และสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน STEM-Project based leaning (Klomim, 2016) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา สามารถส่งผลต่อทักษะในศตวรรษที่ 21 (Funfuengfu, 2017) และพบว่ามีหลากหลายทักษะที่สามารถพัฒนาได้ด้วยสะเต็มศึกษา รวมถึงทักษะการแก้ไขปัญหาหรือความสามารถในการแก้ปัญหา ดังการศึกษาของ Singto (2019) พบว่า การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนได้ การศึกษาของ Suwannawong *et al.* (2020) พบว่า การส่งเสริมกระบวนการคิดแก้ปัญหาด้วยโครงงานสะเต็มทำให้นักเรียนมีกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาได้ดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการศึกษาของ Ruengrung *et al.* (in press) พบว่า การเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 จะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษายังส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนร่วมด้วย

โรงเรียนบ้านกุ่ม ตั้งอยู่หมู่ที่ 3 ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติผาแต้ม เป็นพื้นที่ราบริมแม่น้ำโขงทางตอนใต้อุทยาน ซึ่งนักเรียนและผู้ปกครองล้วนมีวิถีชีวิตร่วมกับสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ ทำการประมง และหาอาหารจากป่าเพื่อบริโภค เป็นต้น จากการศึกษาปัญหาและความพร้อมของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการโรงเรียน ครู ผู้ปกครอง และสังเกตนักเรียน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่ำ และยังขาดทักษะกระบวนการที่สำคัญในการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และจากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมปฐมนิเทศก่อนเรียน พบว่า นักเรียนร้อยละ 80 ต้องการให้ครูสอนแบบได้ลงมือปฏิบัติจริง เช่น มีกิจกรรมนอกชั้นเรียนและออกไปเรียนรู้ในชุมชนบ้าง จากประเด็นข้างต้นทั้งเรื่องบริบทแวดล้อมที่นักเรียนอาศัยอยู่ ปัญหาด้านการเรียนรู้และความสามารถของนักเรียนทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG มาพัฒนานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น
2. เพื่อประเมินพัฒนาการของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านกุ่ม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 ที่เรียนในรายวิชา ว16101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 18 คน (พิจารณาสอนโดยใช้คู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG model ทั้งหมด 17 คน เนื่องจากนักเรียนจำนวน 1 คน มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ผู้วิจัยจึงใช้การจัดการเรียนการสอนเฉพาะบุคคล)

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. การสร้างคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านกุ่ม อำเภอโขงเจียม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและศึกษาจุดประสงค์รายวิชา ว16101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อาหารและการย่อยอาหาร เรื่อง สารอาหาร เพื่อใช้ในการจัดทำคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG model

1.2 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG model จากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำเนื้อหา

1.3 สร้างคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model จำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วย บทที่ 1 สาระสำคัญ ได้แก่ โครงงานสะเต็มศึกษา และ BCG model บทที่ 2 อาหารในท้องถิ่น บทที่ 3 การแก้ไขปัญหาอาหารในท้องถิ่นของนักเรียนตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ได้แก่ ใบกิจกรรมที่ 1 ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด ใบกิจกรรมที่ 2 รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ใบกิจกรรมที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา ใบกิจกรรมที่ 4 ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา ใบกิจกรรมที่ 5 ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง ใบกิจกรรมที่ 6 นำเสนองานโดยใช้กระดาษชาร์ต ขนาด 80 x 110 cm

กิจกรรมการแก้ไขปัญหาในขั้นที่ 6 นำเสนองานโดยใช้กระดาษชาร์ต ขนาด 80 x 110 cm

1. ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานรูปแบบโปสเตอร์กระดาษชาร์ต ที่ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้มาโดยสังเขป
   1.1 ชื่อชิ้นงาน (บอกชื่อผลิตภัณฑ์ที่แก้ปัญหา)
   1.2 ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด (ปัญหาคืออะไร ทำไมเราจึงแก้ปัญหาอาหารในท้องถิ่นชนิดนี้)
   1.3 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการถนอมอาหาร วัสดุในการถนอมอาหาร การออกแบบบรรจุภัณฑ์ สารอาหารและสารพิษในอาหารชนิดนี้)
   1.4 ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา (ร่างภาพขั้นตอนแก้ปัญหา เลือกวัสดุ อุปกรณ์)
   1.5 ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา (ลงมือแก้ปัญหาโดยการสร้างผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น)
   1.6 ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง (นำผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่นให้คนในท้องถิ่นประเมิน พร้อมระบุข้อดี ข้อเสียของผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น ข้อแนะนำ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่นให้ดีกว่าเดิม)
   1.7 ระบุความสอดคล้องของกิจกรรมที่ทำกับ BCG model ทั้งสามมิติ
2. ให้นักเรียนส่งผลิตภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น พร้อมชิ้นงานที่เกิดจากข้อแนะนำเพิ่มเติมหลังการประเมิน (ถ้ามี)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมการแก้ไขปัญหาในขั้นที่ 6

1.4 นำคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model ที่สร้างขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคู่มือ ซึ่งแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน ด้านภาษาที่ใช้การจัดรูปเล่มและการพิมพ์จำนวน 1 ท่าน และด้านการวิจัยและประเมินผล จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพความเหมาะสมในด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้การจัดรูปเล่มและการพิมพ์ ตรวจสอบความถูกต้องและประเมินคุณภาพก่อนนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำผลการประเมินคุณภาพคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของ Srisa-Ard (2013) ค่าเฉลี่ยคะแนนประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่าตั้งแต่ 3.67 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 แสดงว่าองค์ประกอบของคู่มือมีความเหมาะสมสอดคล้องกัน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.54 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.26 เมื่อเทียบกับเกณฑ์แล้วอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก

1.6 นำคู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model ที่ปรับปรุงแก้ไขเป็นฉบับสมบูรณ์แล้วไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านกุ่ม อำเภอโขงเจียม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 จำนวน 17 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ว16101 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อาหารและการย่อยอาหาร เรื่อง สารอาหาร เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์ เนื้อหาวิชา เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผลการศึกษา รวมจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (เนื่องจากความไม่พร้อมเรื่องกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือผู้วิจัยจึงพิจารณาหาคุณภาพเครื่องมือเฉพาะค่า IOC)

3. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยเนื้อหาที่นำมาใช้เป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยใช้ความรู้เรื่อง สารอาหาร และสารพิษในอาหาร อาหารและการแปรรูปอาหารในท้องถิ่น จำนวน 5 สถานการณ์ ประกอบด้วย 1) อันตรายจากหน่อไม้ถุง 2) บรรจุภัณฑ์ที่ไม่มิดชิด 3) สารพิษในหน่อไม้สด 4) อาหารเป็นพิษจากเห็ด และ 5) มีคุณค่าแต่ยังไม่น่าสนใจ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อ ตามขั้นตอนของ Weir (Weir, 1974) 4 ขั้น ดังนี้ 1) ขั้นการระบุประเด็นปัญหา 2) ขั้นวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา 3) ขั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ โดยใช้แบบวัดคู่ขนาน 2 ฉบับ โดยใช้ข้อคำถามแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยทั้ง 2 ฉบับผ่านผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านการวิจัยและประเมินผลการศึกษา รวมจำนวน 3 ท่าน ประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (เนื่องจากความไม่พร้อมเรื่องกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือผู้วิจัยจึงพิจารณาหาคุณภาพเครื่องมือเฉพาะค่า IOC)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยได้อธิบายชี้แจงทำข้อตกลงกับนักเรียนเรื่องรูปแบบการเรียน เวลาเรียน และวิธีการในการเรียนในสัปดาห์แรกของการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ฉบับก่อนเรียน) ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ในการทำแบบทดสอบ

3. จัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้คู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา ร่วมกับ BCG model สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านกุ่ม อำเภอโขงเจียม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 3 ใช้เวลาสอน 6 สัปดาห์ (2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์) รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1 โดยนักเรียนศึกษาข้อมูลจากคู่มือและทำใบกิจกรรมตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 1 กิจกรรมการเรียนโดยใช้คู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model

สัปดาห์	กิจกรรมการเรียนรู้
1	นักเรียนศึกษาข้อมูลจากคู่มือเกี่ยวกับโครงงานสะเต็มศึกษา และ BCG model และอาหารในท้องถิ่นและทำใบกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 1 ระบุปัญหาประเด็นที่เด่นชัด โดยนักเรียนระบุปัญหา วิธีการแก้ปัญหา และวัสดุที่ใช้แก้ปัญหาที่มีในท้องถิ่น พร้อมบอกเหตุผลที่เลือกใช้วัสดุ และวิธีการแก้ปัญหานั้นตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น หลักการถนอมอาหาร การแปรรูป ความร้อน ความกว้าง-ยาวของชิ้นอาหาร เป็นต้น
2	นักเรียนทำใบกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยให้นักเรียนสืบค้น ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต หรือสอบถามผู้รู้ในหมู่บ้านเกี่ยวกับหลักการ ขั้นตอนถนอมอาหารและการแปรรูป และสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องจากบทความวิจัย เช่น สารอาหาร สารพิษและวิธีลดสารพิษ เป็นต้น
3	นักเรียนทำใบกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีแก้ไขปัญหา/พัฒนา โดยให้นักเรียนร่างภาพขั้นตอนการแก้ปัญหา เช่น ขั้นตอนถนอมอาหาร ขั้นตอนการแปรรูป พร้อมระบุวัตถุดิบ วัสดุ และวิธีที่ใช้ส่วนประกอบต่าง ๆ ก่อนลงมือทำจริง
4	นักเรียนทำใบกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ไขปัญหา/พัฒนา โดยนักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

สัปดาห์	กิจกรรมการเรียนรู้
5	นักเรียนทำใบกิจกรรมกระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล ปรับปรุง โดยให้นักเรียนนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่ทำเรียบร้อยแล้วนำไปให้ร้านค้าในชุมชน พ่อ แม่ ผู้ปกครอง จำนวน 3 ท่าน ทดลองชิม ตรวจสอบความเหมาะสม แล้วทำแบบประเมินให้คะแนนพร้อมให้คำแนะนำ หลังจากนั้นให้นักเรียนนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานมาปรับปรุง แก้ไขตามผลการประเมิน และคำแนะนำของผู้ประเมิน
6	นักเรียนทำใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ที่ 6 นำเสนองานโดยใช้กระดาษชาร์ต ขนาด 80 x 110 cm ดังตัวอย่างใบกิจกรรมกระบวนการประดิษฐ์ที่ 6 (ภาพที่ 1)

4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วให้นักเรียนทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยนักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ฉบับหลังเรียน) ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ในการทำแบบทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที และประเมินพัฒนาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น โดยการคำนวณจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียน โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของ Kanjanawasee (2014)

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับนักเรียนทำก่อนและหลังเรียน ตรวจคะแนนและทำการวิเคราะห์ผล พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน ($\bar{x}$= 8.47, SD =4.30) และหลังเรียน ($\bar{x}$= 14.41, SD = 2.79) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มเดียวของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การทดสอบ	N	mean	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	17	8.47	4.30	10.891**	.000
หลังเรียน	17	14.41	2.79		

**p<.01

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนมาตรวจคะแนน และทำการวิเคราะห์ผล พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน ($\bar{x}$= 11.50, SD =3.19) และหลังเรียน ($\bar{x}$= 13.56, SD = 2.18) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มเดียวของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา

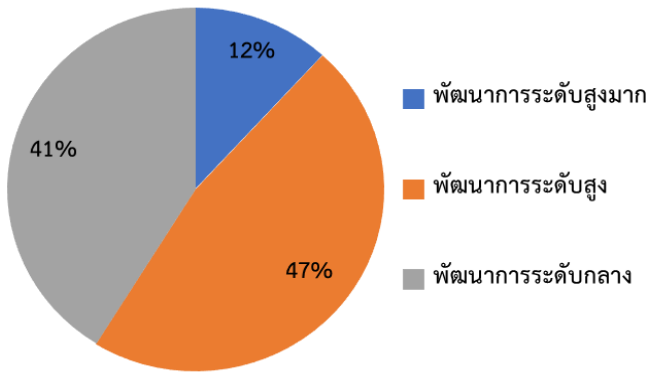
การทดสอบ	N	mean	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	17	11.50	3.19	4.597**	.000
หลังเรียน	17	13.56	2.18		

**p<.01

3. ผลการประเมินพัฒนาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น

3.1 ผลการประเมินพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

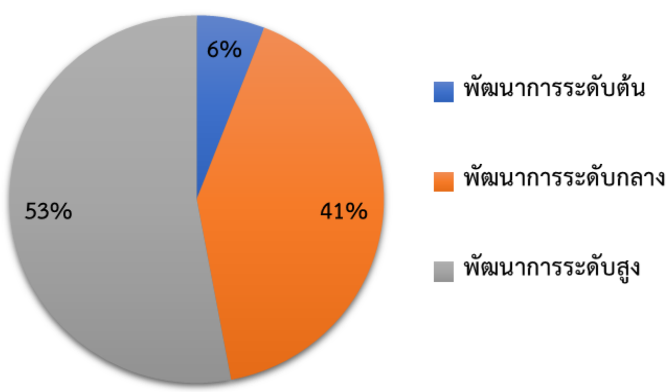
ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรพัฒนาการสัมพัทธ์ และระดับพัฒนาการตามเกณฑ์การประเมินคะแนนพัฒนาการของ Kanjanawasee (2014) พบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูงมาก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 มีพัฒนาการระดับสูง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 47.00 พัฒนาการระดับกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.00 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงร้อยละพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2 ผลการประเมินพัฒนาการสัมพัทธ์ของความสามารถในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้นำผลคะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สูตรพัฒนาการสัมพัทธ์และระดับพัฒนาการตามเกณฑ์การประเมินคะแนนพัฒนาการของ Kanjanawasee (2014) จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 53.00 มีพัฒนาการระดับกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.00 พัฒนาการระดับต้น จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6.00 ดังภาพที่ 3

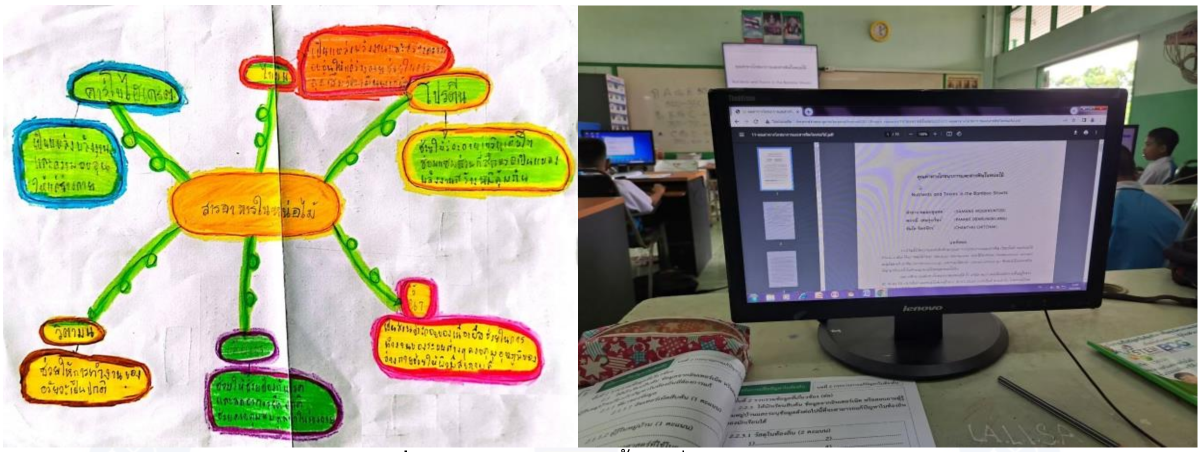


ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงร้อยละพัฒนาการสัมพัทธ์ของความสามารถในการแก้ปัญหา

