

บทความวิจัย

การพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ

วิทวัส จำปาทอง^{1*} วรรณภา ธูวิทย์¹ และจุฬารัตน์ ธรรมประทีป²¹โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสิงห์บุรี อ่างทอง²สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ 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) ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนหลังเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (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

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 Thuwawit¹ and Jurarat Thammaprteep²

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

²*School of Educational Studies, Sukhothaimathirak 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)

ด้วยสถานการณ์ดังกล่าว ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน (Energy Literacy) ที่หมายถึง ความเข้าใจถึงธรรมชาติ และบทบาทของพลังงานต่อชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความเข้าใจนั้นไปใช้ตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานของพลเมือง (Cotton et al., 2015) จึงมีความสำคัญมากต่อการขับเคลื่อน และความสำเร็จของการใช้นโยบายส่งเสริมการจัดการ และการใช้พลังงานทางเลือกของประเทศ โดยบุคคลที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงาน จะมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ คือ 1) มีความรอบรู้เรื่องระบบพลังงานและสามารถวิเคราะห์ระบบการใช้พลังงานได้ 2) มีความรอบรู้เรื่องการจัดหาและใช้พลังงานอย่างมีเหตุผล 3) สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้ 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 แต่เนื่องจากการเป็นทวิภาคีในช่วงที่เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) อย่างรุนแรง ซึ่งทางโรงเรียนได้ปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบ on-site ผสมผสานกับรูปแบบ online จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจการจัดการเรียนรู้ผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาผสมผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ด้านพลังงานและสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก การส่งเสริมสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาและจำเป็นต้องมีแหล่งการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกฝนด้วยตนเอง จนเกิดเป็นสมรรถนะได้ในที่สุด และในสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มี 4 องค์ประกอบ จำเป็นต้องมีการนำเสนอตัวอย่างการสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นตัวอย่างให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

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

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

วัตถุประสงค์การวิจัย

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

วิธีดำเนินการวิจัย

1) แบบแผนการวิจัย

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

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	ประเมิน ก่อนเรียน	จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัตถจริยเอทานอลจากฟางข้าวสู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้	ประเมิน หลังเรียน
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 มหัตถจริยเอทานอลจากฟางข้าว 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 สารการเรียนรู้

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 เป็นแบบมาตราประมาณค่า 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) รู้เรื่องการจัดหาและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	10	4	14
3) สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้	3	4	7
4) สามารถสื่อสารเกี่ยวกับพลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีความหมาย	3	2	5
5) ใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตามมา	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 อู๋ข้าวเมืองอ่างทอง”
- ประเมินครั้งที่ 2 : แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ความตระหนักรู้ด้านพลังงานสะอาด การแปรรูปฟางข้าวไปเป็นเอทานอล ประเมินจากการจัดทำวีดิทัศน์เผยแพร่องค์ความรู้ เรื่อง พลังงานชีวมวล สู่ชุมชน โดยเผยแพร่ผ่านช่อง YouTube ของนักเรียน
- ประเมินครั้งที่ 3 : แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 จุดประกายความคิดสร้างสรรค์ จากตัวอย่างเซลล์เชื้อเพลิงจากเอทานอล โดยตรง ประเมินจากการนำเสนอผลงานแบบจำลองพลังงานสะอาด ในหัวข้อ “นวัตกรรมพลังงานสะอาด ช่วยชาติรอดวิกฤติ”

