วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีวัสดุ

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology

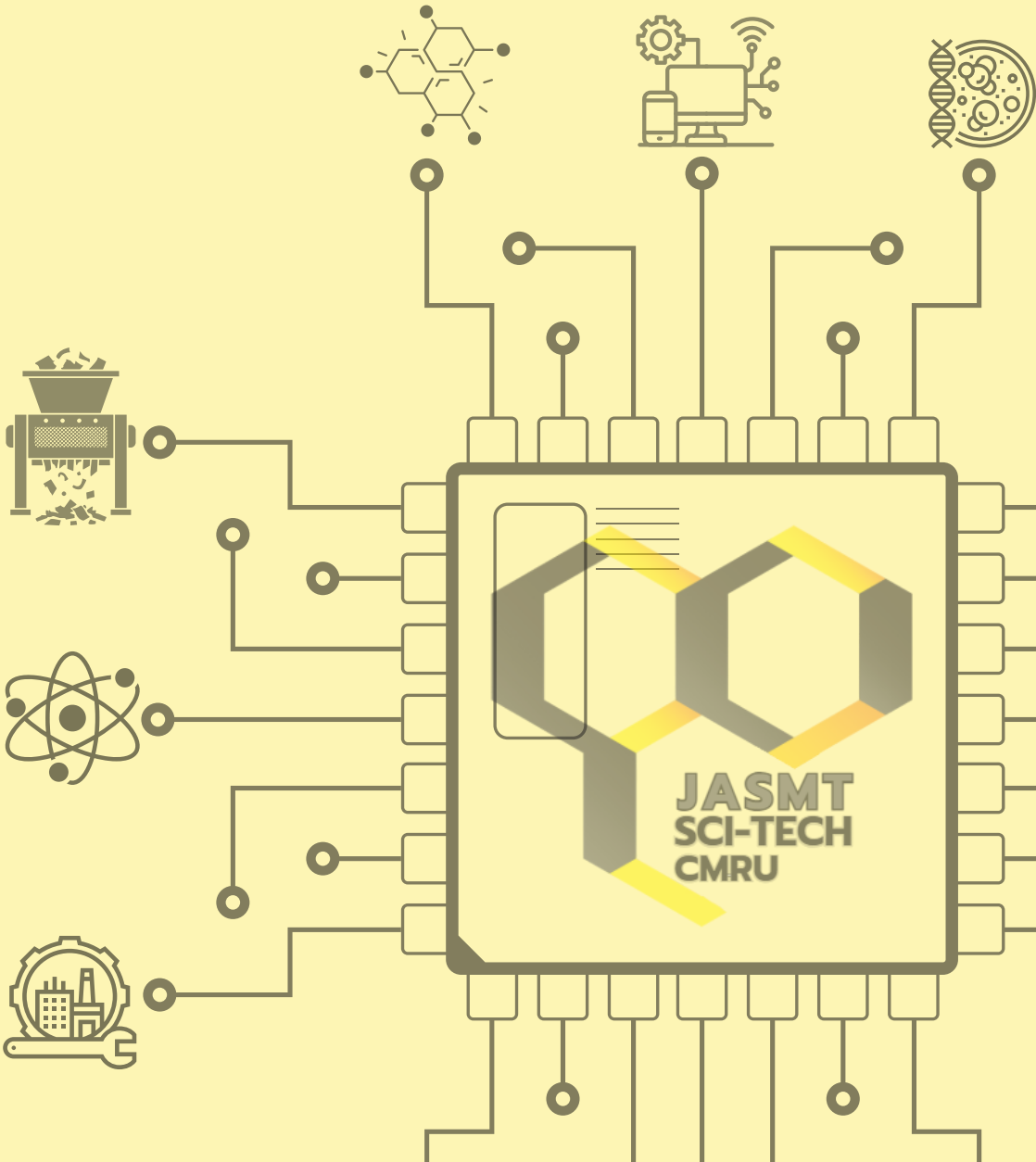
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ISSN 3088-3156 (Print)

ISSN 3088-3229 (Online)

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์ 2569

VOL.1 No.1 Jan - Feb 2026



วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีวัสดุ

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2569

Vol.5 No.1 January – February 2569

ISSN 3088-3229 (online)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (ศูนย์แม่ริม)

เลขที่ 180 หมู่ที่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง) ตำบลขี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

https://ph05.tci-thaijo.org/index.php/JASMT/about

Email: JASMT_Sci@cmru.ac.th

สารบัญ

การใช้เกมเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารและความเข้าใจในการเรียน เรื่อง ลม ฟ้า อากาศ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสันทรายหลวง ปีการศึกษา 2567
THE USE OF GAMES TO ENHANCE COMMUNICATION SKILLS
AND COMPREHENSION IN THE STUDY OF WEATHER AND CLIMATE
AMONG GRADE 7 STUDENTS, SANSAI LUANG SCHOOL, ACADEMIC YEAR 2024
รัญชิดา สีแก้ว พิษณุภาคิณ ไชยมงคล และศรัณย์ จีนะเจริญ..... 1

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง (Metaverse) เพื่อพัฒนา
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
THE LEARNING MANAGEMENT OF THE 5ES LEARNING CYCLE AND METAVERSE
VIRTUAL CLASSROOM TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT ON FLOWERING
PLANT REPRODUCTION OF ELEVENTH-GRADE STUDENT
ลักษณาวดี ศรีสุข..... 13

ฤทธิ์ต้านเชื้อราและยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพราต่อเชื้อเกลื้อน
ANTIFUNGAL AND ANTIBIOFILM ACTIVITIES OF ESSENTIAL OILS
FROM LAMIACEAE PLANTS AGAINST MALASSEZIA FURFUR
วีรพงษ์ จันทะชัย..... 28

ปริมาณทองแดง แคดเมียม และสังกะสีที่สะสมในอวัยวะภายในของปลาทู
(*Rastrelliger brachysoma*) และปลาสีกุนแก้มดำ (*Alepes djedaba*)
จากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม
COPPER CADMIUM AND ZINC ACCUMULATION IN INTERNAL ORGANS
OF SHORT-BODIED MACKEREL (Rastrelliger brachysoma)
AND SHRIMP SCAD (Alepes djedaba) FROM BAN BANG BO, SAMUT SONGKHRAM PROVINCE
พิเชษฐ อนุรักษ์อุดม ศิรประภา เปรมเจริญ เจนจิรา มั่งลชูพันธุ์ และวีรมลล์ ไวลิขิต..... 39

การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่าง
Development of a website for managing tool and spare parts information
อินทนนท์ วิสุทธิธาดา ณัฐสินี ตั้งศิริไพบูลย์ นราธิป วงษ์ปัน
และวรินทร อริยวุฒิกร.....47

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
จัดทำโดย สำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๑๘๐ หมู่ ๗ ตำบลขี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ๕๐๑๘๐

บรรณาธิการที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ดร.ชาตรี มณีโกศล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศรีประมุขกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ที่ปรึกษาบรรณาธิการ

Professor Dr. Mon-Shu Ho	National Chung Hsing University
Assistant Professor Chung Fei Fang	Xiamen University Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Rameshprabu Ramaraj	Maejo University

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพงษ์ ดวงดาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนดาษ์ รัชเวทย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พราวพรรณ อาสาสรรพกิจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รสลิน เพตะกร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรนุช พันโท	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมพ์ชนก สุวรรณศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.มุจลินท์ แปงศิริ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์ ดร.ฉัตรศิริ วิภาวิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์อธิวัฒน์ วังใหม่	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
อาจารย์ศิริกรณ์ กันขัติ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร อนุรักษ์ สันป่าเป้า	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.อัฐสิษฐ์ ทับทิมแท้	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สังวารนที	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิชัย ปรีชาวุฒิพงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ วงศ์ราษฎร์	มหาวิทยาลัยพะเยา

รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูรศักดิ์ เปลื้องผล มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
รองศาสตราจารย์ ดร.พดตาวัน นาใจแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ ตองอ่อน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
รองศาสตราจารย์ ดร.มีชัย เทพนุรัตน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวลี อันพาพรม มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพรรณ เสียงแจ่ม มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดม ทิพราช มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาวัลย์ สุทธิอาภรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลพร ลักษมีวาณิชย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.กัลทิมา พิชัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สราวุฒิ สมนาม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ สมมะณี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา อินภักดี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงศ์ เตี้ยมมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาดี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย เครืออินทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ มหัทธนชัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปมณฑ์ ภูมาศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

เลขานุการกองบรรณาธิการ

นางสาวจารุวรรณ พากเพียร
นายกิตติ เขียวทอง
นางสาวศิริลักษณ์ นพคุณ
นางณัฐนันท์ เรียบเรียง
นายมงคล กันทะป้อ

วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีวัสดุ

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology

วัตถุประสงค์และขอบเขตการตีพิมพ์

วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยีวัสดุ (Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology) เป็นวารสารที่เผยแพร่บทความวิชาการและบทความวิจัย รวมถึงเป็นผลงานสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความที่ส่งมาตีพิมพ์จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขาวิชาอย่างน้อย 3 คน (Double-blind peer review) ผู้แต่งไม่ทราบชื่อผู้ประเมิน ผู้ประเมินไม่ทราบชื่อผู้แต่ง

ประเภทของบทความ

บทความต้องมีประเด็นที่น่าสนใจศึกษาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ กลุ่มวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (ฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์และวัสดุศาสตร์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์และสถิติ คณิตศาสตร์ประยุกต์ วิทยาการข้อมูล วิทยาศาสตร์การอาหาร สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยา วิทยาศาสตร์สิ่งทอ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง) กลุ่มเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (นาโนเทคโนโลยีและวิศวกรรมวัสดุ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการก่อสร้าง เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม ออกแบบผลิตภัณฑ์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง) กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (สาธารณสุขศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ เภสัชศาสตร์ ทันตแพทยศาสตร์ การแพทย์แผนไทย แพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์การกีฬา โภชนศาสตร์ อาชีวอนามัยและความปลอดภัย และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง) กลุ่มคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ การสอนคอมพิวเตอร์ สื่อ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมการสอน และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง)

บทความที่รับ ได้แก่ บทความวิชาการและบทความวิจัย

ภาษาที่รับตีพิมพ์

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

กำหนดการเผยแพร่

วารสารตีพิมพ์ 6 ฉบับต่อปี (ราย 2 เดือน)

ฉบับที่ 1 ม.ค. – ก.พ.

ฉบับที่ 2 มี.ค. – เม.ย.

ฉบับที่ 3 พ.ค. – มิ.ย.

ฉบับที่ 4 ก.ค. – ส.ค.

ฉบับที่ 5 ก.ย. – ต.ค.

ฉบับที่ 6 พ.ย. – ธ.ค.

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 1, 2026, pp. 1-13

Research Article

THE USE OF GAMES TO ENHANCE COMMUNICATION SKILLS AND COMPREHENSION IN THE STUDY OF WEATHER AND CLIMATE AMONG GRADE 7 STUDENTS, SANSAI LUANG SCHOOL, ACADEMIC YEAR 2024

การใช้เกมเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารและความเข้าใจในการเรียน เรื่อง ลม ฟ้า อากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสันทรายหลวง ปีการศึกษา 2567

Received: December 23, 2025 **Revised:** February 03, 2026 **Accepted:** February 24, 2026

Runchida Seekaew[1] Phitsanuphakhin Chaimongkhon[2] and Saran Cheenacharoen[2,*]
รัญชิดา สีแก้ว[1], พิษณุภาคิณ ไชยมงคล[2], ศรัณย์ จีนะเจริญ[2,*]

[1]Bachelor of Education program in Biology, Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University.
[1]หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[2]Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University
[2]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

*Corresponding Author, E-mail: saran_che@cmru.ac.th

Abstract

This study aimed to develop communication skills, enhance cognitive understanding achievement, and evaluate the satisfaction of Grade 7 students using a charades game as a learning tool for the topic of "Weather and Climate." The research followed a quasi-experimental design, specifically a one-group pretest-posttest model. The sample consisted of 37 Grade 7/3 students from San Sai Luang School, selected through purposive sampling. The research instruments included a communication skills assessment, a content comprehension test, a behavioral observation form, and a satisfaction questionnaire. Statistics used in this study were categorized into two parts: instrument quality verification (Validity) and data analysis, which included percentages, mean, standard deviation (S.D.), and the t-test for dependent samples. The results indicated a significant improvement in students' communication skills ($p < 0.05$), particularly in verbal expression, body language, and collaboration. Furthermore, students demonstrated a significant increase in their understanding of weather and climate concepts, with post-test scores significantly higher than pre-test scores ($p < 0.05$). The average pre-test and post-test scores were 8.30 ± 2.74 and 12.76 ± 2.95., respectively. Most students expressed

high levels of satisfaction with the charades game, noting that it made learning enjoyable, increased participation, and reduced learning stress.