อภิปรายผล

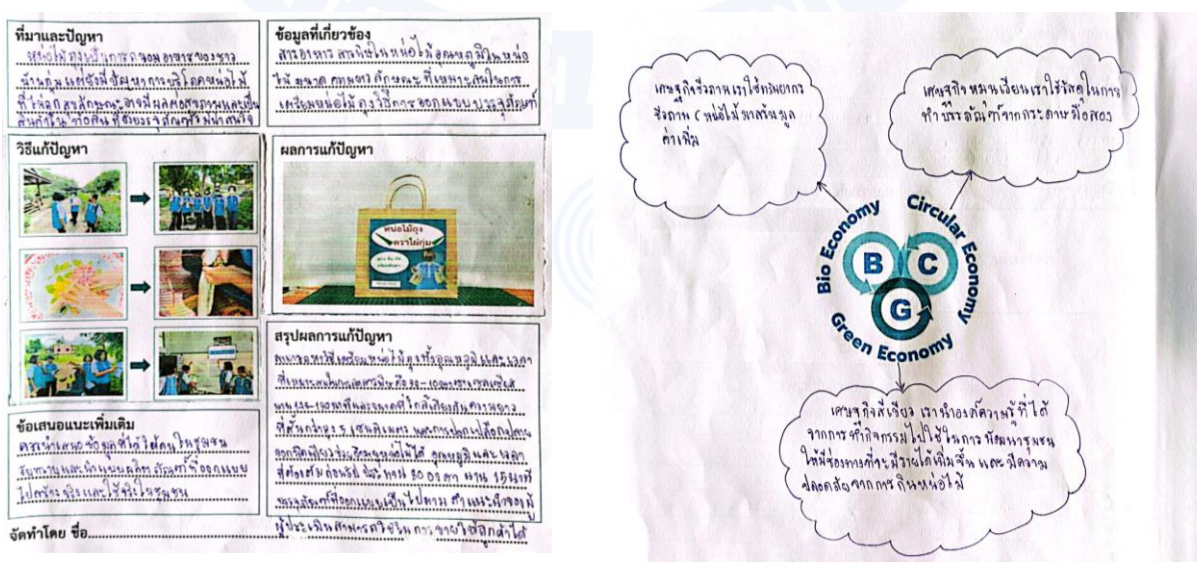
1. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากนักเรียนได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหาขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองจากอินเทอร์เน็ต หนังสือเรียน และจากบทความวิจัย เกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน คือ สารอาหาร และเนื้อหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารพิษและวิธีลดสารพิษ ดังภาพที่ 4 นอกจากนี้นักเรียนยังได้ทบทวนเนื้อหาดังกล่าวในขั้นที่ 6 นำเสนองาน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaewbuadee *et al.* (2019) ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษาแล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ

Wongchachom and Cojorn (2016) ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานแล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Kuaklung *et al.* (2018) ที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนวิชาฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแล้วพบว่าผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้ ได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะการเรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเองทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น (Srichantha et al., 2019)



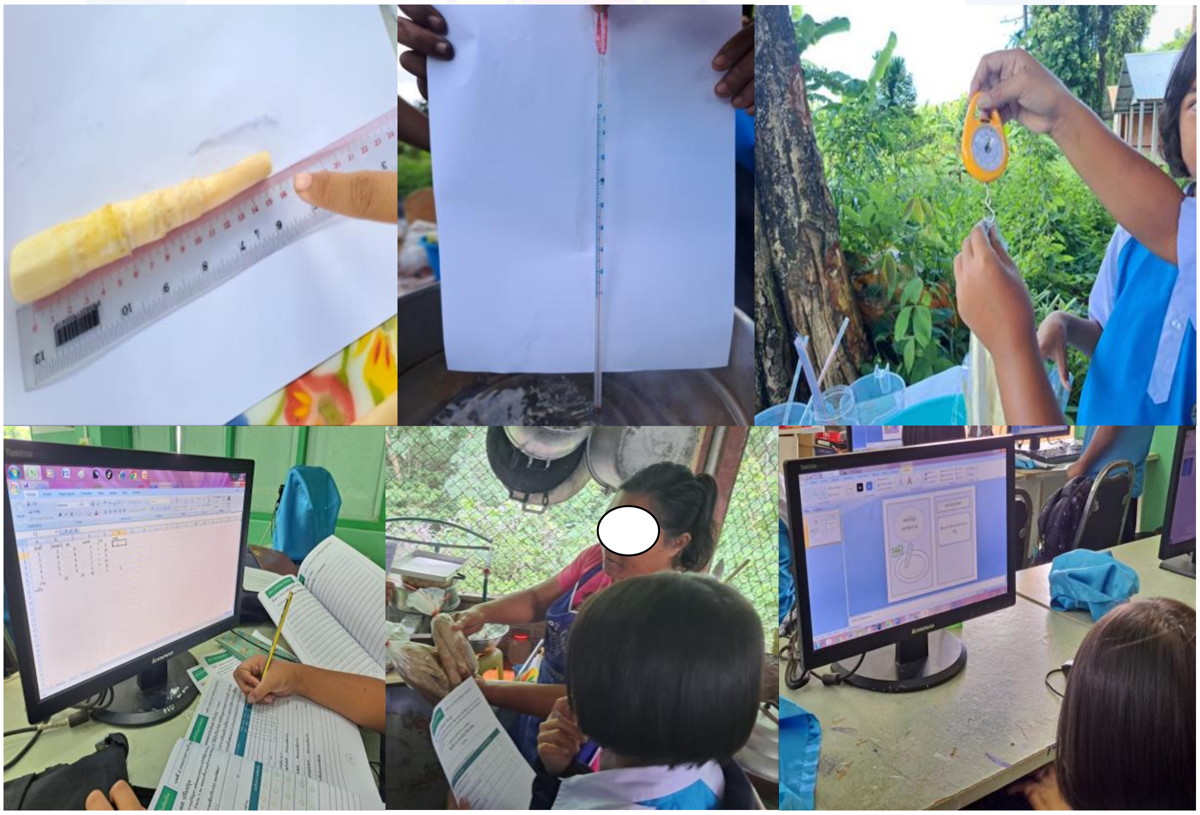
ภาพที่ 4 การศึกษาค้นคว้าเนื้อหาที่เรียนของนักเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากการบูรณาการสะเต็มศึกษากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และสอดแทรกแนวคิดเกี่ยวกับ BCG model มีกระบวนการเรียนรู้ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 5 กิจกรรมการเรียนโดยใช้คู่มือการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นตามขั้นตอนโครงงานสะเต็มศึกษาร่วมกับ BCG model ที่เริ่มจากการที่ครูทำให้นักเรียนสามารถกำหนดปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนเริ่มต้นตรวจสอบที่มาของปัญหา ครูนำกระบวนการการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG มาใช้เพื่อให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน นักเรียนได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ ตรวจสอบสิ่งที่ยังไม่รู้จนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นำเสนอรูปแบบและวิธีแก้ปัญหาให้กับเพื่อนร่วมชั้นได้ สอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นของ Weir (1974)