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

สำหรับการแปลผลของคะแนนสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินจากผลงาน จำนวน 3 ผลงาน โดยใช้เกณฑ์การประเมินดังตารางข้างต้น มาเป็นระดับคุณภาพ 3 ระดับ โดยแบ่งช่วงคะแนนในแต่ละระดับคุณภาพให้เท่ากัน ทั้งภาพรวมของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และองค์ประกอบย่อย การหาคุณภาพของแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญประเมิน 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 หรือภาพเคลื่อนไหวเพื่อประกอบการส่งสารได้สอดคล้องกับเนื้อหา และสิ่งแทนความ ทำให้ผู้รับสารเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	- เลือกใช้รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ/แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบการสื่อสารที่ถูกต้องและเหมาะสมกับเนื้อหา - รูปภาพ/แผนภูมิ/กราฟ/แผนผัง หรือภาพเคลื่อนไหว ที่เลือกมาประกอบการสื่อสารส่วนใหญ่ ทำให้ผู้รับสารเข้าใจง่ายขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

- จัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอธานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะกับกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 6 สัปดาห์ รวม 12 ชั่วโมง และระยะเวลาการศึกษาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ และการสร้างผลงานของนักเรียนนอกเวลาเรียนอีกกว่า 8 ชั่วโมง รวมเป็น 20 ชั่วโมง
- ประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ด้วยแบบประเมินภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้สุดท้าย จำนวน 1 ครั้ง และประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากผลงานนักเรียน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- การประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ และร้อยละของระดับคุณภาพของนักเรียนทั้งในภาพรวมและแยกเป็นรายคุณลักษณะของความตระหนักรู้ด้านพลังงาน โดยมีระดับคุณภาพ 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ ปรับปรุง
- การประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ และร้อยละ ในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นแต่ละครั้งของการประเมิน เพื่อหาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับคุณภาพ ได้แก่ ดี พอใช้ ปรับปรุง ซึ่งแยกเป็นรายองค์ประกอบ และหาลำดับของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 ครั้ง ตามองค์ประกอบของสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัย

1. ความตระหนักรู้ด้านพลังงาน

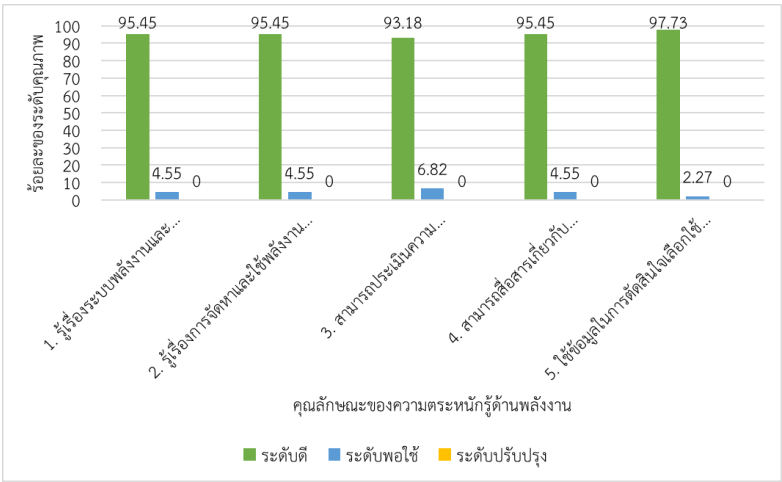
จากการประเมินความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัศจรรย์เอธานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ มีผลการประเมินเป็นดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า ความตระหนักรู้ด้านพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัตศรรย์เอทานอลจากฟางข้าว 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