Keywords: Charades game, communication skills, game-based learning, weather and climate, Grade 7 science

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสาร พัฒนาผลสัมฤทธิ์พุทธิพิสัยด้านความเข้าใจ และประเมินความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการใช้เกมใบ้คำเป็นเครื่องมือ ในการเรียนรู้เรื่อง ลม ฟ้า อากาศ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองรูปแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 โรงเรียนสันทรายหลวง จำนวน 37 คน ซึ่งได้รับการคัดเลือกโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดทักษะการสื่อสาร แบบทดสอบความเข้าใจเนื้อหา แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัย สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ประกอบด้วยการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ในส่วนของสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (t-test dependent sample) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการสื่อสารสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะในด้าน การพูด การใช้ภาษากาย และการทำงานร่วมกัน นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่อง ลม ฟ้า อากาศ เพิ่มขึ้น โดยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.30 ± 2.74 และหลังเรียนเท่ากับ 12.76 ± 2.95 และนักเรียนส่วนใหญ่แสดงความพึงพอใจในระดับสูงต่อการใช้เกมใบ้คำในการเรียนรู้ โดยระบุว่าเกมทำให้การเรียนสนุกสนาน ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น และลดความตึงเครียดในการเรียนรู้

คำสำคัญ: เกมใบ้คำ, ทักษะการสื่อสาร, การเรียนรู้ผ่านเกม, ลม ฟ้า อากาศ, วิทยาศาสตร์ ม.1

บทนำ

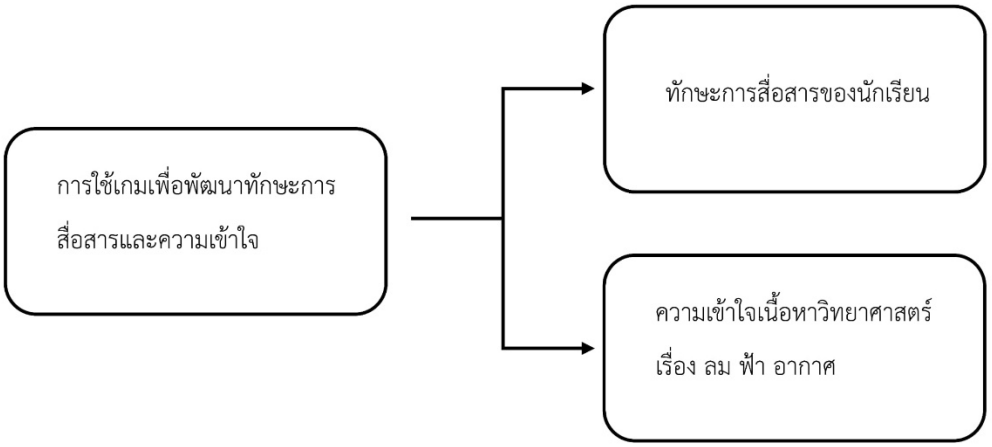
การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในสังคมยุคใหม่ โดยหนึ่งในทักษะสำคัญคือ ทักษะการสื่อสาร (Communication Skills) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิจารณ์ พานิช, 2555) โดยทักษะการสื่อสารนั้นเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาทั้งในด้านการศึกษา การทำงาน และการใช้ชีวิตในสังคม และศตวรรษที่ 21 นี้การสื่อสารไม่ใช่เพียงการพูดหรือเขียน แต่คือการถ่ายทอดแนวคิด การฟัง การรู้เท่าทันสื่อ และการทำงานร่วมกัน แต่จากการสำรวจและศึกษาปัญหาด้านการศึกษาในประเทศไทย พบว่าเด็กไทยส่วนใหญ่โดยเฉพาะนักเรียนในระดับมัธยมศึกษายังคงประสบปัญหาเกี่ยวกับทักษะการสื่อสารในหลายมิติ ทั้งการพูด การฟัง และการตอบสนองต่อสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ปัญหาสำคัญประการแรก คือ การขาดความมั่นใจในการสื่อสาร เด็กไทยส่วนใหญ่รู้สึกเขินอายและกลัวความผิดพลาดเมื่อต้องพูดในที่สาธารณะหรือแสดงความเห็นในชั้นเรียน (Anderson et al, 2016 อ้างอิงใน กัญญาวีย์ หาปู่ทน สุภาพร พรไตร และปาริชาติ แสนนา, 2566, 195) ทำให้ขาดโอกาสในการแสดงออกซึ่งความคิดและมุมมองของตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนขาดการฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง การใช้เทคโนโลยีและสื่อดิจิทัลที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันยังส่งผลต่อรูปแบบการสื่อสารของเด็กไทย การพึ่งพาการสื่อสารผ่านข้อความในโซเชียลมีเดียทำให้ขาดทักษะการพูดและการฟังในสถานการณ์จริง การใช้สื่อสังคมออนไลน์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบันส่งผลต่อรูปแบบการสื่อสารของเด็กและเยาวชน โดยการใช้สื่ออย่างไม่มีการควบคุมอาจทำให้คุณภาพของการสื่อสารแบบเผชิญหน้าลดลง และส่งผลต่อพฤติกรรมทางสังคมของผู้เรียน

(สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2565) นอกจากนี้ การใช้โซเชียลมีเดียยังส่งผลต่อรูปแบบการใช้ภาษาและการสื่อสารในชีวิตประจำวันของวัยรุ่น (Baron, N. S., 2008; Yusuf et al., 2024) ปัญหาเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาทักษะการสื่อสารของเด็กไทยอย่างเร่งด่วนโดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นต้องพัฒนาทักษะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ นอกเหนือจากการเข้าใจเนื้อหาวิชาการ ทักษะการสื่อสารเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญ ซึ่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นต้องการการสื่อสารที่มีเหตุผล ชัดเจน และสร้างสรรค์ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันของทั้งผู้สอนและผู้เรียน เนื่องจากวิชาวิทยาศาสตร์มักเป็นวิชาที่ผู้เรียนส่วนใหญ่นั้นมองข้ามเพราะกำแพงที่ถูกสร้างขึ้นว่าเป็นวิชาที่ยาก ดังนั้นการสื่อสารและการสร้างเข้าใจที่ตรงกันโดยอาศัยการอภิปรายจึงเป็นเสมือนปราการด่านแรกในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนกับผู้สอน การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนา เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม พบว่านักเรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการอธิบาย การอภิปราย และการนำเสนอข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560; Faber et al., 2024) และการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ในบทเรียนเรื่อง ลม ฟ้า อากาศ นั้นเป็นบทเรียนที่อยู่ในชีวิตประจำวันของผู้เรียนที่พบได้ทุกวันแต่กลับเป็นบทเรียนที่ผู้เรียนมองข้าม เนื่องจากผู้เรียนมองว่าเป็นเรื่องที่ง่ายและไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ แต่เนื้อหาของบทเรียนไม่ได้มีเพียงเรื่องของลมหรือท้องฟ้าแต่ยังรวมไปถึงการพยากรณ์อากาศ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ผู้สอนนั้นต้องการที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้บทเรียนนี้ด้วยความสนุกสนาน และ มองวิทยาศาสตร์ให้เป็นเรื่องใกล้ตัวมากขึ้น โดยการโยงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เข้ากับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนมองสิ่งรอบตัวด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์พุทธิพิสัยด้านความเข้าใจของผู้เรียน
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ผ่านเกม

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่องการใช้เกมเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารและความเข้าใจเรื่องลม ฟ้า อากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนสันทรายหลวง จำนวน 4 ห้อง รวมทั้งหมดจำนวน 145 คน โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 37 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) (นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 มีนักเรียนที่เรียนรู้ได้เร็ว ปานกลาง และช้า จำนวนใกล้เคียงกัน มากกว่าห้องเรียนอื่น ๆ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 5 เครื่องมือ ได้แก่

1. เกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ”กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. แบบวัดทักษะการสื่อสาร ที่มีการประเมินจากการประเมินตนเอง การประเมินจากครูผู้สอนและเพื่อนร่วมทีม

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสาร ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนขณะเล่นเกม เช่น การพูดคุย การทำงานร่วมกันและการแก้ปัญหาร่วมกัน

4. แบบทดสอบความเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก

5. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ขั้นตอนการสร้างเกมเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ”

1.1 ทำการกำหนดวัตถุประสงค์ของเกม วิเคราะห์ ศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหารายละเอียดของเนื้อหาในหลักสูตร

1.2 กำหนดโครงสร้างและรูปแบบของเกม โดยเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน วางโครงสร้าง ออกแบบวิธีการเล่นให้เหมาะสมกับเนื้อหาและออกแบบให้เป็นกิจกรรมที่กระตุ้นการสื่อสาร

1.3 สร้างต้นแบบเกม เช่น การ์ดคำถาม และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ควรใช้วัสดุที่สามารถปรับแก้ไขได้ และทำการออกแบบการฟิกที่เป็นภาพและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ดึงดูดและเข้าใจง่าย

1.4 ทดสอบการใช้งานของต้นแบบ โดยทดลองกับกลุ่มนักเรียนและครู สังเกตพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการรวบรวมความคิดเห็นและการสัมภาษณ์เพื่อปรับแก้ความเหมาะสมของกติกา เนื้อหา และ ความสนุก

1.5 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ความถูกต้องเหมาะสม ข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC

1.7 นำเกมที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

2. ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะการสื่อสาร

2.1 ศึกษาหลักการ กำหนดวัตถุประสงค์และตัวชี้วัดของแบบวัดรวมถึงทฤษฎีและกรอบแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร

2.2 กำหนดรูปแบบในการวัด มาตราส่วนในการประมาณค่า และออกแบบคำถามให้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสมเหตุสมผล

2.3 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง

2.4 นำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC

2.5 แบบวัดที่ผ่านเกณฑ์การประเมินและปรับปรุงตามที่ผู้เชียวชาญแล้วไปใช้ในการทดสอบ

3. ขั้นตอนการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสาร

3.1 ระบุเป้าหมายของของการสังเกต และพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตของนักเรียน เพื่อประเมินพฤติกรรมและวัดการพัฒนาทักษาะการสื่อสารในด้านต่างๆ เช่น การพูด การฟัง การทำงานร่วมกันและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

3.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการสื่อสาร แบ่งตัวชี้วัดตามองค์ประกอบของทักษะการสื่องสาร การพูด การฟัง การทำงานร่วมกันและการควบคุมอารมณ์

3.3 กำหนดรูปแบบการบันทึก ใช้ Frequency Rating Scale ที่ใช้ในประเมินระดับความถี่หรือคุณภาพของพฤติกรรม เพื่อออกแบบตารางการสังเกตพฤติกรรม

3.4 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น

3.5 นำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC

3.6 ทำการปรับปรุงแบบสังเกตตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ขัดรูปแบบให้มีความสะดวกและเตรียมคู่มือการใช้งาน

3.7 ทำการนำแบบสังเกตพฤติกรรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ”

4.1 ทำการกำหนดวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ และกรอบแนวคิดในการวางระดับคำถาม เพื่อให้ครอบคลุมหัวข้อในหลักสูตร โดยใช้กรอบแนวคิดของ Bloom’s Taxonomy ในการวางระดับคำถาม

4.2 กำหนดขอบเขตของเนื้อหา โดยระบุหัวข้อสำคัญที่ต้องวัด อย่างเช่น การก่อตัวและการเคลื่อนที่ของลม ความกดอากาศและอุณหภูมิ การเกิดพายุฝน ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและผลกระทบของลมและอากาศต่อสิ่งแวดล้อม

4.3 จัดทำแผนการสร้างข้อสอบ โดยกำหนดหัวข้อและระดับความยากให้คละกัน ทั้งหมด 32 ข้อ โดยมีทั้งหมด 4 ประเด็น ได้แก่ การก่อตัวของลม ความกดอากาศและอุณหภูมิ การเกิดเมฆและฝนและชั้นบรรยากาศ

4.4 เลือกประเภทของคำถามเป็นแบบ ปรนัย (Multiple Choice) มี 4 ตัวเลือก ออกแบบความให้มีความชัดเจน สั้นกระชับ ตัวเลือกต้องไม่คลุมเครือและมีความยาวที่ใกล้เคียงกัน

4.5 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง

4.6 นำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC

4.7 การจัดทำแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ โดยเรียงจากข้อง่ายไปยาก จำนวน 20 ข้อ และจัดทำเฉลยและคู่มือการตรวจสอบที่ถูกต้องและแนวทางในการให้คะแนน

4.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ไปใช้ในการวัดผลทั้งก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test)

5. ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีต่อการใช้เกมในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร

5.1 กำหนดเป้าหมายของแบบสอบถาม และระบุหัวข้อที่ต้องการวัด เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียน ความสนุกสนาน ความเหมาะสม และความรู้สึกเกี่ยวกับการใช้เกม

5.2 กำหนดโครงสร้างของแบบสอบถาม โดยใช้รูปแบบมาตราส่วนประมาณ Likert Scale 5 ระดับ

5.3 ออกแบบข้อคำถามให้ครอบคลุมหัวข้อที่กำหนด เน้นความชัดเจนและเข้าใจง่าย หลีกเลี่ยงคำถามที่ซับซ้อนหรือชี้นำคำตอบ

5.4 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น

5.5 นำผลการตรวจสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC

5.6 ทำการปรับปรุงและจัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์

5.7 นำแบบสอบถามที่ผ่านเกณฑ์และปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหลังการเล่นเกม

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1) สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

หาดัชนีความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ เกมเพื่อการเรียนรู้ (เกมใบ้คำ) แบบวัดทักษะการสื่อสารปที่ประเมินโดยตนเอง แบบวัดทักษะการสื่อสารปที่ประเมินโดยครูผู้สอน แบบทดสอบความเข้าใจในเนื้อหา แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนและแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสาร คำนวณได้จากสูตร

$$\text{IOC} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ

$\sum x$ = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์ในการแปลความหมาย เครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ได้นั้นต้องมีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50-1.00

2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการคำนวณ สถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (t-test dependent sample) เพื่อเปรียบความแตกต่างของคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ตามที่ได้วางแผนไว้แล้ว ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ขั้นดำเนินการก่อนทดลอง ขั้นดำเนินการทดลองและขั้นหลังการทดลอง ดังนี้

1. ขั้นเตรียมก่อนการทดลอง

เตรียมความพร้อมของเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย ทำการสร้างและประเมินเครื่องมือ และนำเครื่องที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่น นำค่าที่ได้จากผู้เชียวชาญไปวิเคราะห์ หาค่าดัชนี โดยใช้สูตร IOC โดยกำหนดเกณฑ์ของค่า IOC มีคะแนนการประเมิน เป็น +1 แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด 0 ไม่แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นตรงกับสิ่งที่ต้องการวัดและ -1 แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้นั้นไม่ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด ซึ่งเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ได้ต้องมีค่าดัชนีตั้งแต่ 0.50-1.00 โดยเครื่องมือประกอบไปด้วย เกมใบ้คำ เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ”กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยดัชนีที่ 0.95 แบบวัดทักษะการสื่อสาร ที่มีการประเมินตนเองมีค่าเฉลี่ยดัชนีที่ 0.90 และการประเมินจากครูผู้สอน/เพื่อนร่วมทีมมีค่าเฉลี่ยดัชนีที่ 0.90 แบบทดสอบความเข้าใจในเนื้อหา เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีค่าเฉลี่ยดัชนีอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้เกมในการพัฒนาทักษะการสื่อสารมีค่าเฉลี่ยดัชนีที่อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 และแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารของนักเรียนขณะเล่นเกมมีค่าเฉลี่ยดัชนีที่ 0.86 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยทำการสร้างนั้นสามารถนำไปใช้ในการวิจัยทดสอบและประเมินได้ อีกทั้งเตรียมความพร้อมของประชากรที่ใช้ในการทดลองและเตรียมความพร้อมของตนเอง