ภาพที่ 5 การบูรณาการสะเต็มศึกษากับการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และสอดแทรกแนวคิดเกี่ยวกับ BCG model

และการที่นักเรียนได้ลงมือดำเนินการแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นด้วยตนเองดังภาพที่ 6 บูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชาโดยเชื่อมโยง 1. วิชาวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับถนอมอาหารและการแปรรูปหน่อไม้ สารอาหาร สารพิษและวิธีลดสารพิษในหน่อไม้ ซึ่งนักเรียนได้ความรู้เพิ่มเติมจากการศึกษาข้อมูลจากบทความวิจัย เช่น *"อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดสารพิษในหน่อไม้ คือ 98-102 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 148-180 นาที อุณหภูมิและเวลาที่ต้องต้มก่อนรับประทาน 80 องศา นาน 15 นาที เพื่อฆ่าเชื้อ"* (Chattiang *et al.,* 2021) และจากการสอบถามข้อมูลจากชาวบ้านเจ้าของภูมิปัญญาท้องถิ่นถึงวิธีเตรียมหน่อไม้ถุง พบว่า *"ลักษณะทางกายภาพของหน่อไม้มีผลต่ออายุ และการเน่าเสียของหน่อไม้ถุง เช่น ขนาดความกว้าง และความยาวของหน่อไม้ต้องใกล้เคียงกัน และควรปอกเปลือกส่วนปลายออกนิดเดียวให้เหลือเปลือกแข็งอยู่บ้างจะช่วยยืดอายุหน่อไม้ได้"* เป็นต้น 2. วิชาคณิตศาสตร์ คือ การใช้ตัวเลขในการวัดขนาด การชั่งมวลของหน่อไม้ การวัดอุณหภูมิและการจับเวลาในการต้ม การคำนวณผลการประเมินหลังจากที่ให้ผู้ปกครองและคนในชุมชนร่วมประเมินชิ้นงาน 3. เทคโนโลยี คือ การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการถนอม การแปรรูปอาหาร ใช้เทคโนโลยีในการเขียนแผนผังขั้นตอนการแก้ปัญหา ออกแบบบรรจุภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น และใช้เทคโนโลยีในการคำนวณคะแนนการประเมินชิ้นงาน และ 4. การออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ การออกแบบ การเลือกวัสดุ การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบและวัสดุที่เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารในท้องถิ่น นอกจากนี้ในขั้นตอนสุดท้ายในการนำเสนอของนักเรียนยังมีการวิเคราะห์ความสอดคล้องกับ BCG model ทั้งสามมิติ พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์ได้ตรงกับประเด็นดังกล่าว และสรุปได้ดังนี้ *" เศรษฐกิจชีวภาพ เราใช้ทรัพยากรชีวภาพ (หน่อไม้) มาสร้างมูลค่าเพิ่ม, เศรษฐกิจหมุนเวียน เราใช้วัสดุในการทำบรรจุภัณฑ์จากกระดาษมือสอง, และเศรษฐกิจสีเขียว เรานำองค์ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมไปใช้ในการพัฒนาชุมชนให้มีช่องทางที่ทำให้รายได้เพิ่มขึ้น และมีความปลอดภัยจากการบริโภคหน่อไม้"* ดังนั้นจะเห็นได้จากกระบวนการข้างต้นสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนให้ดีขึ้นได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Khongsook *et al.* (2019), Nilalad (2019) และ Jansuwan *et al.* (2020) ที่พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาแล้วพบว่าทักษะการแก้ปัญหา และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 6 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. จากผลการศึกษาด้านพัฒนาการสัมพัทธ์ของความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่า ยังไม่มีนักเรียนที่มีพัฒนาการสัมพัทธ์ในระดับสูงมาก ดังนั้นครูควรจัดประสบการณ์ในลักษณะดังกล่าวที่คล้ายคลึงกัน อาจเปลี่ยนชนิดอาหารในท้องถิ่นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหา และมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นในระดับสูงมาก

2. จากผลการออกแบบบรรจุภัณฑ์ของนักเรียนตามคำแนะนำของผู้ประเมินในขั้นตอนที่ 5 นักเรียนยังไม่สามารถสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ได้จริงได้อยู่บางกลุ่ม มีการออกแบบที่ไม่ตรงกับกลุ่มลูกค้า ขาดความน่าสนใจอยู่ ดังนั้นครูควรให้นักเรียนศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และการขายสินค้าจากสื่อออนไลน์เพิ่มเติมทั้ง Facebook YouTube Google Instagram และ TikTok เป็นต้น

3. จากการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นซึ่งจากการสังเกตการสร้างผลงานและโครงงานของนักเรียนค่อนข้างใช้เวลามากพอสมควร อีกอย่างอาหารในท้องถิ่นบางชนิดต้องรอตามฤดูกาล ดังนั้นครูควรวางแผนปฏิทินการทำงานให้นักเรียน และให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลนอกเวลาเรียนมาก่อน และยกตัวอย่างระยะเวลาและขั้นตอนในการทำโครงงานเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และสามารถจัดการเวลาในการทำโครงงานได้ดีมากขึ้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาให้ลึกซึ้งว่านอกจากความสามารถในการแก้ปัญหาแล้วการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่นสามารถพัฒนาทักษะใดได้อีกบ้าง แล้วทักษะดังกล่าวพัฒนาได้ดีในขั้นตอนใดของกระบวนการโครงงาน STEM เช่น ทักษะชีวิตและอาชีพ

2. ควรมีการศึกษาเจตคติที่มีต่อวิชา จิตวิทยาศาสตร์ และแนวคิดเกี่ยวกับเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน STEM BCG เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รองศาสตราจารย์ ดร.อาฟีฟี ลาเต๊ะ ที่ได้ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เครือศรี วิเศษสุวรรณภูมิ ที่ได้ให้คำแนะนำด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พวงทิพย์ แก้วทับทิม และอาจารย์นวินดา คงภักดี ที่ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ขอบคุณท่านผู้อำนวยการพิศมัย แก้วเชื้อ รองผู้อำนวยการจีรัสย์ พุฒิประไพพงษ์ และคณะครูโรงเรียนบ้านกุ่มทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และให้คำแนะนำด้านปัญหาวิจัย และขอบคุณนางสาวสิริมา หิมะเซ็น โรงเรียนบ้านคอกม้า จังหวัดชุมพร นายพัชรพล รัตนพันธ์ โรงเรียนบ้านตาขุนวิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และนางสาวเฉลิมฉัตร อาญาพิทักษ์ ครูโรงเรียนวัดนางเหล้า จังหวัดสงขลาที่ร่วมหาคุณภาพเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chattiang, T., Nualkaekul, S., Kerdpiboon., S., and Ingkasupart, P. (2021). Characteristics of Dried Bamboo Shoot Stick and Its Rehydration (in Thai). **Thai Science and Technology Journal**, 29(5), 850-864.

Faikhamta, C. (2022). STEM activities to build core competencies for youth and the design of STEM activities that correspond to six core competencies (in Thai). Retrieved 2 September 2022, from **NSTDA**: https://www.nstda.or.th/nac/2022/youth-activity/b1-30f-09y/

Funfuengfu, V. (2017). STEM Education and Thailand Education (in Thai). **Valaya Alongkorn Review (Humanities and Social Science)**, 7(2), 13-23.

Jansuwan, K., Sirithanyarat, C., and Saengloetuthai, J. (2020). Development of science learning achievement and ability to solving problems of grade 7 students using problem-based learning with STEM education (in Thai). **Journal for social sciences research**, 11(1), 1-11.