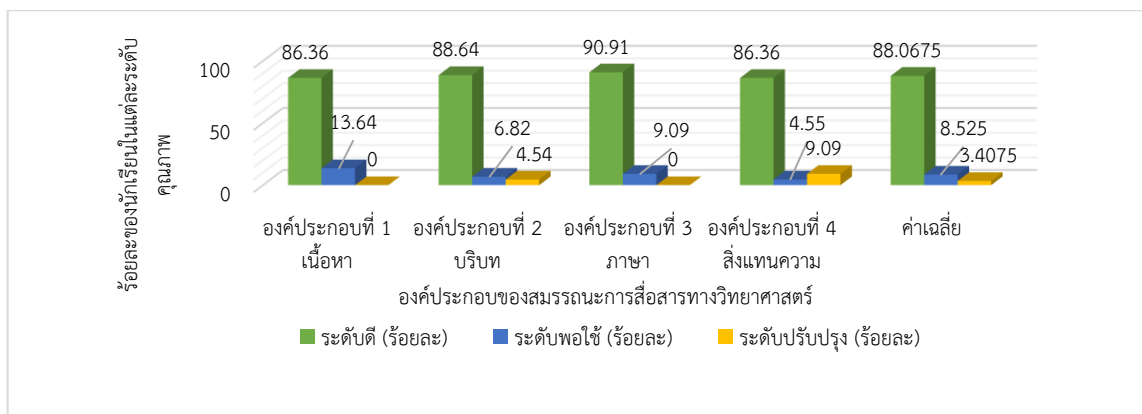


ภาพที่ 1 กราฟแสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามระดับคุณภาพความตระหนักรู้ด้านพลังงานแยกตามรายคุณลักษณะย่อย 5 คุณลักษณะ

จากภาพที่ 1 พบว่า ความตระหนักรู้ด้านพลังงานรายคุณลักษณะย่อยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัตศรรย์เอทานอลจากฟางข้าว สู่เซลล์เชื้อเพลิงอัจฉริยะ คุณลักษณะที่ 5 ใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้พลังงาน โดยคำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา นักเรียนมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีเป็นจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.73 คุณลักษณะที่นักเรียนได้ผลการประเมินอยู่ในระดับดี มีจำนวนน้อยที่สุดคือ คุณลักษณะที่ 3 สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้ โดยมีนักเรียนอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 93.18 แต่อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินความตระหนักรู้ของนักเรียนทุกคุณลักษณะ พบว่า อยู่ในระดับดีสูงกว่าร้อยละ 90.00 ในทุกคุณลักษณะย่อย

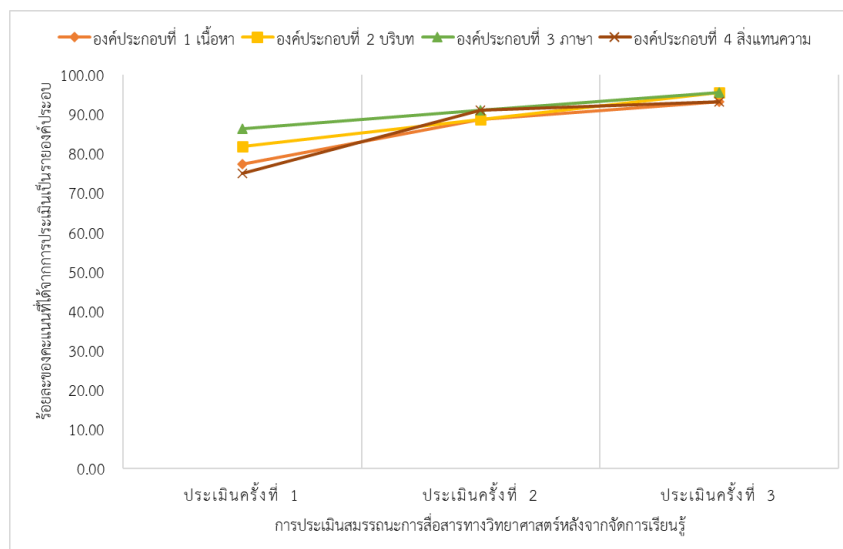
1. สมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัตศรรย์เอทานอลจากฟางข้าว 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 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินในทุกองค์ประกอบมีแนวโน้มสูงขึ้นจากครั้งที่ 1 ไปโดยลำดับ 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 เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามจุดเน้นและวัตถุประสงค์ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วย 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 ช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนได้มาก สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์นำจุดเด่นของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วไป ที่มีการนำเสนอเนื้อหาในบทเรียนได้อย่างครบถ้วน โดยพัฒนาให้มีการนำเสนอสาระการเรียนรู้ที่สำคัญ ตัวอย่างของการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เซลล์เชื้อเพลิงโดยตรงโดยใช้เอทานอลที่หมักได้จากฟางข้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่พบมากในชุมชน เพื่อสร้างเสริมความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงธรรมชาติ และบทบาทของพลังงานหลักและพลังงานทดแทนในชีวิตประจำวัน ตลอดจนสามารถนำความเข้าใจนั้นไปใช้ตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่ประเทศกำลังประสบอยู่ และเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนบ่มเพาะลักษณะของบุคคลที่มีความตระหนักรู้ด้านพลังงาน ทั้ง 5 คุณลักษณะ ผ่านการซึมซับแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานจากบทเรียน (U.S. Department of Energy, 2017) และจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่าเมื่อนักเรียนได้ใช้ระยะเวลาเรียนรู้อบบเรียนมากขึ้น 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 และสร้างเป็นวีดิทัศน์ 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 ตัวอย่างวีดิทัศน์ผลงานของนักเรียนที่ใช้ประกอบการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

จากการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จากผลงานของนักเรียนในข้างต้น ผู้วิจัยอภิปรายผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น โดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ ได้ดังนี้

1) องค์ประกอบที่ 1 เนื้อหา : ทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม และสามารถทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้นได้ สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น และการที่นักเรียนมีเวลาในการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเต็มที่ โดยครูมีหน้าที่เป็นโค้ชนักเรียนจะค่อย 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

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

จากผลการประเมินสมรรถนะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1 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 และไม่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Firmansyah et al. (2019) ที่พบว่า การใช้สิ่งแทนความของนักเรียนมีผลการประเมินในระดับที่ต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ และผลการวิจัยของ Atjanawat (2015) ที่ระบุว่า ผลการประเมินความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนรายงานเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ และบางส่วนอยู่ในระดับปรับปรุง เนื่องจาก เนื้อหาที่นักเรียนนำมาเขียนรายงานมาจากแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ มีการสะกดคำผิด ใช้คำศัพท์ทางเทคนิคไม่ถูกต้องกับบริบท เพราะนักเรียนขาดความเข้าใจในเชิงลึก จึงไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เขียนเข้ากับตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งสิ่งแทนความที่นักเรียนเลือกมานำเสนอ ไม่ได้ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจสิ่งที่นำเสนอมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้น ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องฝึกฝนพัฒนาองค์ประกอบนี้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ทั้งนี้ผู้สอนควรจัดสรรเวลาให้คำแนะนำเพิ่มเติม หรือให้แบบฝึกหัดแก่นักเรียน เพื่อให้มีความเข้าใจที่ถูกต้อง และได้ฝึกฝนสมรรถนะการสื่อสารในองค์ประกอบนี้มากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ เรื่อง มหัตถุรรยเอทานอลจากฟางข้าว 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 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นตัวอย่างของสื่อที่ทำการที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม 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

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความกรุณา และความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ประจำ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขและติดตามการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการผลิตสื่อนวัตกรรม จากโครงการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เพื่อพลังงานสะอาด คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนพัฒนาไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน พุทธศักราช 2563

ขอขอบพระคุณนายบันลือ พลมาลา และนายบรรจบ เฉลยมรรค ผู้อำนวยการโรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคม ตลอดจนคณะผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนอ่างทองปัทมโรจน์วิทยาคมทุกท่าน โดยเฉพาะคุณครูวรรณภา ธูวิทย์ ผู้วิจัยร่วมที่มีส่วนช่วยพัฒนาเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ และที่สำคัญต้องขอบคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่สละเวลาให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการวิจัย มาร่วมเรียนรู้ และพัฒนานตนเองไปพร้อมกัน

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.
- Chrstraksa, 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%20Report>.
- 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 MBL₂ 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.
- Laohajarsang, 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.
- Pitipornatapin, 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.