2. ขั้นดำเนินการทดลอง

ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” แบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ ผู้เรียนทำแบบวัดทักษะการสื่อสารที่เป็นการประเมินตนเองและผู้สอนทำแบบวัดทักษะที่เป็นการประเมินจากครูผู้สอน หลังจากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เกมประกอบการเรียนรู้ เป็นเวลาทั้งหมด 4 คาบเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมนั้น ผู้สอนทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนร่วมด้วย เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ได้ให้นักเรียนทำการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เกมใบ้คำในการจัดการเรียนการสอน ทำแบบทดสอบหลังเรียนและแบบวัดทักษะการสื่อสาร

3. ขั้นหลังการทดลอง

นำค่าจากการทำแบบทดสอบ เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติและ สถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (t-test dependent sample) เพื่อเปรียบความแตกต่างของคะแนนการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ผลที่ได้จากการบันทึกและการสังเกตต่าง ๆ ทั้งของนักเรียนและครูผู้สอน

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบความเข้าใจ

การเปรียบเทียบคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” โดยแบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ พบว่า คะแนนของแบบทดสอบเรื่อง ลม ฟ้า อากาศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 โรงเรียนสันทรายหลวง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเกม มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.30 ± 2.74 และ

12.76 ± 2.95 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนที่มีการเล่นเกม (ใบ้คำ) นั้น ทำให้นักเรียนมีคะแนนในการทดสอบที่สูงขึ้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จำนวนนักเรียน	df	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	sig
			$\overline{x}$	SD	$\overline{x}$	SD		
37	36	20	8.30	2.74	12.76	2.95	21.52	0.00

2. ผลการวิเคราะห์ทักษะการสื่อสารของนักเรียนจากแบบวัดทักษะการสื่อสาร

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสื่อสารของนักเรียนจากแบบวัดทักษะการสื่อสาร ของนักเรียนที่ให้นักเรียนได้ประเมินตนเองและมีการประเมินจากครูผู้สอนร่วมด้วย ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดทักษะการสื่อสารของนักเรียน

	จำนวน	ก่อน		หลัง		t	sig
		$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$	S.D.		
การประเมินตนเอง	37	21.30	1.99	28.30	2.60	12.526	0.00
การประเมินโดยครูผู้สอน		20.89	2.28	27.51	2.05	13.289	0.00

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนประเมินทักษะการสื่อสารของตนเองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.30 ± 1.99 แต่เมื่อทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมแล้วนั้นนักเรียนประเมินทักษะการสื่อสารของตนเองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.30 ± 2.60 ในส่วนของการประเมินโดยครูผู้สอนพบว่าก่อนทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมสามารถประเมินทักษาะการสื่อสารของนักเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 20.89 ± 2.28 และเมื่อทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมแล้วนั้นคะแนนการประเมินทักษะการสื่อสารของนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 27.51 ±2.05 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแสดงให้เห็นเมื่อทำการจัดการเรียนรู้แบบเกมแล้วนักเรียนมีพัฒนาการในด้านของทักษะการสื่อสารที่เพิ่มขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์ทักษะสื่อสารจากแบบสังเกตพฤติกรรม

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสื่อสารของนักเรียนจากแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่ทำการบันทึกการสังเกตจำนวน 4 คาบที่จัดการเรียนรู้ด้วยเกม ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) ใช้วิธี Frequency Analysis โดยการนับจำนวนครั้งที่พบพฤติกรรมนั้น พบว่า พฤติกรรมที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ นักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวหรือขัดแย้งกับเพื่อนร่วมทีมโดยมีจำนวนที่พบที่ 33 ครั้ง รองลงมาได้แก่นักเรียนตั้งใจฟังและสังเกตภาษากายของผู้ใบ้คำและนักเรียนให้ความร่วมมือกับเพื่อนร่วมทีมในการเล่นเกม พบที่ 30 ครั้ง และอันดับที่ 3 นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่เป็นมิตรและมีน้ำใจนักกีฬา พบที่ 28 ครั้ง และพฤติกรรมที่พบน้อยคือนักเรียนไม่ใช้คำต้องห้ามหรือคำศัพท์ที่ตรงกับคำตอบ พบพฤติกรรมที่ 20 ครั้ง โดยมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทักษะสื่อสารจากแบบสังเกตพฤติกรรม

พฤติกรรมที่สังเกต	จำนวนครั้งของการแสดงพฤติกรรม (รวม 4 คาบ)	ผลที่เกิดขึ้น
นักเรียนสามารถใช้คำพูดอธิบายคำศัพท์ได้อย่างชัดเจน	28	ค่อยๆ พัฒนาขึ้นเมื่อคุ้นเคยกับเกม
นักเรียนใช้ภาษากายหรือท่าทางช่วยอธิบายคำศัพท์ได้อย่างเหมาะสม	25	ท่าทางเริ่มชัดเจนขึ้นในคาบท้าย ๆ
นักเรียนไม่ใช้คำต้องห้ามหรือคำศัพท์ที่ตรงกับคำตอบ	20	เริ่มเข้าใจกติกามากขึ้น
นักเรียนตั้งใจฟังและสังเกตภาษากายของผู้ใบ้คำ	30	พัฒนาขึ้นในคาบท้าย ๆ
นักเรียนสามารถตีความและเดาคำศัพท์ได้อย่างเหมาะสม	24	เริ่มเข้าใจวิธีเดาคำจากใบ้คำได้ดีขึ้น
นักเรียนมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อคำใบ้อย่างเหมาะสม	26	ตอบสนองไวขึ้นตามประสบการณ์
นักเรียนให้ความร่วมมือกับเพื่อนร่วมทีมในการเล่นเกม	30	การทำงานเป็นทีมดีขึ้น
นักเรียนสนับสนุนและให้กำลังใจเพื่อนร่วมทีม	26	ให้กำลังใจเพื่อนมากขึ้นในรอบท้าย
นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่เป็นมิตรและมีน้ำใจนักกีฬา	28	มีบรรยากาศที่ดีระหว่างเล่น
นักเรียนสามารถควบคุมอารมณ์เมื่อเดาคำศัพท์ผิดหรือไม่เข้าใจคำใบ้	22	ยังมีอารมณ์หงุดหงิดบ้างในช่วงแรก
นักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมก้าวร้าวหรือขัดแย้งกับเพื่อนร่วมทีม	33	ไม่มีความขัดแย้งระหว่างเล่นเกม
นักเรียนมีความมั่นใจและกล้าแสดงออกในการสื่อสาร	23	มั่นใจมากขึ้นเมื่อเล่นหลายรอบ

4. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม พบว่า ความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ระดับมากมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.03 ± 0.43 เมื่อพิจารณารายข้อ เรียงลำดับจากมากไปน้อย มี ดังนี้ ลำดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ กิจกรรมมีความสนุกและน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.49 ส่วนที่นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ผู้ดำเนินกิจกรรมให้คำแนะนำได้ดี ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.92 ± 0.8 ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน

รายการประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ	ลำดับที่
กิจกรรมมีความสนุกและน่าสนใจ	4.62	0.49	มากที่สุด	1
กิจกรรมช่วยให้มีส่วนร่วมมากขึ้น	4.11	0.81	มาก	3
กิจกรรมช่วยให้ฉันกล้าพูดมากขึ้น	4.08	0.86	มาก	4
กิจกรรมช่วยให้ฉันสื่อสารได้ดีขึ้น	3.97	0.83	มาก	5
ฉันเข้าใจกติกาและวิธีเล่นได้ง่าย	3.95	0.88	มาก	6
ฉันสามารถนำทักษะที่ได้ไปใช้ในชีวิตจริง	4.14	0.92	มาก	2
บรรยากาศของกิจกรรมเป็นกันเองและน่าเรียนรู้	4.14	0.79	มาก	2
ผู้ดำเนินกิจกรรมให้คำแนะนำได้ดี	3.92	0.80	มาก	7
รวม	**4.03**	**0.43**	**มาก**	

อภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้โดยการใช้เกม เป็นวิธีสอนวิธีหนึ่งที่ช่วยให้เด็กได้รับประสบการณ์ตรง เป็นวิธีการสอนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ซึ่งการใช้เกมประกอบการเรียนการสอนนั้น เป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเนื้อหาวิชาในบทเรียน จากการพัฒนาทักษะการสื่อสารของนักเรียนผลที่ได้ในการวิจัยในครั้งนี้พบว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนผ่านเกมมีทักษะการสื่อสารที่ดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากการเรียนโดยใช้เกมนั้นเป็นการเรียนที่สร้างความตื่นเต้นอีกทั้งเกมใบ้คำนั้นยังเป็นคำที่เน้นให้นักเรียนนั้นสื่อสารกันให้มากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม นับเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการฝึกให้นักเรียนนั้นจดจำ และวิเคราะห์คำศัพท์เห็นว่าการใช้เกมใบ้คำช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการสื่อสารมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของการเรียนรู้ผ่านเกม (Game-Based Learning) ที่ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เป็นกันเอง ลดความกดดัน และส่งเสริมการโต้ตอบระหว่างผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรงคเทพ ลิ้มมณี (2563) ที่ได้ทำการการพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษโดยใช้เกมเพื่อการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าทักษะการพูดภาษาอังกฤษของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีทักษะการพูดภาษาอังกฤษ ด้านการออกเสียงและความคล่องแคล่วหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในการเล่นเกมใบ้คำนั้นช่วยให้นักเรียนจดจำและทำความเข้าใจเนื้อหา "ลม ฟ้า อากาศ" ได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นเพราะเกมช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายในรูปแบบของตนเองทำให้เกิดการสื่อสารในระดับเดียวกัน การสื่อสารและอธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้พบว่าคะแนนหลังเรียนของนักเรียนนั้นมีค่าเฉลี่ยที่สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนงพงา สุวพิศ (2561) ที่ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยใช้เกมประกอบเรื่องสมบัติสารที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยทำการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ ระดับความสามารถสูง ระดับความสามารถปานกลางและอ่อน พบว่าคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงเท่ากับ 10.50 ระดับความสามารถปานกลางเท่ากับ 6.70 ระดับความสามารถอ่อนเท่ากับ 3.75 ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงเท่ากับ 16.88 ระดับความสามารถปานกลางเท่ากับ 15.10 ระดับความสามารถอ่อนเท่ากับ 14.38 ค่าคะแนนความก้าวหน้าที่ระดับความสามารถสูงเท่ากับ 6.38 ระดับความสามารถปานกลางเท่ากับ 8.40 ระดับความสามารถอ่อนเท่ากับ 10.63 พบว่าค่าคะแนนความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถอ่อนมีคะแนนความก้าวหน้าสูงกว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถปานกลางและนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูง

จากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เกมเข้ามามีส่วนช่วยนั้นแสดงให้เห็นว่าสามารถช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้เป็นไปในทางที่ดีขึ้นช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารเมื่อดูจากการประเมินที่ได้จากการประเมินตนเองประเมินโดยเพื่อนร่วมทีมและประเมินโดยครูผู้สอนที่มีการประเมินที่หลากหลายมุมมองจะเห็นได้ว่าผลการประเมินมีความสอดคล้องกันคือผู้เรียนมีทักษะการสื่อสารที่ดีขึ้นและผลการเรียนความเข้าใจในเนื้อหาได้มากขึ้นด้วย อีกทั้งยังทำให้บรรยากาศในห้องเรียนเป็นไปในทางที่ดีและเมื่อทำการวัดระดับความพึงพอใจของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม พบว่าความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการเรียนรู้โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้ (Game Based Learning) ในภาพรวมอยู่ในระดับมากจาก 2 อันดับแรกที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดในการใช้เกมเพื่อการเรียนรู้นั้น ลำดับที่ 1 คือกิจกรรมมีความสนุกและน่าสนใจซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.49 ลำดับที่ 2 ได้แก่ สามารถนำทักษะที่ได้ไปใช้ในชีวิตจริงและบรรยากาศของกิจกรรมเป็นกันเองและน่าเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 ± 0.92 และ 4.14 ± 0.79 ตามลำดับ สอดคล้องกับธรรมชาติและวัยของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ชอบเล่น ชอบความท้าทายหรือชอบการแข่งขันเพื่อจะได้รับคะแนนหรือบรรลุเป้าหมายอื่น ๆ ที่ต้องการ ผู้วิจัยยังมีการเสริมแรงทางบวก (Positive Reinforcement)

อาทิ การชื่นชม การให้รางวัล จึงช่วยสนับสนุนให้นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมในเกมเพื่อการเรียนรู้มากยิ่งขึ้นสอดคล้องกับทฤษฎีของ Skinner (1953) อีกทั้งยังมีบรรยากาศห้องเรียนที่เป็นกันเองทำให้นักเรียนนั้นเพลิดเพลินและพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอน

สรุปผล

จากการวิจัยเรื่องการใช้เกมเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารและความเข้าใจในการเรียน เรื่อง “ลม ฟ้า อากาศ” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ผ่านเกมมีการพัฒนาด้านทักษะการสื่อสารโดยเมื่อทำการประเมินในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยในเชิงปริมาณนั้นทำการประเมินโดยแบบวัดทักษะการสื่อสารที่ให้นักเรียนประเมินตนเองและครูผู้สอนประเมินร่วมด้วย ผลปรากฏว่าการประเมินมีทิศทางไปในทางเดียวกันหลังจากจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนมีทักษะการสื่อสารที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักเรียนมีแนวโน้มในการพัฒนาทักษาะการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นการกล้าแสดงออกมากยิ่งขึ้น การเชื่องโยงกับสิ่งใกล้ตัวและการใช้ภาษากายเพิ่มขึ้น

2. นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับ ลม ฟ้า อากาศมากขึ้น นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 8.30 ± 2.74 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.76 ± 2.95 ค่าเฉลี่ยหลังเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากค่าเฉลี่ยก่อนเรียน

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ผ่านเกม พบว่าความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ระดับมากมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.03 ± 0.43 เมื่อพิจารณารายข้อ เรียงลำดับจากมากไปน้อย มีดังนี้ ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือกิจกรรมมีความสนุกและน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.49 ส่วนที่นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด คือผู้ดำเนินกิจกรรมให้คำแนะนำได้ดี ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.92 ± 0.80

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรนำเกมใบ้คำไปทดลองใช้กับวิชาอื่นๆ โดยปรับให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารในบริบทที่หลากหลาย

1.2 ควรใช้เกมควบคู่กับเทคนิคการสอนที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์และสื่อสารความคิดของตนเองอย่างมีโครงสร้าง เช่น think–Pair–Share หรือการใช้กรอบประโยค (Sentence Frame) เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลและถ่ายทอดความคิดของตนเองได้อย่างชัดเจน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลของการใช้เกมใบ้คำกับกลุ่มนักเรียนที่มีความแตกต่างด้านความสามารถทางการสื่อสารเพื่อดูว่าผลลัพธ์แตกต่างกันหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

กัญญาวีย์ หาปูทน สุภาพร พรไตร และปาริชาติ แสนนา. (2566). *อุปสรรคในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และการพัฒนาการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบเน้นการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 25(3), 195

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 19). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงพงา สุวพิศ. (2561). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น โดยใช้เกมประกอบ เรื่อง สมบัติสาร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสขนาดกลาง อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รงคเทพ ลิ้มมณี. (2563). *การพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษโดยใช้เกมเพื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยรังสิต.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21*. มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2565). *รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2565*. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.