Jongsarit, R. (2022). Linking future education with BCG model (in Thai). Retrieved 2 September 2022, from **NSTDA**: https://www.nstda.or.th/nac/2022/youth-activity/b1-30f-09y/

Kaewbuadee, A., Sirithanyarat, J., and Niyomsub, N. (2019). Development of learning achievement and creative problem-solving ability of fifth grade students using scientific learning management based on STEM education (in Thai). **Journal for social sciences research,** 10(2), 130-148.

Kanjanawasee, S. (2014). Gain Scores (in Thai). **Research Journal the Social Science Research Association of Thailand,** 1(1), 12-13.

Khongsook, S., Thumthong, B., and Pradabsri, P. (2019). The development of stem education activities to promote problem solv-ing ability and learning inquiry behavior for Matthayomsuksa three students kapchoengwittaya school (in Thai). **Journal of Education, Silpakorn University**, 16(2), 201-212.

Klomim, K. (2016). Learning management Based on STEM Education for Student Teachers (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 18(4), 334-348.

Kuaklung, K., Kessaratikoon, P., and Prasitpong, S. (2018). The Study of Archivement by STEM Education on Equilibrium and Elasticity for Grade 11 Students (in Thai). **Journal of Education Thaksin University**, 18(2), 124-135.

Ladachart, L. and Ladachart, L. (2022). STEM identity: Another factor that will promote achievement of STEM education in Thailand (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 5(1), 148-157.

National Science and Technology Development Agency (NSTDA). (2022). Workshop on STEM Activities to Promote Student Competency with BCG Model (in Thai). Retrieved 2 September 2022, from **NSTDA**: https://www.nstda.or.th/nac/2022/youth-activity/b1-30f-09y/

National Science and Technology Development Agency (NSTDA). (2022). BCG Model (in Thai). Retrieved 2 September 2022, from **BCG**: https://www.bcg.in.th/background/

National STEM Education Center. (2015). **STEM Network [Manual]** (in Thai). Bangkok: The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology.

Nilalad, S. (2019). A Development of Problem -Solving Skill of Mathayomsuksa 4 Students at Muangbuawittaya School by Using Integrated STEM Learning Unit Emphasizing Engineering Design Process (in Thai). **Master's Thesis**. Buriram: Buriram Rajabhat University.

Polyiem, T. (2018). STEM Education: Introduction to Integrated Classroom (in Thai). **Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University**, 5(2), 122-135.

Ruamcharoen, J., Kerdthip, K., and Jeerasathian, P. (2021). STEM Education for Lifelong Learning: Case Study to Raise the Creative Products Level from Banana Leaf to Drive the Community Economy (in Thai). **Journal of Education and Innovative Learning**, 1(2), 187-206.

Ruengrung, S., Sukmas, T., and Kaewtubtim, P. (2023). The effect of SATIT PSU STEM INNOVATION as Project-Based Learning in the design and development of an experimental set approach by grade 10th students on Problem-Solving Skills and Physics' Learning Achievement (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 25(3), inpress.

Singto, A. (2019). The development of STEM Education learning activities to enhance problem-solving thinking ability for mathayomsuksa 1 (in Thai). **Journal of MCU Nakhondhat,** 7(7), 387-398.

Srichantha, S., Roongsattham, P., and Wichai, P. (2019). STEM Education with Learning Management (in Thai). **Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University**, 6(1), 157-178.

Srisa-Ard, B. (2013). **Basic Research** (in Thai). Bangkok: Suweeriyasan.

Suwannawong, K., Soparat, S. and Thiamtham, T. (2020). The Enhancement of Thinking Process focusing on Problem Solving by Using STEM Education Projects for Mathayomsuksa 6 Students of Horwang Pathumthani School (in Thai). **Journal of Nakhon Ratchasima College**, 11(1), 1-11.

Visetsuvarnabhumi, K. (2019). **SATIT PSU STEM INNOVATION project-based learning [Handout]**. (in Thai). Pattani: Faculty of Education Prince of Songkla University.

Weir, J. J. (1974). Problem Solving is Every body's Problem. **The Science Teacher**, 4(1), 16–18.

Wongchachom, P. and Cojorn, K. (2016). A Development of CreativeThinkingand Learning Achievement of Matthayomsueksa 5 Students based on the STEM Education Cooperated with Project-based Learning (in Thai). **Journal of Education, Mahasarakham University**, 10 (Special Edition), 465-474.

JSSE Journal of Science & Science Education
https://doi.org/10.14456/jsse.2023.14
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 6 เล่มที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2566): 161 - 170 | 161

บทความวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กัญจนาพร บุตรศรีเมือง[1,*] นงลักษณ์ วิริยะพงษ์[2] และมนชยา เจียงประดิษฐ์[2]

[1]สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**Email: wowba017@gmail.com*

รับบทความ: 27 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 5 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย (1) เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น กับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ (3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น และ (4) เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้องเรียน คือ โรงเรียนบ้านหลัก จำนวน 26 คน และโรงเรียนชุมชนบ้านโนนเจริญ จำนวน 27 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลคณิตศาสตร์ ชนิดอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ผลการวิจัย พบว่า (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.88/79.62 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความคงทนในการเรียนรู้

คำสำคัญ: การคิดแบบฮิวริสติกส์ คำถามปลายเปิด ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ อัตราส่วนและร้อยละ

Research Article

Effect of Learning activity management emphasized heuristics thinking method with open-ended questions on mathematical achievement and reasoning ability on ratio and percentage of grade-6 Students

Kanchanaporn Butsrimuang[1,*] Nongluk Viriyapong[2] and Monchaya Chiangpradit[2]

[1]*Mathematical Education Program, Faculty of Science, Mahasarakham University*

[2]*Faculty of Science, Mahasarakham University*

**Email: wowba017@gmail.com*

Received <27 July 2022>; Revised <29 August 2022>; Accepted <5 September 2022>

Abstract

The purposes of this research were (1) to develop the learning activity management emphasized Heuristics thinking method with open-ended questions in ratio and percentage lesson to the determined criteria of efficiency 75/75 (2) to compare the mathematical learning achievement and the mathematical reasoning abilities who learn by the developed learning activity management and who learn by the ordinary learning activity management (3) to compare mathematical reasoning ability between before and after learning by developed learning activity management (4) to study the student learning retention after learning by the developed learning activity management. The samples were the grade-6 students who were studying in the 2nd semester of the academic year, 2021, from 2 classrooms such as the 26 students of Banlak School and the 27 students of Chumchonbannoncharoen School that were taken from the cluster sampling. The research instruments were (1) The heuristics learning management plans with open – ended questions, the ordinary learning management plans, the 20 items of the 4 multiple choices mathematical learning achievement test, (2) The mathematical learning achievement and the mathematical reasoning ability of students who learned by the mathematical learning activity management emphasized heuristics thinking method with open – ended questions were higher than students who learned by the ordinary learning activity management at the .05 level of significant, (4) the 4 items of mathematical reasoning ability essay. The results of the study were as follows: 1) The developed lesson plans of mathematics learning activity management emphasized Heuristics thinking method with open-ended questions had the efficiency, 84.88/79.62, 2) The student's mathematical reasoning ability after learning by mathematical learning activity management emphasized heuristics thinking method with open – ended questions was higher than before learning at the .05 level of significant, 3) The student's mathematical reasoning ability after learned by the developed lesson plans was higher than before learning at the .05 level of statistically significant, and 4) students who learned by developed lesson has learning retention.