Baron, N. S. (2008). *Always on: Language in an online and mobile world*. Oxford University Press.

Faber, E. S. L., Colthorpe, K., Ainscough, L., & Kibedi, J. (2024). *Students' approaches to developing scientific communication skills*. Advances in Physiology Education, 48(3), 639–647.

Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. Macmillan.

Yusuf, R., Rahman, A., & Hidayat, M. (2024). *The effect of social media on the language use of teenagers in Makassar*. Journal of Indonesian Social and Humanities Studies, 8(2), 101–110.

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 1, 2026, pp. 13-28

Research Article

THE LEARNING MANAGEMENT OF THE 5Es LEARNING CYCLE AND METAVERSE VIRTUAL CLASSROOM TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT ON FLOWERING PLANT REPRODUCTION OF ELEVENTH-GRADE STUDENT

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

Received: December 23, 2025 **Revised:** February 03, 2026 **Accepted:** February 24, 2026

Lucksanawadee Srisook
ลักษณาวดี ศรีสุข

Khon Kaen Wittayayon School, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province.
Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education.
โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

Corresponding Author, **E-mail:** Luksanawadee@kkw.ac.th

Abstract

The objective of this research was to study students' learning achievement regarding of flowering plant reproduction through the implementation of the 5Es learning cycle combined with a virtual classroom (Metaverse). The study also aimed to investigate students' satisfaction with the learning management. The sample group consisted of 40 students from Room 5/13 at Khon Kaen Wittayayon School in Khon Kaen Province during the first semester of the 2024 academic year. The research instruments included five comprehensive lesson plans totaling five hours, a learning achievement test, and a student satisfaction questionnaire. The findings revealed that the developed instruments met expert evaluation criteria and were appropriate for use. After implementing the lesson plans, students' post-test scores were significantly higher than their pre-test scores at the .05 statistical level. The use of the 5Es learning cycle combined with the Metaverse virtual classroom was effective, meeting the 80/80 criterion at 81.70/83.38. Furthermore, student satisfaction with the instructional approach was at a high level.

Keywords: 5Es Learning Cycle Instruction, Flowering Plant Reproduction, Metaverse Virtual Classroom, Learning Achievement, Student Satisfaction

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง (Metaverse) และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/13 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน รวม 5 ชั่วโมง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ ผลวิจัยพบว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้น ผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ได้ เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้ ไปใช้พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง มีประสิทธิภาพผ่านตามเกณฑ์ 80/80 เท่ากับ 81.70/83.38 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es การสืบพันธุ์พืชดอก ห้องเรียนเสมือนจริง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจของนักเรียน

บทนำ

โลกยุคใหม่ให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาประเทศ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคมและการศึกษา ประเทศไทยเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) ทรัพยากรมนุษย์เป็นปัจจัยขับเคลื่อนสำคัญในการยกระดับการพัฒนาประเทศในทุกมิติพร้อมสำหรับวิถีชีวิตในศตวรรษที่ 21 ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้ให้สถานศึกษาจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 พร้อมทั้งได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กำหนดสาระการเรียนรู้เป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ สาระชีววิทยา ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

จากรายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษาโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านมาชี้ให้เห็นถึงจุดที่ควรพัฒนาในผลการประเมินคุณภาพภายในของสถานศึกษา (SAR) มาตรฐานที่ 1 ด้านคุณภาพผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการคิด ตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ยังไม่บรรลุระดับคุณภาพยอดเยี่ยมตามเป้าหมาย (โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน, 2566) และจากปัญหาในการจัดการเรียนการสอน พบว่า วิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่มีเนื้อหามาก เป็นนามธรรม ต้องท่องจำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง ค่อนข้างเข้าใจยาก ขาดสื่อการเรียนรู้ให้ศึกษาทบทวนบทเรียน มีนักเรียนป่วยด้วยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรน่า (COVID-19) เป็นจำนวนมากต้องพักรักษาตัวอยู่ที่บ้าน นักเรียนที่เป็นตัวแทนของโรงเรียนไปร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงเรียน

ระดับจังหวัด ระดับภูมิภาค และระดับชาติ ไม่ได้เรียนในห้องเรียนทำให้เรียนไม่ทันเพื่อน นักเรียนเล่นโทรศัพท์มือถือ ทำให้การเรียนรู้ไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาต่ำ

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาชีววิทยา พบว่า วัฏจักรการเรียนรู้ 5Es (กระบวนการสืบเสาะหาความรู้) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีประโยชน์มากในการพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ช่วยให้จดจำความรู้ได้นานและสามารถถ่ายโยงความรู้ ฝึกค้นคว้าด้วยตนเอง มีอิสระในการเรียนรู้ จากการศึกษาวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es พบว่า หลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก นักเรียนมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน (พจีพร ศรีแก้ว, 2560) นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (นัฏฐาภรณ์ สอนสั่ง, 2564) ห้องเรียนเสมือนจริงเป็นการจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารที่เข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อในการจัดประสบการณ์เหมือนจริงให้กับผู้เรียนให้มีปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้า สร้างบรรยากาศเหมือนจริงผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา ใช้วิธีการอ่าน การพิมพ์หรืออภิปรายตามกิจกรรมที่อยู่ในห้องเรียนเสมือนที่ครูเป็นผู้ออกแบบทั้งเนื้อหาแบบทดสอบ แหล่งข้อมูลสืบค้น สื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ ช่องทางติดต่อสื่อสาร การส่งงานที่ผู้สอนสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างรวดเร็ว จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการย่อยอาหาร พบว่าการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (ธวรรณรัตน์ นาคเครือ, 2565) วัฏจักรการเรียนรู้ 5Es (กระบวนการสืบเสาะหาความรู้) และห้องเรียนเสมือนจริงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก โดยผู้วิจัยคาดว่าจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอกได้ดียิ่งขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสื่อการเรียนการสอนได้ง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นสื่อที่จับต้องได้ เช่น ชุดอุปกรณ์แบบจำลอง สื่อออนไลน์ สื่อสไลด์ประกอบการสอนที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ PDF สื่อวิดีทัศน์ สื่อแอนิเมชัน ที่เข้าถึงได้อย่างสะดวกรวดเร็วผ่านแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น Youtube, Facebook, เกม, ทำให้ผู้เรียนมีสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายขึ้นโดยเฉพาะห้องเรียนเสมือนจริง ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทั้งในห้องเรียนและเรียนรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา จากปัญหาที่เกิดขึ้นประกอบกับการศึกษาข้อมูลข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจนำการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es (กระบวนการสืบเสาะหาความรู้) ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง มาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง โดยใช้เกณฑ์ 80/80

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง

3.เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ (5Es) ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงเรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

สมมติฐานการวิจัย

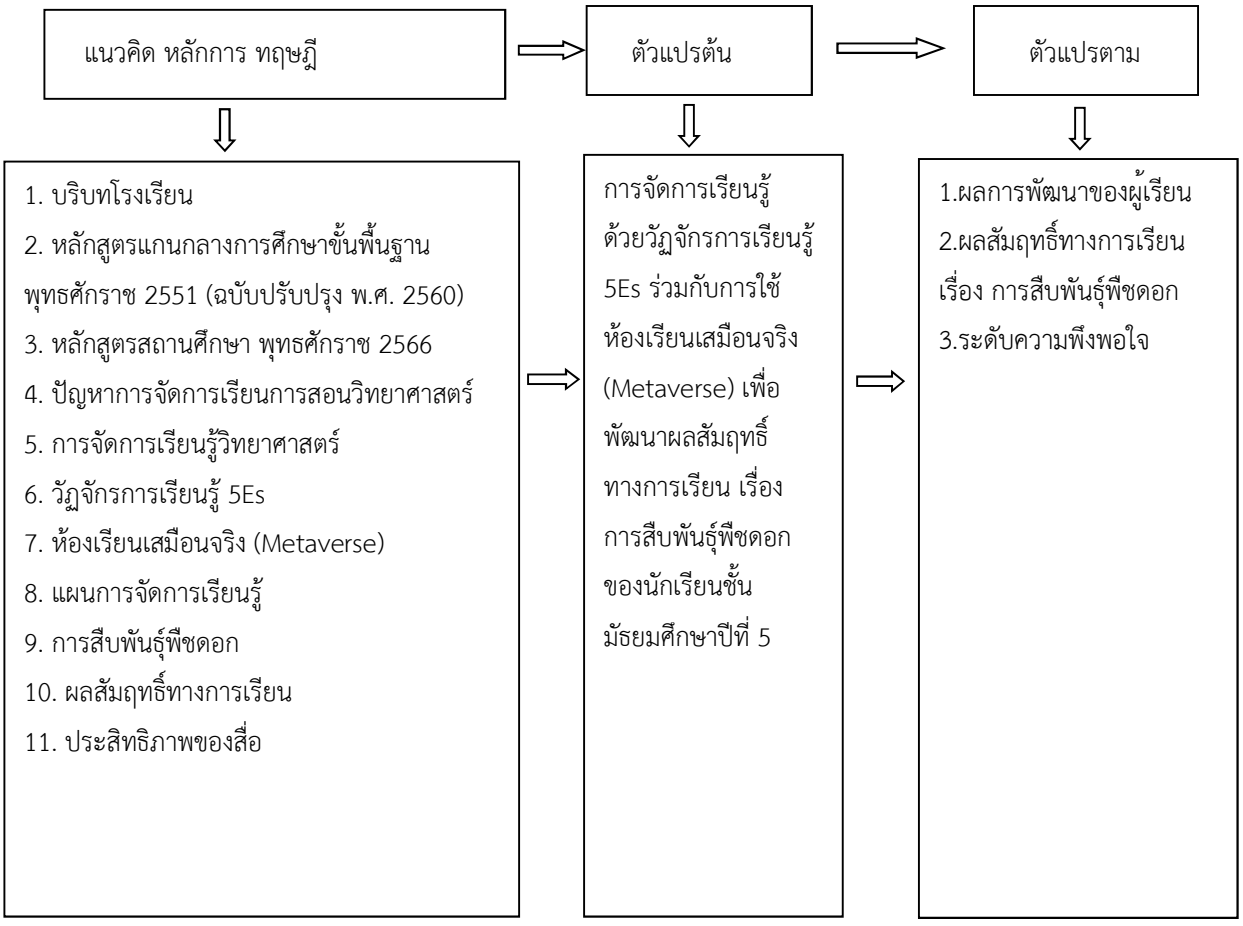
1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลการพัฒนาผู้เรียนเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีกรอบแนวคิดการวิจัย ภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1.ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 15 ห้อง รวมทั้งหมด 600 คน โดยนักเรียนทั้ง 15 ห้องเป็นนักเรียนห้องเรียนปกติคละความสามารถและทั้ง 15 ห้องมีความสามารถใกล้เคียงกัน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 13 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน

2. แบบแผนการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ดำเนินการทดลองแบบการทดลองกลุ่มเดียว (สุรวาท ทองบุ, 2550) คือ การทดลองกลุ่มเดียวที่มีการวัดผล 2 ครั้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการวิจัยแบบการทดลองกลุ่มเดียวที่มีการวัดผล 2 ครั้ง

Pre-test	Treatment	Post-test
T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยการใช้กลุ่มตัวอย่างทดลอง

T_2 หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้มีเครื่องมือทางการศึกษาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง โดยมีขั้นตอนของการสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัยแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง ได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง, 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง กระบวนการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

3.1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

แผนที่	ชื่อเรื่อง	สื่อ	จำนวนชั่วโมง
1	โครงสร้างของดอกและชนิดของผล	Metaverse, Game, WEB bio online, ใบงาน	1
2	วัฏจักรชีวิตแบบสลับของพืชดอก	Metaverse, Game, WEB bio online, ใบงาน	1
3	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก	Metaverse, Game, WEB bio online, ใบงาน	1
4	การปฏิสนธิ การเกิดผลและเมล็ด	Metaverse, Game, WEB bio online, ใบงาน	1
5	การใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของผลและเมล็ด	Metaverse, Game, WEB bio online, ใบงาน	1

3.1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงเรื่องการสืบพันธุ์พืชดอกที่สร้างขึ้นไปให้ให้ผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษาซึ่งประกอบด้วยครูชำนาญการพิเศษในวิชาที่เกี่ยวข้องในโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของสาระการเรียนรู้และพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเพื่อพิจารณาและปรับปรุงให้เหมาะสม

3.1.4 นำคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินตามรายข้อมาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของลิเคอร์ท (Likert) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยยึดเกณฑ์ตัดสินระดับคะแนนเฉลี่ย 3.51 - 5.00 มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ของบุญชม ศรีสะอาด (2554) ดังนี้

4.51 - 5.00 คะแนน มีค่าเท่ากับ มีคุณภาพและเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50 คะแนน มีค่าเท่ากับ มีคุณภาพและเหมาะสมมาก
2.51 - 3.50 คะแนน มีค่าเท่ากับ มีคุณภาพและเหมาะสมปานกลาง
1.51 - 2.50 คะแนน มีค่าเท่ากับ มีคุณภาพและเหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50 คะแนน มีค่าเท่ากับ มีคุณภาพและเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำสาระสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความความเที่ยงตรงของสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ผลการประเมินด้านผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ทุกหัวข้อย่อยอยู่ในระดับมากที่สุด ลำดับคะแนนอยู่ในช่วง 4.51 – 5.00 ยกเว้น ด้านสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและประกอบอาชีพมีความเหมาะสมระดับมาก มีคะแนนเท่ากับ 4.00 และด้านความหลากหลายของกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมระดับมากมีคะแนนเท่ากับ 4.33

3.1.5 แก้ไขตามข้อแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสร็จสมบูรณ์แล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 40 คน

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน

งานวิจัยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก เพื่อเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง โดยมีลำดับขั้นตอนวิธีการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.2.1 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือกในเนื้อหาการสืบพันธุ์พืชดอก จำนวน 30 ข้อโดยให้ครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้

3.2.2 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน ทำการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและเนื้อหาโดยมีเกณฑ์พิจารณาการให้คะแนน ดังนี้

คะแนน +1 สำหรับค่าที่แน่ใจว่าวัดตรงตามจุดประสงค์

คะแนน 0 สำหรับค่าที่ไม่แน่ใจว่าวัดตรงตามจุดประสงค์

คะแนน -1 สำหรับค่าที่แน่ใจว่าไม่วัดตรงตามจุดประสงค์

3.2.3 ผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและเนื้อหา (Item objective congruence : IOC) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ได้ค่า IOC. ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่า IOC. ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปเลือกข้อสอบไว้ทั้งหมด 25 ข้อ

3.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จำนวน 40 คน นำคะแนนที่ได้จากการตรวจข้อสอบโดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบเกินกว่าหนึ่งตัวเลือกได้ 0 คะแนน จากนั้นรวมนักเรียนแต่ละคนแล้วเรียงลำดับจากคะแนนสูงสุดไปคะแนนต่ำสุด หรือจากต่ำสุดไปสูงสุด คัดเลือกคนในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำโดยตัดกลุ่มกลางออกมาวิเคราะห์เป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยาก (p) หาค่าอำนาจจำแนก (B) โดยใช้สูตรของเบรนแนน (Brennan) บุญชม ศรีสะอาด (2554) เลือกเฉพาะข้อสอบที่มีความยาก (p) ระหว่าง 0.40 ถึง 1.00 และค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.40 ขึ้นไป โดยคัดเลือกไว้ 20 ข้อ

ผลการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบแต่ละข้อโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแบบทดสอบทุกข้อ รวม 30 ข้อ มีความตรงหรือผ่านสามารถวัดได้ตรงจุดประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาเรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และได้มีการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านนี้จำนวน 25 ข้อไปหาความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B) พบว่าแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อที่เลือกมา มีค่าความยากในช่วง 0.50 – 0.75 มีค่าผ่านเกณฑ์สามารถนำไปใช้ทดสอบนักเรียนได้และมีค่าอำนาจการจำแนกในช่วง 0.36 – 0.64 มีค่าผ่านเกณฑ์ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ทดสอบนักเรียน

3.2.5 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วและทำสำเนาเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบฉบับจริงกับนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 40 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย

3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงมีลำดับขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

3.3.1 ผู้วิจัยออกแบบข้อคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจในประเด็นด้านการจัดการเรียนรู้และด้านบรรยากาศในขณะเรียน

3.3.2 นำหัวข้อของข้อคำถามของแบบสอบถามความพึงพอใจ ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คนเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยทางการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยครูชำนาญการพิเศษ ประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามโดยการหาค่าดัชนี

ความสอดคล้องเหมาะสม (IOC) โดยมีวิธีการและเกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับเช่นเดียวกับการประเมินแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนในหัวข้อ 3.1.2 นำข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 จำนวน 7 ข้อ มาพิจารณาปรับปรุงถ้อยคำให้เหมาะสมและชัดเจนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและจัดทำเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

ผลการประเมินหา IOC ของข้อคำถามแต่ละข้อของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่าข้อคำถามทุกข้อในแบบสอบถามมีความตรงหรือผ่าน สามารถใช้วัดความพึงพอใจของนักเรียนได้ตรงจุดประสงค์ของงานวิจัย

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 สถิติพื้นฐานคือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และค่าร้อยละ (Percentage) ตามสูตรของบุญชม ศรีสะอาด (2554)

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

4.2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Item objective congruence : IOC) ตามสูตรของสมบัติ ท้ายเรือคำ (2553)

4.2.2 วิเคราะห์ข้อสอบค่าความยาก (p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายข้อคำนวณจากสูตรของบุญชม ศรีสะอาด (2554)

4.2.3 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกจากผลการสอบครั้งเดียว (B) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อตามวิธีของเบรนแนน (Brennan) โดยใช้สูตรของบุญชม ศรีสะอาด (2554)

4.3 วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพ

วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ตามเกณฑ์ 80/80 ตามสูตรการหาค่า E_1 / E_2 ของบุญชม ศรีสะอาด (2554)

4.4 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน dependent samples test คือ ข้อมูลที่วัดจากกลุ่มเดียวกันสองครั้งโดยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest- posttest) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) โดยใช้สถิติ

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

5. การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

5.1 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/13 ในคาบเรียนปกติ ของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โดยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และมีการทดสอบวัดความรู้ก่อนเรียน (pretest)

5.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง โดยมีสื่อการเรียนรู้ ห้องเรียนเสมือนจริง เกม ใบงาน จากเว็ปไซต์ Bio Online ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 5 แผน จำนวน 5 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2 และตัวอย่างการใช้สื่อในภาพที่ 2



ภาพแสดง เว็ปไซต์ Bio Online ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพแสดง ห้องเรียนเสมือนจริงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพแสดง สื่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพแสดง แนะนำวิธีใช้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพแสดง เกมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพแสดง ตัวอย่างกลุ่มนักเรียนเข้าเรียนในห้องเรียนเสมือนจริง

ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการใช้สื่อ

5.3 ในระหว่างเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน ผู้วิจัยทำการประเมินผู้เรียนด้วยใบงานและเพื่อเก็บคะแนน E1 ซึ่งเป็นค่าคะแนนร้อยละจากการทำใบงานระหว่างเรียน

5.4 ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความรู้หลังเรียน (posttest) เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและเป็นการเก็บคะแนน E2 ซึ่งเป็นค่าคะแนนร้อยละจากการทดสอบหลังเรียน

5.5 เมื่อสิ้นสุดการเรียนด้วยการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง ครบทั้ง 5 ชั่วโมงแล้ว ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก โดยให้นักเรียนให้ลำดับคะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/13 จำนวน 40 คน ด้วยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการหาคุณภาพแล้ว นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ดังนี้

6.1 การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การสืบพันธุ์พืชดอก ดำเนินการโดยหาค่าความต่างของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test dependent (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

6.3 ประเมินประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ ตามสูตรการหาค่า E1/E2 ตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีวิธีการหาค่า E ดังนี้

$$E = \frac{\left(\frac{\sum ▫}{▫}\right)}{▫} \times 100$$

เมื่อ E แทน ค่าร้อยละจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (E1) และหลังเรียน (E2)

$\sum ▫$ แทน ผลรวมคะแนนจากแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

▫ แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

▫ แทน จำนวนนักเรียน

6.4 ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก หาค่าเฉลี่ย (▫) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปรผลความพึงพอใจ โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ของลิเคิร์ท (Likert's scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2554)

ผลการวิจัย

นำเสนอผลจากการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ และการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ดังแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

การประเมิน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	$\overline{X}$	ร้อยละ
ระหว่างเรียน	40	25	817	20.43	81.70
หลังเรียน		20	667	16.68	83.38

จากตารางผลการวิเคราะห์ พบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก มีประสิทธิภาพ (E1/E2) มีค่าเท่ากับ 81.70/83.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

การทดสอบ	n	$\overline{X}$	S.D	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	40	6.23	1.91	30.11	39	0.00
หลังเรียน	40	16.68	1.21			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางผลการวิเคราะห์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 16.68 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 6.23

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก เปรียบเทียบตามเกณฑ์ของลิเคิร์ท ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก

ลำดับที่	รายการ	$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
	ด้านการจัดการเรียนรู้	4.39	0.59	มาก
1.	ลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ซับซ้อนเข้าใจง่าย	4.48	0.74	มาก
2.	การใช้ภาษาในการสื่อสารอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าใจง่ายชัดเจน	4.43	0.62	มาก
3.	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้และความเข้าใจได้ด้วยตนเอง	4.23	0.64	มาก
4.	เนื้อหามีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของตนเอง ได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน เร้าใจ ได้สาระความรู้ และน่าติดตาม เข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.48	0.50	มาก
5.	สื่อที่ใช้ประกอบการเรียนรู้มีความชัดเจนทำให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย	4.33	0.48	มาก
	ด้านบรรยากาศในการเรียน	4.32	0.58	มาก
6.	บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.35	0.54	มาก
7.	สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.30	0.62	มาก
	รวม	4.37	0.24	มาก

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก โดยเปรียบเทียบตามเกณฑ์ของลิเคิร์ท พบว่าภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

อภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก มีประสิทธิภาพ 81.70/83.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ผลการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามสมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง มีการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปฏิบัติได้จริงตามความเหมาะสมและความสนใจ มีการกำหนดรายละเอียดของกิจกรรม วิเคราะห์จุดประสงค์ของสาระการเรียนรู้ มีรูปภาพประกอบ มีสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยและหลากหลายในระบบออนไลน์ มีแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้บรรลุตามการวิจัยและมีประสิทธิภาพ มีกระบวนการวิเคราะห์และการวัดประเมินที่มีความเที่ยงตรงสอดคล้องกับหลักสูตร ซึ่งได้รับการพิสูจน์ทดสอบหรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ สอดคล้องหลักการและแนวคิดของ วรรณิภา พรหมหาราช (2564) ได้วิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับบอร์ดเกมเรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกมลาไสย ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ (E_1/E_2) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบอร์ดเกม เรื่องพันธะเคมี มีค่าเท่ากับ 77.32/83.23 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขัตติยะ โคตรถา (2565) ได้วิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออนไลน์ เรื่อง กระบวนการดำรงชีวิตของพืชเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออนไลน์ มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ชุดกิจกรรม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออนไลน์เรื่อง กระบวนการดำรงชีวิตของพืช มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และมีประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 81.11/83.53 ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 80/80 ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง ที่ทำการทดลองหาประสิทธิภาพอย่างถูกต้อง นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบพันธุ์พืชดอก ทั้งนี้ เนื้อหาสาระนี้ได้มีการจัดให้มีการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมาแล้วทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น รวมถึงเป็นไปตามทฤษฎี constructivism ที่กล่าวว่าทุกคนมีความรู้พื้นฐานเป็นของตนเอง สามารถสร้างองค์ความรู้จากความรู้พื้นฐานที่มีมาก่อนนั้นได้ วิภาวี สายที (2560) กล่าวไว้ว่า การสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนที่นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ใช้แรงจูงใจภายในตนเอง นักเรียนจะสร้างความรู้โดยการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นหรือสิ่งแวดล้อมวิธีการต่าง ๆ และฮัมดีย์ บือแน (2566) กล่าวว่า Metaverse เป็นห้องเรียนเสมือนจริงที่ช่วยจำลองโลกเสมือนจริงและสร้างสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนในรายวิชาและยังมีกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับบทเรียนบนห้องเรียนเสมือนได้ด้วยตนเองซึ่งภายในห้องเรียนเสมือนประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน การสนทนาแลกเปลี่ยนความรู้ ตลอดจนมีการเชื่อมโยงความรู้ ดังนั้นเมื่อผู้เรียนมีความรู้เดิมร่วมกับการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงเป็นสื่อเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาของนักเรียนได้ดีขึ้น การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es เป็นวิธีการจัดการเรียนที่เหมาะสมต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปประยุกต์ร่วมกับวิธีการสอนแบบอื่นได้ดี พจีพร ศรีแก้ว (2560) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (5Es) ร่วมกับเกมเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก การใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมและทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ ฮัมดีย์ บือแน (2566) ได้ศึกษาการพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเรื่อง ความน่าจะเป็น เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ความพึงพอใจของนักเรียน อยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนเรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ในระดับมากทุกหัวข้อ ผลการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้เรียนมีความสุขกับการเรียนและการทำกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้พัฒนาอย่างมีคุณภาพนั้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติทำให้ผู้เรียนได้รับการตอบสนองความต้องการทางด้านร่างกายและจิตใจสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐเดช เซ็ง (2565) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตรร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตรอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผล

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น สรุปได้ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์พืช ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการประเมินพบว่า อยู่ในระดับดีมาก แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ ผ่านการประเมินค่า IOC มีค่าความยาก (p) ในช่วง 0.50 – 0.75 สามารถนำไปใช้ทดสอบนักเรียนได้และมีค่าอำนาจการจำแนก (B) ในช่วง 0.36 – 0.64 มีค่าผ่านเกณฑ์ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ทดสอบนักเรียน

2) เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้และศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ห้องเรียนเสมือนจริง มีผลทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่อง การสืบพันธุ์พืช มากยิ่งขึ้น และจากการประเมินประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ผ่านเกณฑ์ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ พบว่ามีค่าเท่ากับ 81.70/83.38

3) การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับห้องเรียนเสมือนจริง ควรเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในขั้นตอนการสร้างอวทาร์ให้เห็นภาพการเรียนแบบห้องเรียนเสมือนจริง ความพร้อมของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อินเทอร์เน็ต แอปพลิเคชัน เพื่อประโยชน์ในการนำไปพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในเนื้อหาอื่น ๆ

1.2 ห้องเรียนเสมือนจริงควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สนุกไปกับโลกยุคใหม่ไร้พรมแดนสามารถทบทวนการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ที่มีอินเทอร์เน็ต

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษากระบวนการการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับปฏิบัติการในห้องเรียนเสมือนจริง ในเนื้อหาอื่น ๆ เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์

2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5Es ร่วมกับการใช้ชุดกิจกรรมที่มีห้องเรียนเสมือนจริง เป็นสื่อชนิดหนึ่งในชุดกิจกรรม เรื่องการสืบพันธุ์พืชดอก เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง* (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ขอนแก่นวิทยายน. (2566). *รายงานการพัฒนาคุณภาพการศึกษาโรงเรียนขอนแก่นวิทยายน ปีการศึกษา 2566.* ขอนแก่น: โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน.