Keywords: Heuristics thinking method, open-ended question, Mathematical reasoning ability, ratio and percentage

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบแบบแผน สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตและช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์มีความสมดุลทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (The Ministry of Education, 2008)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้จัดทำขึ้นเพื่อให้สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ได้ให้ความสำคัญกับคณิตศาสตร์ โดยให้กำหนดกรอบสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามชั้นปี ที่คำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ คือ การเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร และการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงการให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ (IPST, 2017) ดังนั้นจึงเป็นความรับผิดชอบของสถานศึกษาที่ต้องจัดสาระการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ส่วนด้านคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ชั้นปีแล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ มีความตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิต ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น (NIETS, 2003)

จากการประเมินผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (O-NET) รายวิชาคณิตศาสตร์ ในปีการศึกษา 2560-2562 ของนักเรียนในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพบ้านกรวด 2 อำเภอบ้านกรวด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์เขต 2 พบว่านักเรียนได้คะแนนอยู่ในเกณฑ์ต่ำไม่เป็นที่น่าพอใจ เรียงลำดับตามปีการศึกษา 2560-2562 ดังนี้ร้อยละ 40.53 ร้อยละ 39.13 ร้อยละ 41.12 (Buriram educational area district office 2, 2017-2019) และได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากแบบทดสอบที่โรงเรียนสร้างขึ้นร้อยละ 62.63 ร้อยละ 60.42 ร้อยละ 65.19 (Banlak school , 2017-2019) นอกจากข้อมูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนไม่สูงนัก จากประสบการณ์การสอนโดยตรง ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนขาดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนตอบคำถามที่ต้องใช้เหตุผลประกอบของครูได้น้อยมาก โดยเฉพาะเมื่อต้องวิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะไม่สามารถวิเคราะห์และแยกแยะสิ่งต่าง ๆ ได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรบ้าง โจทย์ต้องการหาอะไร และจะใช้วิธีใดในการหาคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนไม่มีทักษะในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบในการหาคำตอบ ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้อย่างมีระบบและไม่สามารถแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลได้ ทั้ง ๆ ที่ทักษะการให้เหตุผลเป็นทักษะที่จำเป็นต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพราะมนุษย์ต้องใช้เหตุผลกับคนอื่นและต้องการได้รับเหตุผลจากคนอื่นเช่นกัน การเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผล จะทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์สามารถจดจำได้ดีและนานกว่าเดิม (IPST, 2012) และปัญหาอีกประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คือ การจัดการเรียนของครูที่เน้นการสอนแบบบรรยาย โดยครูสอนเนื้อหาสาระความรู้เป็นสำคัญ ซึ่งครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ฝ่ายเดียว นักเรียนเป็นฝ่ายรับความรู้อย่างเดียว ขาดการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยการตั้งคำถามปลายเปิดที่เน้นให้นักเรียนตอบโดยมีเหตุผลโดยลงท้ายด้วยคำว่าทำไม อย่างไร เพราะเหตุใด เป็นต้น คำถามปลายเปิดเหล่านี้จะฝึกให้นักเรียนได้คิดอย่างมีเหตุผล และเป็นระบบ จนสามารถเกิดการพัฒนาทักษะการคิดในระดับสูงได้

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงศึกษาหาแนวทางของทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อจะนำมาใช้แก้ไขปัญหาผู้วิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics Thinking) สามารถนำมาใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ได้ผลดี เพราะเป็นการสอนที่เน้นการเชื่อมโยงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่เป็นระบบมากขึ้น ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สนใจ โดยเริ่มต้นจากสิ่งง่าย ๆ ไปสู่สิ่งที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นทำให้นำไปแก้ปัญหาได้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาและสามารถหาคำตอบตรวจคำตอบได้ โดยมีกระบวนการแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสัมพันธ์ ขั้นที่ 2 ขั้นพิจารณาการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและตรวจสอบ ขั้นที่ 4 ขั้น

สื่อสารและต่อยอด นอกจากการสอนโดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์แล้ว อีกแนวทางหนึ่งที่น่าจะแก้ปัญหานี้ได้ คือ การใช้คำถามปลายเปิด (Open-Ended Question) ที่กระตุ้นผู้เรียนให้ได้คิดจากมุมมองที่แตกต่างกัน โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คำตอบคำถามปลายเปิด เช่น อะไรบ้าง ทำไม เพราะเหตุใด อย่างไร เป็นต้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาความเข้าใจ ความคิดเหตุผลในเรื่องนั้นได้อย่างอิสระ และเต็มความสามารถ ทั้งจะทำให้ครูได้รับรู้ว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างไร ตลอดจนนักเรียนที่มีความสามารถต่างกันสามารถเริ่มทำหรือแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยการตั้งสมมติฐาน การพัฒนาหาคำตอบและการสื่อสารการแก้ปัญหาของตนเองได้

จากปัญหาและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนในระดับประถมศึกษา จึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีความสนใจและตั้งใจเรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น และช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลที่สูงขึ้น เพราะว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics Thinking) ร่วมกับคำถามปลายเปิด (Open-Ended Question) จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้การคิดแก้ปัญหาและสามารถหาคำตอบตรวจคำตอบได้จากมุมมองที่แตกต่างกัน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเหตุผลในเรื่องนั้นได้อย่างอิสระ ตลอดจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างสมเหตุสมผล โดยคาดหวังว่าการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้ประสบผลสำเร็จด้วยการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตรอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด

4. เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experiment Research Design)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มโรงเรียนบ้านกรวด 2 อำเภอบ้านกรวด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 จาก 13 โรงเรียน มีห้องเรียนทั้งหมด 14 ห้องเรียน ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ใกล้เคียงกัน และแต่ละโรงเรียนมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 6 ของโรงเรียนบ้านหลัก อำเภอบ้านกรวด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 26 คน กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 6 ของโรงเรียนชุมชนบ้านโนนเจริญ อำเภอบ้านกรวด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 27 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด จำนวน 20 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 หมายความว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด แบ่งขั้นตอนการสอนออกเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งสังเคราะห์โดยผู้วิจัย ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสัมพันธ์ เป็นขั้นทำความเข้าใจปัญหาที่ ช่วยให้ผู้แก้ปัญหาเข้าใจปัญหาได้ โดยครูมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนอาศัยการสำรวจตรวจค้นโดยเชื่อมโยงปัญหาใหม่กับปัญหาที่เคยพบ ยกตัวอย่างคำถาม เช่น อ้อยสอบได้ร้อยละ 80 ของคะแนนทั้งหมด หมายความว่าอย่างไร

1.2 ขั้นพิจารณาการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนเริ่มใช้ความคิดเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาแนวทางในการหาคำตอบ โดยไม่ยึดติดกับขั้นตอนเดิม ๆ โดยครูมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นแนวคิดของนักเรียน ยกตัวอย่างคำถาม

เช่น โจทย์ถามหาอะไร อย่างไรบ้าง โจทย์ให้ข้อมูลครบถ้วนสำหรับการแก้ปัญหาแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด ต้องใช้ความรู้เรื่องใดในการแก้ปัญหาข้อนี้บ้าง อย่างไร

1.3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและตรวจสอบ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนประเมินการคิดของตนเองเพื่อแก้ปัญหา และครูมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้ประเมินคำตอบอย่างรอบคอบ ยกตัวอย่างคำถาม เช่น นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้ว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง เหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ และจะมีวิธีการตรวจสอบได้อย่างไรบ้าง