ขัตติยะ โคตรถา. (2565). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ออนไลน์ เรื่องกระบวนการดำรงชีวิตของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.*

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธวรรณรัตน์ นาคเครือ. (2565). *การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ชั้นปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบให้ข้อมูลย้อนกลับร่วมกับการจัดการเรียนรู้ ด้วยห้องเรียนเสมือนจริง.* รายงานการวิจัยศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นัฏฐาภรณ์ สอนสั่ง. (2564). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พจีพร ศรีแก้ว. (2560). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้(5Es) ร่วมกับเกม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รัฐเดช เซ็ง. (2565). *การพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตรร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต การสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วรรณิภา พรหมหาราช. (2564). *การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับบอร์ดเกมเรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิภาวดี สายที. (2560). *ผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570).* https://www.nesdc.go.th

สุรวาท ทองบุ. (2550). *การวิจัยทางการศึกษา.* มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

ฮัมดีย์ บือแน. (2566). *การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็นเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต การสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 1, 2026, pp. 28-38

Research Article

ANTIFUNGAL AND ANTIBIOFILM ACTIVITIES OF ESSENTIAL OILS FROM LAMIACEAE PLANTS AGAINST *MALASSEZIA FURFUR*

ฤทธิ์ต้านเชื้อราและต้านการสร้างไบโอฟิล์มของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพราต่อเชื้อเกลื้อน

Received: December 11, 2025 **Revised:** December 25, 2025 **Accepted:** February 25, 2026

Sasichai Sangchai[1] and Weerapong Juntachai[1*]
ศศิฉาย แสงฉาย[1] และวีรพงษ์ จันทะชัย[1*]

[1]Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chaing Mai, Thailand
[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย

*Corresponding Author, E-mail: weerapong_jun@cmru.ac.th

Abstract

Malassezia furfur is a cutaneous lipophilic yeast commonly found in warm-blood animals and humans. The fungus can become pathogenic under favorable conditions and is associated with both skin disorders and bloodstream infections. The emergence of antifungal resistance underlines the need for alternative antifungals. This study aimed to evaluate the antifungal and antibiofilm activities of essential oils from three Lamiaceae plants, *Ocimum tenuiflorum*, *Vitex negundo*, and *Vitex trifolia*, against five *M. furfur* strains. The paper disc diffusion results showed that *O. tenuiflorum* essential oil (OtEO) showed the most significant inhibition zones (2.33 ± 0.33 mm). The minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration values of the OtEO were 0.0156% to 0.0625% and 0.0156% to 0.125%, respectively. At sub-MIC, all three EOs demonstrated a high inhibitory effect on fungal biofilm formation. Among these, OtEO showed the highest antibiofilm activity. Our findings suggest that among Lamiaceae essential oils *O. tenuiflorum* has potential as a natural antifungal against *Malassezia*.

Keywords: Essential oil, Lamiaceae, Antifungal, Biofilm, *Malassezia furfur*

บทคัดย่อ

Malassezia furfur หรือเชื้อเกลื้อนเป็นยีสต์ชอบไขมันที่พบได้ทั่วไปบนผิวหนังของสัตว์เลือดอุ่นและมนุษย์ เชื้อเกลื้อนสามารถก่อโรคได้ภายใต้สภาวะที่เอื้ออำนวย และเกี่ยวข้องกับโรคผิวหนังและการติดเชื้อในกระแสเลือด การอุบัติของเชื้อเกลื้อนดื้อยาต้านเชื้อราทำให้เกิดความจำเป็นในการค้นหายาต้านเชื้อราใหม่ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อราและฤทธิ์ต้านไบโอฟิล์มของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพราสามชนิด ได้แก่ กะเพรา (*Ocimum tenuiflorum*), คนทีเขมา (*Vitex negundo*), และ คนทีสอ (*Vitex trifolia*) ต่อเชื้อ *M. furfur* ห้าสายพันธุ์ จากผลการทดสอบด้วยวิธี paper disc diffusion แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา (OtEO) มีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีที่สุด โดยมีขนาดวงใสยับยั้ง 2.33 ± 0.33 มิลลิเมตร และการทดสอบด้วย microbroth dilution ให้ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อรา (MFC) อยู่ในช่วง 0.0156 ถึง 0.0625%(v/v) และ 0.0156 ถึง 0.125%(v/v) ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นต่ำกว่า MIC น้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดแสดงฤทธิ์ยับยั้งการสร้าง ไบโอฟิล์มของเชื้อราได้เป็นอย่างดี และในบรรดาน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้ OtEO แสดงฤทธิ์ต้านไบโอฟิล์มได้สูงสุด ผลการวิจัยของเราชี้ให้เห็นว่า ในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์กะเพรามีศักยภาพเป็นยาต้านเชื้อราธรรมชาติสำหรับ *Malassezia*

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย พืชวงศ์กะเพรา ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ไบโอฟิล์ม เชื้อเกลื้อน

Introduction

A lipopholic yeast *Malassezia furfur* is a member of cutaneous normal flora found on the skins of warm-blooded animals and humans. It can become an opportunistic pathogen under specific conditions that develop in several skin disorders, pityriasis versicolor, seborrheic dermatitis, and folliculitis. The yeast can also cause bloodstream infections in immunocompromised individuals or those receiving parenteral nutrition via catheters (Gaitanis et al., 2012; Saunte et al., 2020). Its ability to form biofilms is one of the fungal virulence factors. The fungal biofilm forms complex microbial communities that allow survival and protective abilities against host immune responses and increase its tolerance to antifungal agents (Sardi et al., 2014). The clinical concern of *Malassezia* spp. has grown recently due to its decreasing susceptibility to conventional antifungal agents thereby complicating treatment strategies for *Malassezia*-associated diseases (Peano et al., 2020; Leong et al., 2021).

Essential oils (EOs) from medicinal plants have potential as alternative antimicrobials due to their antimicrobial properties and natural origin. The plants in the Lamiaceae family, commonly known as the mint family (e.g., mint (*Mentha* spp.), Thai basil (*O. tenuiflorum*), hairy basil (*O. citriodorum*), lavender (*Lavandula* spp.), rosemary (*Rosmarinus officinalis*), blue salvia (*Salvia farinacea*), and oregano (*Origanum vulgare*)) have long been cultivated and used worldwide (Ramasubramania Raja, 2012). In Southeast Asia, they are used as multipurpose as herbal ingredients and folk medicine (Wannissorn et al., 2005). Notably, the Vitex and Basil plants have long been used in herbal folk medicine, recognized in many remedies, including Ayurveda, Chinese traditional medicine, and Southeast Asian traditional medicine. The plants are known for their unique fragrance due to being rich in essential oils. These oils are rich in bioactive compounds that display a broad spectrum of

pharmacological and biological activities of antimicrobial, anti- inflammatory, antioxidant, and anticancer properties (Karpinski 2020). However, regarding *Malassezia*, very few are investigated. Therefore, this study aimed to evaluate and compare the antifungal efficacy of essential oils extracted from three Lamiaceae plants, *O. tenuiflorum*, *V. negundo*, and *V. trifolia,* against *M. furfur*. The findings from this study will provide fundamental scientific data for the potential pharmacological application of *Malassezia* infection therapy

Objectives

1. To study the efficacy of essential oils from Lamiaceae plants on the inhibition of *M. furfur* growth.
2. To study the efficacy of essential oils from Lamiaceae plants on the inhibition of *M. furfur* biofilm formation.

Hypothesis

1. The essential oils from Lamiaceae plants exhibit inhibitory and fungicidal activities against *Malassezia furfur*.
2. The essential oils from Lamiaceae plants can reduce the biofilm formation of *Malassezia furfur*.

Conceptual Framework

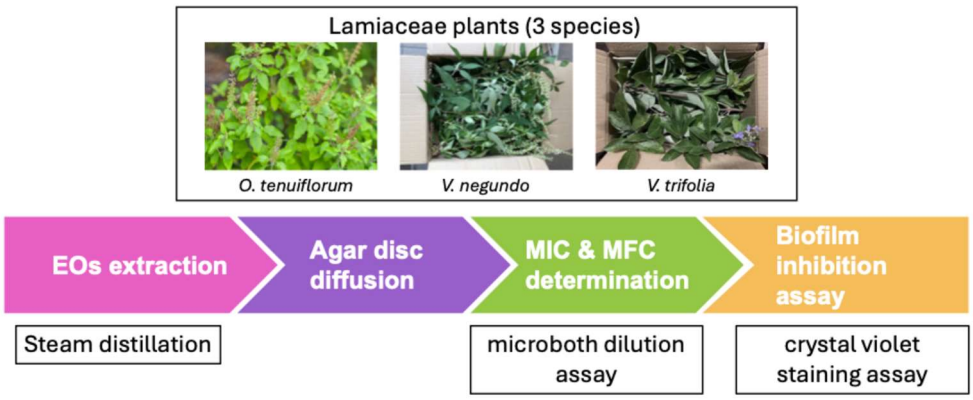


Figure 1 *An experimental design of antifungal and antibiofilm activities against M. furfur.*

Methodology

1. Essential oil extraction

Fresh plant samples of *O. tenuiflorum* were collected from Na Noi District, Nan Province, in August 2023. *V. trifolia* and *V. negundo* samples were collected from Wiang Haeng District, Chiang Mai Province, in July 2024. The leaves, stems, and flowers of the plant were washed with distilled water. The plant material was then subjected to steam distillation using a steam distillation apparatus. The steaming process was maintained

for 5 hours at 100 ± 2 °C. The essential oil was collected from the upper oil layer using an oil determination apparatus. All EOs were kept at room temperature in the dark. The herbarium specimens of the collected plants were prepared and verified by a botanist. The herbarium codes for the *O. tenuiflorum*, *V. negundo*, and *V. trifolia* specimens were PHARCOS21, GBQ 150531, and GBQ 150532, respectively. All the specimens are deposited at Queen Sirikit Botanic Garden, Mae Rim District, Chiang Mai Province.

2. Antifungal activity assessment by agar disc diffusion method

For preliminary screening of anti-Malassezia activity, M. furfur CBS 1878 was used as a representative of M. furfur. The strain was subcultured on Yeast Extract Peptone Dextrose Tween (YPDT) agar (1% yeast extract, 2% bacto peptone, 2% dextrose, and 0.5% Tween-80). The yeast was prepared by preculture in YPDT broth at 30 °C, 140 rpm for 48 hours. After incubation, the optical density (OD) of the yeast culture was measured at 600 nm using a spectrophotometer. The concentration of the cell was adjusted to an OD of 1 (approximately $2.5x10^7$ cells/ml). The prepared yeast suspension was inoculated onto the surface of YPD-Tween agar plates using a cotton swab.

For the paper disc diffusion assay, each disc contained 5 µl of the essential oil which the concentration was prepared at 5%(v/v) by dilution with dimethyl sulfoxide (DMSO). After placing paper discs onto the YPDT agar, the plates were then incubated at 30 °C for 48 hours. The clear inhibition zone of each plate was measured. Ketoconazole (0.5 µg/disc) and DMSO were used as positive control and negative control, respectively. All experiments were performed in triplicate.

3. Determination of minimal inhibitory concentration (MIC) and minimal fungicidal concentration (MFC)

The *Malassezia* strains used for this study were *M. furfur* CBS 1878, *M. furfur* CBS 6001, *M. furfur* CBS 6046, *M. furfur* CBS 7019^{NT}, and *M. furfur* CBS 9584. For the determination of MIC and MFC values, *M. furfur* cells were precultured and prepared as described above. The fungal cell concentration was adjusted to OD 0.1 with distilled water. The MIC was determined using a broth microdilution assay. Briefly, each well contained 170 µl YPDT broth, 20 µl of prepared cell suspension, and 10 µl of essential oil with a final concentration of 2-0.0039%(v/v). The microplates were incubated at 30 °C, 140 rpm for 72 hours. After the incubation 10 µl of 0.05% Resazurin (RSZ) solution was added to each well. The microplates were kept in the dark at room temperature for 12 hours. The MIC value was determined as the lowest concentration that RSZ did not change color. Consequently, 100 µL aliquots of the culture with no color change were spread onto YPDT agar plates. The plates were incubated at 30 °C for 48 hours. After incubation, fungal colonies on the YPD-Tween agar surface were observed and counted. The MFC was defined as the lowest concentration that resulted in a 99.9%**.** All experiments were performed in triplicate.