1.4 ขั้นสื่อสารและต่อยอด เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับเพื่อนคนอื่น ๆ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการและคำตอบที่เป็นไปได้ และมีการสำรวจตรวจสอบประเด็นที่เจาะลึกเพิ่มเติม โดยครูจะใช้คำถามปลายเปิดที่มีความหลากหลายของคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ เพื่อเข้าใจโครงสร้างของความรู้เพิ่มเติม ยกตัวอย่างคำถาม เช่น มีวิธีการแก้ปัญหาใดคล้ายกัน ต่างกัน มีข้อดี ข้อเสียอย่างไร หรือมีวิธีการอื่น ๆ อีกหรือไม่

2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 20 แผน โดยมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นดำเนินการสอน ขั้นสรุปผล และขั้นประเมินผล

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ซึ่งเป็นแบบคู่ขนาน โดยมีการสร้างตามระดับที่ Wilson (1971) ได้นิยามไว้ เป็นชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ รวม 20 คะแนน (ตัวอย่างในตารางที่ 1) มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 0.70 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.74 ทั้งสองฉบับ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตัวอย่างคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	
1. ด.ญ. มาลี สอบวิชาคณิตศาสตร์ได้ 38 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน ด.ญ. มาลี สอบได้คะแนน ร้อยละเท่าไร ก. ร้อยละ 38 ข. ร้อยละ 50 ค. ร้อยละ 76 ง. ร้อยละ 83	2. ในการทำขนมชนิดหนึ่งใช้อัตราส่วนของน้ำหนักของน้ำตาลต่อน้ำหนักของแป้งเป็น 1 ต่อ 4 ถ้าจอยใช้แป้งหนัก 20 ขีด จะต้องใช้น้ำตาลหนักกี่ขีด ก. 4 ขีด ข. 5 ขีด ค. 6 ขีด ง. 8 ขีด
3. บริษัทติดราคารถยนต์เอาไว้ 450,000 บาท ถ้าซื้อเงินสดลดให้ 12% ผู้ซื้อเงินสดจะต้องจ่ายเงินเท่าไร ก. 360,000 บาท ข. 380,000 บาท ค. 396,000 บาท ง. 460,000 บาท	4. ติ๊กซื้อโทรทัศน์ 14,500 บาท ขายให้อิ๋วขาดทุน 20% อิ๋วนำไปขายต่อให้อ้นได้กำไร 5% อิ๋วขายโทรทัศน์ไปกี่บาท ก. 12,180 บาท ข. 11,600 บาท ค. 10,875 บาท ง. 9,565 บาท

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ซึ่งเป็นแบบคู่ขนาน ชนิดอัตนัย จำนวน 4 ข้อ รวม 12 คะแนน (ตัวอย่างในตารางที่ 2) มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.52 – 0.68 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.40 – 0.80 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.78 ทั้งสองฉบับ

ตารางที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลคณิตศาสตร์

ตัวอย่างคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลคณิตศาสตร์	
1. ญาญ่าทำข้อสอบ 3 วิชา คือ วิชาภาษาไทย วิชาภาษาอังกฤษ และวิชาคณิตศาสตร์ โดยญาญ่าทำข้อสอบได้ ดังนี้ - วิชาภาษาไทย คะแนนเต็ม 50 คะแนน ทำข้อสอบได้ 62% - วิชาภาษาอังกฤษ คะแนนเต็ม 40 คะแนน ทำข้อสอบได้ 75% - วิชาคณิตศาสตร์ คะแนนเต็ม 60 คะแนน ทำข้อสอบได้ 75% อยากทราบว่า ญาญ่าทำข้อสอบวิชาใด ได้คะแนนน้อยที่สุด เพราะเหตุใด	2. เค บูมและกาย ได้สร้างแบบจำลองการเดินทางของบ้านตัวเองมาที่โรงเรียน โดยใช้อัตราส่วน ดังนี้ - บ้านของเค อยู่ห่างจากโรงเรียน 3 เซนติเมตร โดยใช้มาตราส่วน 1.5 เซนติเมตร : 12 เมตร - บ้านของบูม อยู่ห่างจากโรงเรียน 4.5 เซนติเมตร โดยใช้มาตราส่วน 9 เซนติเมตร : 9 เมตร - บ้านของกาย อยู่ห่างจากโรงเรียน 9 เซนติเมตร โดยใช้มาตราส่วน 3 เซนติเมตร : 5 เมตร อยากทราบว่าบ้านของใครอยู่ห่างจากโรงเรียนน้อยที่สุด เพราะเหตุใด

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่างใช้เวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด (ภาพที่ 1) และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ระยะเวลา 20 ชั่วโมง

ภาพที่ 1 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด

3. ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2

4. ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1

5. ทดสอบความคงทนในการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 หลังจากที่เรียนผ่านมาแล้ว 2 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จัดทำขึ้น และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และศึกษาความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ระดับคะแนน	ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น
3	ขั้นตอนและคำตอบถูกต้อง และมีการเขียนอธิบายสรุปโดยใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน
2	ขั้นตอนและคำตอบถูกต้อง และมีการเขียนอธิบายสรุปโดยใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างสมเหตุสมผลบางส่วน หรือคำตอบผิดแต่มีการอธิบายอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบอย่างสมเหตุสมผล
1	ขั้นตอนและคำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการเขียนอธิบายสรุปโดยใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
0	มีขั้นตอน หรือคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบายคำตอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 ชั่วโมง ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

การทดสอบ	กระบวนการ (E_1)	ผลลัพธ์ (E_2)
ประสิทธิภาพ	84.88	79.62
การแปลผล	สูงกว่าเกณฑ์	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งได้ทดสอบกับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพก่อนนำไปใช้จริง พบว่า มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.88 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 79.62 ดังนั้น ประสิทธิภาพ E_1/ E_2 เท่ากับ 84.88/79.62 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่นิยมใช้ในวิชาคณิตศาสตร์มากที่สุด เหมาะสมกับการนำไปใช้จริง ทั้งนี้อาจเพราะการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างและพัฒนาขึ้นได้ผ่านกระบวนการขั้นตอนในการจัดทำอย่างมีระบบ กล่าวคือ การวิเคราะห์หลักสูตร ศึกษาเอกสารด้านเนื้อหา ด้านการวิจัย เทคนิคการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ การสร้างแบบทดสอบจากตำราต่าง ๆ ตลอดจนนำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านได้ตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุง และยังผ่านการทดสอบกับนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ตามหลักสถิติก่อนนำไปใช้จริงทำให้แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kentawee (2014) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบฮิวริสติกส์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.90/78.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สถิติทดสอบ	Value	F	Hypothesis df	Error df	p
Hotelling's trace	.823	20.577	2.000	50.000	.000

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานนั้น อาจจะมีสาเหตุจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ สามารถนำมาใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ได้ผลดี เพราะเป็นการสอนที่เน้นการเชื่อมโยงข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่เป็นระบบมากขึ้น ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สนใจ โดยเริ่มต้นจากสิ่งง่าย ๆ ไปสู่สิ่งที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นทำให้นำไปแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ Widiartana (2018) ที่ได้ศึกษาการทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยคำถามปลายเปิด พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่มีการใช้คำถามปลายเปิดในระหว่างกระบวนการเรียนรู้มีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมหลังการทดสอบ โดยคำถามแบบปลายเปิดให้อิทธิพลเชิงบวกต่อความสามารถใน

การคิดเชิงตรรกะของนักเรียน และสอดคล้องกับ Mao-saman et al. (2019) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การคิดแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ เรื่อง เศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแก้ปัญหาแบบ ฮิวริสติกส์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏดังตารางที่ 6