4. Evaluation of essential oil efficacy on *Malassezia furfur* biofilm inhibition

The biofilm inhibition assay was performed in a 96-well microplate. The *M. furfur* CBS 1878 inoculum (OD 1) was prepared as described above. Each well contained 15 µL of the inoculum and 135 µL of YPDT broth. The microplate was incubated at 30 °C, 120 rpm for 24 hours to allow initial biofilm formation. The supernatant with non-adhesive cells was removed, and then 190 µL of YPDT broth and 10 µL of essential oil were added

into each well. YPDT broth with and without fungal cells were used as positive and negative controls. The microplate was incubated at 30 ℃, 120 rpm for 72 hours. The medium was then discarded, and the wells were washed twice with distilled water. After that, the microplate was dried in a hot air oven at 45 ℃ for 15 minutes. The biofilms in each well were stained with 200 µL of 0.5% crystal violet solution at room temperature for 45 minutes. Afterward, the wells were washed twice with 250 µL of distilled water to remove excess stains. The stained crystal violet was destained with 250 µL of 99.5% ethanol at room temperature for 45 minutes. Finally, 200 µL of destain from each well was subsequently transferred to a new microplate. The biofilm mass was determined by the absorbance measured at a wavelength of 580 nm using a spectrophotometer. The experiment performed in triplicate The percent bifilm inhibition was calculated using the follwing fomular:

$$\% \text{ biofilm inhibition} = [(A_{control} - A_{sample})/A_{control}] \times 100$$

5. Statistical analysis

The experimental data were statistically analyzed using One-way Analysis of Variance (ANOVA) to determine significant differences between three treatment groups based on different essential oil concentrations (0.25 MIC, 0.5 MIC, 1 MIC, and 2 MICs). A p-value less than 0.05 ($p < 0.05$) was considered statistically significant.

Results

1. Agar disc diffusion assay.

The initial evaluation of the antifungal efficacy of Lamiaceae EOs was carried out using an agar disc diffusion assay. After incubation, only *O. tenuiflorum* essential oil (OtEO) demonstrated a clear zone of inhibition against *M. furfur*. In contrast, essential oils from *V. negundo* and *V. trifolia* did not exhibit any observable inhibition zones under the experimental conditions (Table 1).

Table 1

Mean ± standard deviation (SD) diameter of inhibitory zone of three Lamiaceae essential oils by Agar disc diffusion method against M. furfur CBS 1878. (ND = No detected zone of inhibitory)

sample	inhibitory zone (mm) ± SD
Ocimum tenuiflorum	2.33 ± 0.33
Vitex negundo L.	ND
Vitex trifolia L.	ND
Ketoconazole	18.56 ± 0.38

2. **Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Fungicidal Concentration (MFC) of Lamiaceae essential oils against *Malassezia furfur*.**

The antifungal efficacy of Lamiaceae EOs was further evaluated using a broth microdilution assay against five *M. furfur* strains. In contrast to the results of the disc diffusion assay, all three essential oils possessed inhibitory and fungicidal activities against *M. furfur* strains. OtEO showed the lowest MIC and MFC values across *M. furfur* strains ranging from 0.015625% to 0.0625% and from 0.0156% to 0.125%, respectively. For VnEO, the MIC and MFC values were 0.0625% to 0.25% and 0.125 to 0.5%, respectively. The VtEO showed the highest MIC and MFC values ranging from 0.5% to 2% and from 1 to 2%, respectively. Notably, the susceptibility of *M. furfur* appeared to differ among strains that *M. furfur* CBS 9584 showed the most susceptibility to Lamiaceae EOs (Table 2 and Figure 2).

Table 2

Minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration (MFC) of three Lamiaceae essential oils against five M. furfur strains.

strains	*O. tenuiflorum*		*V. negundo*		*V. trifolia*		Ketoconazole	
	MIC (%) ± SD	MFC (%) ± SD	MIC (%) ± SD	MFC (%) ± SD	MIC (%) ± SD	MFC (%) ± SD	MIC (µg/ml) ± SD	MFC (µg/ml) ± SD
M. furfur CBS 1878	0.0313 ± 0	0.0625 ± 0	0.25 ± 0	0.33 ± 0.14	2 ± 0	2 ± 0	1 ± 0	2 ± 0
M. furfur CBS 6001	0.0313 ± 0	0.0313 ± 0	0.25 ± 0	0.25 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	1 ± 0	2 ± 0
M. furfur CBS 6046	0.0156 ± 0	0.0313 ± 0	0.125 ± 0	0.25 ± 0	0.5 ± 0	1 ± 0	2 ± 0	2 ± 0
M. furfur CBS 7019^{NT}	0.0625 ± 0	0.125 ± 0	0.25 ± 0	0.5 ± 0	1 ± 0	2 ± 0	1 ± 0	1.67 ± 0.58
M. furfur CBS 9584	0.0156 ± 0	0.0156 ± 0	0.0625 ± 0	0.125 ± 0	0.5 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0

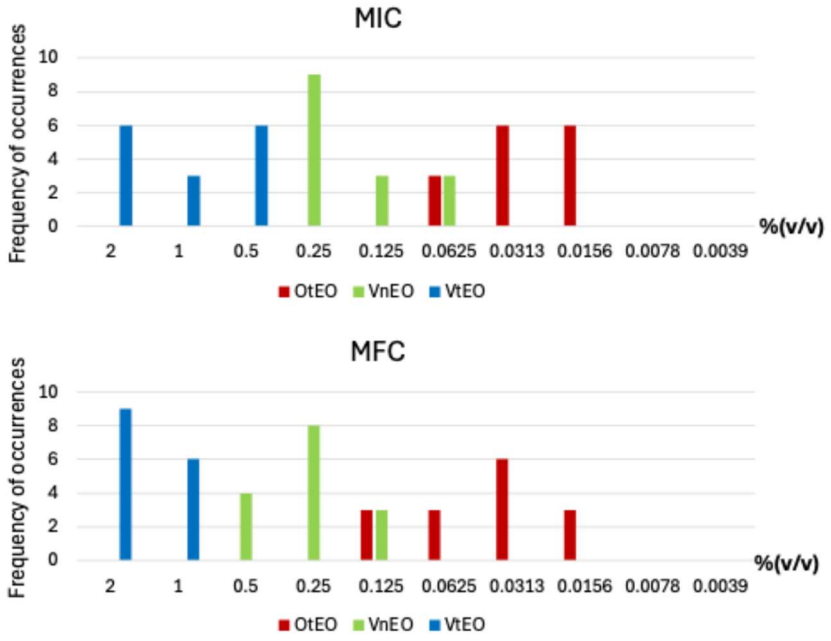


Figure 2 *The susceptibility of three Lamiaceae essential oils against five M. furfur strains expressed as the frequency of occurrences in experimental replicates.*

3. Evaluation of Antibiofilm Efficacy of Lamiaceae Essential Oil on *Malassezia furfur.*

The biofilm inhibitory efficacy of three essential oils from OtEO, VnEO, and VtEO on *M. furfur* CBS 1878 was evaluated at various concentrations based on the MIC value (0.25 MIC, 0.5 MIC, 1 MIC, and 2 MIC). The three essential oils demonstrated a high inhibitory effect on *M. furfur* biofilm formation in any tested concentrations. No statistical difference in biofilm inhibition was observed among samples when the concentration was above 0.5MIC. Interestingly, at a concentration of 0.25MIC, the biofilm inhibition of VtEO significantly decreased to 53% while other EOs remained above 80% (Figure 3).

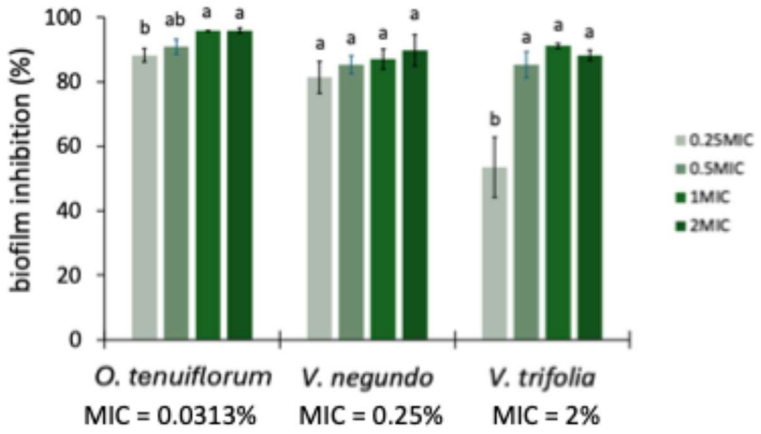


Figure 3 *Efficacy of biofilm inhibition of three Lamiaceae essential oils against M. furfur CBS 1878. Different letters above the bars indicate statistically significant difference (p<0.05) among concentrations within the same species.*

Discussions

The increasing prevalence of azole-resistant *Malassezia* strains underscores the necessity to discover novel antifungal agents. The plants belonging to Lamiaceae have long been used as folk remedies in many cultures and have potential as alternative antimicrobials. Therefore, in this study, we evaluated the antifungal and antibiofilm efficacy of essential oils extracted from three Lamiaceae herbs against *M. furfur*. The essential oils (EOs) extracted from all studied plants exhibited similar physical characteristics, characterized by a pale-yellow color and a distinctive aromatic odor. All EOs were insoluble in water but highly volatile (data not shown). The preliminary examination by agar disc diffusion showed that only OtEO exhibited a clear zone of inhibition against. In contrast, VnEO and VtEO did not show observable inhibition zones under the experimental conditions. The discrepancy in both assays may be due to the intrinsic volatility and solubility of certain essential oil components present in different EOs. The evaluation of EO via paper disc diffusion assay is difficult because if the important bioactive substances rapidly evaporate, their observable effect in the agar matrix will decrease. The results of the broth microdilution assay confirmed the antimicrobial efficacy of all three Lamiaceae EOs. The observed antifungal activity of OtEO aligns with previous studies reporting its potent inhibitory effects against *Candida* spp. and *Cryptococcus neoformans* (Amber et al., 2010; Khan et al., 2010; Powers et al., 2018).

While the growth inhibition effect against several fungal species, OtEO possesses a broad range of MIC values from extremely low concentrations of 3 µg/ml (C. guilliermondii) to very high concentrations of 10000 µg/ml (*Aspergillus* spp.). Notably, pathogenic yeast species appear to be more susceptible to OtEO compared to mold fungi (Karpinski, 2020). Intriguingly, our results indicate that *M. furfur* shows less resistance to OtEO than that of a basidiomycetous yeast, *C. neoformans*, suggesting the potential use of OtEO as an anti-

Malassezia agent. In contrast to the studies regarding *O. tenuiflorum*'s EO, the antifungal properties of EOs derived from *Vitex* species are little understood. It has been reported that Eos from *V. agnus-castus* and *V. pseudo-negundo* had strong antifungal effects against *Candida* spp (Asdadi et al., 2015; Zareshahrabadi et al., 2023). These EOs consist of pinene as the main chemical. However, in this study, VnEO and VtEO did not indicate such dominant growth inhibition on *M. furfur*. Therefore, chemical component analysis is required for the investigation of possibly different compounds that exist in these EOS.

The ability of *Malassezia* species to form biofilms is a critical virulence factor that significantly reduces susceptibility to conventional antifungals (Cannizzo et al., 2007; Figueredo et al., 2013). While some therapeutic strategies have explored monoclonal antibodies or chitosan to prevent initial adhesion (Martinez et al., 2006; Martinez et al., 2010), our findings suggest that essential oils show a potent alternative for targeting the early stages of biofilm development, similar to the previous studies (Palmeira-de-Oliveira et al., 2012; Zareshahrabadi et al., 2023). Among the Lamiaceae EOs tested, OtEO exhibited superior antibiofilm activity even at sub-inhibitory concentrations, effectively suppressing more than 90% of *M. furfur* biofilm. This high efficacy at low concentrations highlights OtEO as the most promising candidate for further development. Future investigation should be focused on identifying the specific bioactive compounds responsible for antifungal and antibiofilm properties, along with toxicity evaluations.

Conclusion

This study proves the antifungal and antibiofilm efficacy of the essential oils extracted from Lamiacea plants of *O. tenuiflorum*, *V. negundo*, and *V. trifolia* against *M. furfur* strains. Among the three EOs, OtEO exhibited the most significant anti-*Malassezia* and anti-biofilm efficacy toward *M. furfur*, while the other two EOs showed little effect. Our findings provide scientific evidence for the antifungal and antibiofilm properties of *O. tenuiflorum* as a prominent candidate for the development of novel antifungals and antibiofilm against *Malassezia*. Further investigation is required to elucidate the mode of action and identify bioactive compounds in these EOs.

Recommendations

1. The strong antifungal and antibiofilm effects of essential oil from *O. tenuiflorum* suggest its potential use as a natural active ingredient in medical or cosmetic products for managing *Malassezia*-related skin conditions.

2. The ability of essential oils to inhibit biofilm formation at sub-MIC levels provides a basis for developing new antifungal formulations targeting fungal adhesion.

3. Chemical composition analysis of the essential oils should be conducted to identify the specific bioactive compounds responsible for antifungal and antibiofilm activities.

4. Toxicity and safety evaluations in human skin cells or in vivo models should be performed to assess the suitability of these essential oils for medical or cosmetic applications.

Acknowledgements

This work was supported by the Research and Development Institute, Chiang Mai Rajabhat University, for providing the research fund [no. 24-67].

References

Amber, K., Aijaz, A., Immaculata, X., Luqman, K. A., & Nikhat, M. (2010). Anticandidal effect of *Ocimum sanctum* essential oil and its synergy with fluconazole and ketoconazole. *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, *17*(12), 921–925.

Asdadi, A., Hamdouch, A., Oukacha, A., Moutaj, R., Gharby, S., Harhar, H., El Hadek, M., Chebli, B., & Idrissi Hassani, L. M. (2015). Study on chemical analysis, antioxidant and in vitro antifungal activities of essential oil from wild *Vitex agnus-castus* L. seeds growing in area of Argan Tree of Morocco against clinical strains of *Candida* responsible for nosocomial infections. *Journal de mycologie medicale*, *25*(4), e118–e127.

Cannizzo, F. T., Eraso, E., Ezkurra, P. A., Villar-Vidal, M., Bollo, E., Castellá, G., Cabañes, F. J., Vidotto, V., & Quindós, G. (2007). Biofilm development by clinical isolates of *Malassezia pachydermatis*. *Medical mycology*, *45*(4), 357–361.

Figueredo, L. A., Cafarchia, C., & Otranto, D. (2013). Antifungal susceptibility of *Malassezia pachydermatis* biofilm. *Medical mycology*, *51*(8), 863–867.