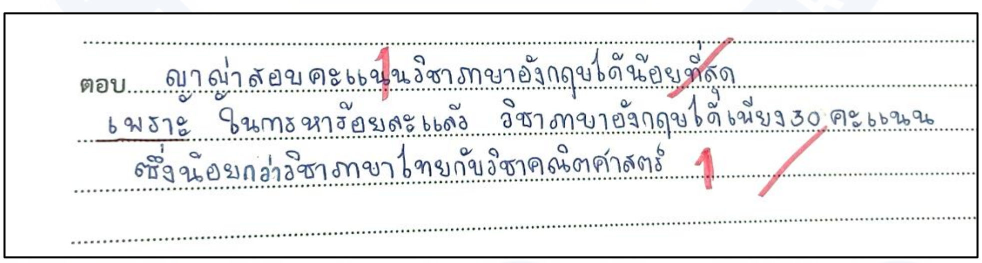
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	26	12	5.2308	1.9038	-9.398	.000*
หลังเรียน	26	12	9.3462	1.26309		

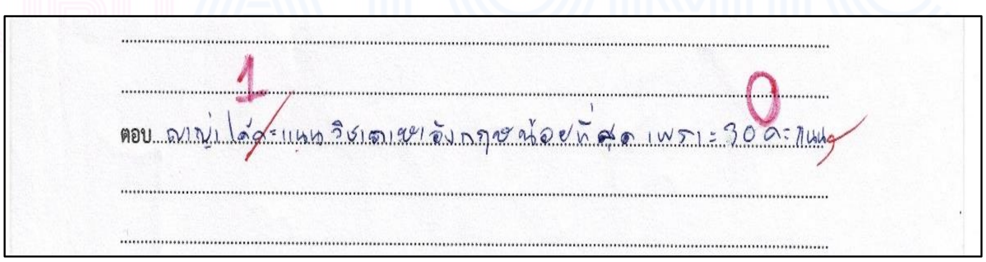
* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานนั้นอาจจะมีสาเหตุจากคำถามปลายเปิดสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้ได้คิดจากมุมมองที่แตกต่างกัน เช่น อะไรบ้าง ทำไม เพราะเหตุใด อย่างไร เป็นต้น โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาความเข้าใจ ความคิด เหตุผลในเรื่องนั้นได้อย่างอิสระ และเต็มความสามารถสอดคล้องกับ Hasanah and Karyati (2018) ที่ได้ศึกษาการใช้ปัญหาปลายเปิดในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า การใช้คำถามปลายเปิดสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Koonta and Pan-ngam A (2013) ที่ได้ศึกษาการปฏิบัติการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ พบว่า นักเรียนทุกคนมีคะแนนทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 จะเห็นว่าทั้งการคิดแบบฮิวริสติกส์ และคำถามปลายเปิดส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

ยกตัวอย่างเช่น แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ดังตัวอย่างที่นักเรียนทำหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด ที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนในระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำตอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์



ภาพที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่มีข้อผิดพลาด

สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด ระหว่างหลังเรียนและหลังเรียน 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่

7) นั่นคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดมีความคงทนในการเรียนรู้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้ ทำให้ครูและนักเรียนจะได้ร่วมกันส่งเสริมให้เกิดการคิดการสำรวจตรวจค้นและการตรวจสอบ โดยเน้นให้นักเรียนใช้คำถามต่าง ๆ ด้วยตนเอง ต่อเนื่องจากคำถามของครู และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน จะส่งเสริมให้นักเรียนรู้สาเหตุของปัญหาและการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะต้องดำเนินการทั้งการแก้ปัญหาแบบเดิมที่เคยใช้การใช้กฎหลักการและทฤษฎีเชื่อมโยงกับการใช้วิธีการใหม่ ๆ การตั้งคำถามใหม่จนสามารถสร้างแบบจำลองความคิดทางคณิตศาสตร์รูปแบบใหม่ของนักเรียนเอง อีกทั้งขั้นสื่อสารและต่อยอด เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับเพื่อนคนอื่น ๆ และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับวิธีการและคำตอบที่เป็นไปได้ และมีการสำรวจตรวจสอบประเด็นที่เจาะลึกเพิ่มเติม ทำให้สามารถเกิดความรู้ที่คงทนและยั่งยืนได้

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด ระหว่างหลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
หลังเรียน	26	20	15.9231	1.3243	0.464	.646
หลังเรียน 2 สัปดาห์	26	20	15.7692	1.2746		

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย ผลการวิจัยสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.88/79.62 เป็นไปตามที่กำหนดไว้คือ 75/75

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ครูควรเพิ่มการใช้คำถามในทุกขั้นตอน เพราะจะส่งผลต่อการให้เหตุผลอย่างอิสระของนักเรียนซึ่งต้องการให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนจะต้องคิดหาคำตอบ และเหตุผลด้วยตนเอง หากผู้เรียนขาดทักษะพื้นฐานในการคิด อาจได้ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้องได้ ผู้สอนควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อน

1.3 ครูผู้สอนจะต้องให้โอกาสแก่นักเรียนในการแสดงทักษะการให้เหตุผล และให้เวลาเพียงพอกับการฝึก เพราะการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น นั้นต้องใช้เวลามากพอสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น ความน่าจะเป็น เส้นขนาน เป็นต้น

2.2 ควรศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิดที่ส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร การเชื่อมโยง หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาวิธีการใช้คำถามปลายเปิดให้หลากหลาย และระบุคำตอบที่เป็นไปได้ลงในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มากที่สุด เพื่อลดข้อผิดพลาดในการเชื่อมโยงความเหตุผลของคำตอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่ง จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนชยา เจียงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Banlak school. (2017 – 2019). **Self Assessment Report** (in Thai). Buriram: Academic Centre of Banlak school.

Buriram educational area district office 2. (2017-2019). **Ordinary National Education Test (O-NET)** (in Thai). Retrieved September, 1, 2021, from: https://www.br2.go.th

Hasanah, A. and Karyati, K. (2018). The use of open ended problem in developing mathematical reasoning ability of junior high school students on geometry. **International Conference on Mathematics and Science Education of Universitas Pendidikan Indonesia Journal**, 3, 763-767.

Kentawee, S. (2014). The development of heuristics learning activities on one variable linear equation for Mathayomsuksa 1 students (in Thai). **Journal of graduate school Pitchayatat Ubon Ratchathani Rajabhat University**, 9(1), 99-106.

Koonta J. and Pan-ngam A. (2013). A development of mathematics reasoning ability through the heuristics thinking model for Prathom Suksa 3 students of Ban Nongkhun School under Ubon Ratchathani Primary Educational Service Area Office 3. **Ubon Ratchathani Journal of Research and Evaluation**, 2(1), 62–69.

Mao-saman, C., Areeruksakulkonglok, S. and Somchaipeng, T. (2019). The effects of activities using heuristics thinking approach of fraction on mathematics learning achievement and mathematics creative ability of Mathayomsuksa 1 Students in Si Sa Ket Province (in Thai). **Si Sa Ket Rajabhat university journal**, 13(3), 40-48.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2012). **Mathematical thinking process skills** (in Thai). Bangkok: Q media.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). **Basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) Edition 2560 (A.D.2017)** (in Thai). Bangkok: IPST.

The Ministry of Education, Thailand. (2008). **The Basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Ltd.

The National Institute of Educational Testing Service (NIETS). (2003). **Alternative Assessment Guidelines** (in Thai). Bangkok: Teachers Council of Thailand Trade Organization.

Widiartana, I.P.H. (2018). The effect of open-ended approach towards students' mathematical reasoning. **Journal of Physics: Conference Series**, 1028(2), 012134.

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (JSSE)

งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ 045-353401 ต่อ 4425 โทรสาร 045-353422
Email : jsse.sci.ubu@gmail.com หรือ saksri.s@ubu.ac.th
วันที่พิมพ์ 20 มีนาคม 2566