Gaitanis, G., Magiatis, P., Hantschke, M., Bassukas, I. D., & Velegraki, A. (2012). The *Malassezia* genus in skin and systemic diseases. *Clinical microbiology reviews*, *25*(1), 106–141.

Karpinski T. M. (2020). Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. *Biomolecules*, *10*(1), 103.

Khan, A., Ahmad, A., Akhtar, F., Yousuf, S., Xess, I., Khan, L. A., & Manzoor, N. (2010). *Ocimum sanctum* essential oil and its active principles exert their antifungal activity by disrupting ergosterol biosynthesis and membrane integrity. *Research in microbiology*, *161*(10), 816–823.

Leong, C., Kit, J. C. W., Lee, S. M., Lam, Y. I., Goh, J. P. Z., Ianiri, G., & Dawson, T. L., Jr (2021). Azole resistance mechanisms in pathogenic *M. furfur*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, *65*(5), e01975-20.

Martinez, L. R., Christaki, E., & Casadevall, A. (2006). Specific antibody to *Cryptococcus neoformans* glucurunoxylomannan antagonizes antifungal drug action against cryptococcal biofilms in vitro. *The Journal of infectious diseases*, *194*(2), 261–266.

Martinez, L. R., Mihu, M. R., Tar, M., Cordero, R. J., Han, G., Friedman, A. J., Friedman, J. M., & Nosanchuk, J. D. (2010). Demonstration of antibiofilm and antifungal efficacy of chitosan against candidal biofilms, using an in vivo central venous catheter model. *The Journal of infectious diseases*, *201*(9), 1436–1440.

Palmeira-de-Oliveira, A., Gaspar, C., Palmeira-de-Oliveira, R., Silva-Dias, A., Salgueiro, L., Cavaleiro, C., Pina-Vaz, C., Martinez-de-Oliveira, J., Queiroz, J. A., & Rodrigues, A. G. (2012). The anti-Candida activity of *Thymbra capitata* essential oil: effect upon pre- formed biofilm. *Journal of ethnopharmacology*, *140*(2), 379–383.

Peano, A., Johnson, E., Chiavassa, E., Tizzani, P., Guillot, J., & Pasquetti, M. (2020). Antifungal Resistance Regarding *Malassezia pachydermatis*: Where Are We Now?. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, *6*(2), 93.

Powers, C. N., Osier, J. L., McFeeters, R. L., Brazell, C. B., Olsen, E. L., Moriarity, D. M., Satyal, P., & Setzer, W. N. (2018). Antifungal and Cytotoxic Activities of Sixty Commercially-Available Essential Oils. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *23*(7), 1549.

Ramasubramania Raja, R. (2012). Medicinally Potential Plants of Labiatae (Lamiaceae) Family: An Overview. *Research Journal of Medicinal Plants, 6*, 203-213

Sardi, J.deC., Pitangui, N.deS., Rodríguez-Arellanes, G., Taylor, M. L., Fusco-Almeida, A. M., & Mendes-Giannini, M. J. (2014). Highlights in pathogenic fungal biofilms. *Revista iberoamericana de micologia*, *31*(1), 22–29.

Saunte, D. M. L., Gaitanis, G., & Hay, R. J. (2020). *Malassezia*-Associated Skin Diseases, the Use of Diagnostics and Treatment. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, *10*, 112.

Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangchai, T., & Thubthimthed, S. (2005). Antibacterial properties of essential oils from Thai medicinal plants. *Fitoterapia*, *76*(2), 233–236.

Zareshahrabadi, Z., Saharkhiz, M. J., Izadpanah, M., Iraji, A., Emaminia, M., Motealeh, M., Khodadadi, H., & Zomorodian, K. (2023). Chemical Composition and Antifungal and Antibiofilm Effects of *Vitex pseudo-negundo* Essential Oil against Pathogenic Fungal Strains. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, *2023*, 3423440.

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 1, 2026, pp. 39-47

Research Article

COPPER CADMIUM AND ZINC ACCUMULATION IN INTERNAL ORGANS OF SHORT-BODIED MACKEREL (*Rastrelliger brachysoma*) AND SHRIMP SCAD (*Alepes djedaba*) FROM BAN BANG BO, SAMUT SONGKHRAM PROVINCE

ปริมาณทองแดง แคดเมียมและสังกะสีที่สะสมในอวัยวะภายในของปลาทู และปลาสีกุนแก้มดำจากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม

Received: January 20, 2026 **Revised:** February 16, 2026 **Accepted:** February 26, 2026

Piched Anuragudom[1] Siraprapha Premcharoen[2] Jenjira Mangchuphan[1] and Veeramol Vailikhit[1*]
พิเชษฐ อนุรักษ์อุดม[1] ศิรประภา เปรมเจริญ[2] เจนจิรา มั่งลชูพันธุ์[1] และ วีรมลล์ ไวลิขิต[1*]

[1]Sustainable Chemistry Research Unit, Department of Physical University, Kamphaeng and Material Sciences, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart -Saen, Nakhon-Pathom 73140
[2]Department of Science and Bioinnovation Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng-Saen, Nakhon-Pathom 73140
[1]หน่วยวิจัยเคมีแบบยั่งยืน ภาควิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวัสดุศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

*Corresponding Author, E-mail: veeramol.v@ku.ac.th

Abstract

The accumulation of copper (Cu), cadmium (Cd) and zinc (Zn) in the internal organs including the stomach, liver, kidney, and gonad of Short-bodied mackerel (*Rastrelliger brachysoma*) and Shrimp scad (*Alepes djedaba*) caught from Ban Bang Bo, Samut Songkhram Province, in April 2023 were analysed. A total of 12 Short mackerel and 21 Shrimp scad were collected and conducted using ICP-OES. The results revealed that Cu and Cd were most concentrated in the liver of Short mackerel, with levels of 9.27±0.01 mg/kg and 1.95±0.06 mg/kg respectively. Zn was found in the highest concentration in the gonad of Shrimp scad (209.11±0.01 mg/kg). The accumulation levels of Cu were below the standard limits. However, Cd in liver of Short Mackerel and Zn in all samples exceeded the permissible limits set by the Ministry of Public Health, the World Health Organization (WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO). The accuracy and precision of the heavy metal analysis

were validated, with a recovery percentage ranging from 87.95% to 95.36%, which falls within the acceptable range.

Keywords: Copper, Cadmium, Zinc, Short-bodied mackerel, Shrimp scad

บทคัดย่อ

ปริมาณโลหะหนักทองแดง แคดเมียม และสังกะสีที่สะสมในอวัยวะภายใน ได้แก่ กระเพาะ ตับ ไต และอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาทู (*Rastrelliger brachysoma*) และปลาสีกุนแก้มดำ (*Alepes djedaba*) ที่จับได้จากบริเวณบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนเมษายน พ.ศ.2566 จากตัวอย่างปลาทูจำนวน 12 ตัว และปลาสีกุนแก้มดำจำนวน 21 ตัว ได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค ICP-OES ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทองแดงและแคดเมียมพบมากสุดในตับปลาทู 9.27±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 1.95±0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ สังกะสีพบมากสุดในอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาสีกุนแก้มดำ (209.11±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณการสะสมของทองแดงที่ได้จากการศึกษาต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในตับปลาทูและสังกะสีในทุกตัวอย่างสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดของกระทวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลกและองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ วิธีการวิเคราะห์หาโลหะหนักนี้แสดงความถูกต้องและความแม่นยำโดยแสดงร้อยละการคืนกลับในช่วงร้อยละ 87.95-95.36 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ

คำสำคัญ: ทองแดง แคดเมียม สังกะสี ปลาทู ปลาสีกุนแก้มดำ

บทนำ

จังหวัดสมุทรสงครามเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมประมง นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยานพาหนะและอุปกรณ์ และโรงงานอุตสาหกรรมผลิตโลหะ (ชัยพฤกษ์, 2553, p. 40) อีกทั้งมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและแหล่งที่อยู่อาศัยในบริเวณนี้ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทำเกษตรกรรมและการประมง สำหรับพื้นที่บ้านบางบ่อ ตำบลบางแก้ว ประชากรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 50 มีอาชีพหลักคือการประมงชายฝั่งขนาดเล็กและจับสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในภาคอุตสาหกรรมนั้นส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการประมง ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตน้ำปลา อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (ศุภกาญจน์, 2565, pp. 4-9) เมื่อมีการทิ้งขยะกากอุตสาหกรรมอาจมีผลทำให้สารพิษและโลหะหนักปนเปื้อนในธรรมชาติ และส่งผลกระทบหลักต่อทรัพยากรชายฝั่งและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่

โลหะหนักมีโอกาสปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ในน้ำและในดินทำให้มีโอกาสที่จะพบโลหะบางชนิดในสิ่งมีชีวิตและถ่ายทอดไปยังห่วงโซ่อาหารได้ เมื่อคนได้รับโลหะหนักในปริมาณมากเกินกว่าที่ร่างกายจะกำจัดออกได้ก็จะทำให้เกิดเป็นพิษ เช่น แคดเมียมจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ ปวดกระดูก เบื่ออาหาร โลหิตจาง มีการอักเสบของระบบทางเดินหายใจและเป็นโรคอิไต-อิไต ทองแดง และสังกะสี ถึงแม้จะเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์และเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนที่ควบคุมการทำงานการเจริญเติบโต แต่หากสะสมในร่างกายมากเกินไปก็ก่อให้เกิดพิษได้ เช่น ทองแดงส่งผลให้ความดันโลหิตต่ำ ตับไม่ทำงานและอาจทำให้เสียชีวิตได้ (ธีรนาถ, 2563, pp. 77-79) สังกะสีสัมพันธ์กับการเกิดโรคติดเชื้อและสาเหตุการตายในทารกและเด็กเล็ก (สำนักโภชนาการ, 2553, pp. 1-2) เป็นต้น

ปลาเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อมนุษย์ที่อุดมไปด้วยโปรตีนสูง อีกทั้งปลายังเป็นดัชนีชีวภาพในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำจึงสามารถที่จะตรวจสอบหรือประเมินได้จากปลาที่นำมาบริโภค ซึ่งมีปัจจัยหลาย

อย่างที่มีผลต่อการดูดซึมโลหะ ได้แก่ ชนิดของปลา พฤติกรรมการกินอาหาร อายุ เพศ ขนาดของปลา และแหล่งที่ปลาอาศัย (Rajeshkumar and Li, 2018, pp.288-289)

ปลาทู (Short-bodied mackerel) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rastrelliger brachysoma* และปลาสีกุนแก้มดำ (Shrimp scad) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Alepes djedaba* เป็นปลาที่นิยมบริโภคจึงเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อภาคประมงของประเทศไทย มีการแพร่กระจายทั่วไปบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งน้ำตื้น ปลาทั้งสองเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ เช่น กรดอะมิโน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบีสองและวิตามินดี เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2561, pp. 63-71)

สำหรับการบริโภคปลาในประเทศไทยไม่เพียงแต่เนื้อปลาเท่านั้น อวัยวะภายในของปลาเช่น กระเพาะไส้ ตับ ไต ก็นิยมนำมาบริโภค เช่น การทำไตปลา ซึ่งเป็นอาหารที่นิยมทางภาคใต้ของประเทศไทยทำจากการหมักดองไส้ในของปลาซึ่งเป็นอวัยวะภายในโดยรวมหรืออวัยวะสืบพันธุ์ปลาก็ถูกนำมาบริโภคเช่นกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณทองแดง แคดเมียมและสังกะสีในอวัยวะภายในของปลา โดยแยกออกเป็นกระเพาะ ตับและไต รวมถึงอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาทูและปลาสีกุนแก้มดำ เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาครั้งนี้มาประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคปลาที่อาจมีสารปนเปื้อนจากโลหะหนักและเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการแหล่งน้ำในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักคือทองแดง แคดเมียมและสังกะสี ในอวัยวะภายในส่วนต่างๆ ของปลาทูและปลาสีกุนแก้มดำจากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม และนำผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในอาหารตามกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลก the World Health Organization (WHO) และองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ the Food and Agriculture Organization (FAO)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง

จับปลาทั้ง 2 ชนิด โดยการใช้อวนลอยจากบริเวณบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด คือปลาทู 12 ตัว และปลาสีกุนแก้มดา 21 ตัว เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาทำให้ละลายจากนั้นทำการเก็บข้อมูลโดยการ วัดขนาด ความยาวและชั่งน้ำหนัก ทำการผ่าด้วยอุปกรณ์ผ่าตัดแยกเอาอวัยวะส่วนต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์ผ่าตัด ได้แก่ กระเพาะ ตับ ไตและอวัยวะสืบพันธุ์ นำแต่ละส่วนไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105-107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำแต่ละส่วนที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.2 กรัม เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10.0 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.0 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 180.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-55 นาที ด้วยเครื่อง Microwave Digestion ยี่ห้อ Sineo รุ่น TANK ECO จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ทำการปรับปริมาตรสารละลายโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร ในน้ำปราศจากไอออนให้ได้ปริมาตรสุทธิ 50.00 มิลลิลิตร

วิเคราะห์ทองแดง แคดเมียม และสังกะสีด้วย Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) PerkinElmer รุ่น Optima2000DV โดยทำการสร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 0.012, 1.00, 2.5, 10.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ในกรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตรในน้ำปราศจากไอออน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ ทั้งนี้กราฟมาตรฐานที่ใช้ต้องมีค่า R^2 ไม่ต่ำกว่า 0.995

การวิเคราะห์ร้อยละการคืนกลับ

การวิเคราะห์ความแม่นยำของวิธีที่ใช้ทดสอบ ทำโดยการเติมสารมาตรฐานโลหะหนักลงในตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.2 กรัม จากนั้นทำการย่อยด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนของการย่อยตัวอย่างข้างต้น (ความเข้มข้นสุดท้ายของสารมาตรฐานที่ได้คือ 5.00 ppm) รายงานเป็นค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) จากค่าที่วัดได้ของความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐานและตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารมาตรฐาน โดยค่าร้อยละการคืนกลับที่ยอมรับได้คือร้อยละ 85-115 คำนวณได้จากสมการที่ 1 และค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนักแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 1

$$\text{ร้อยละการคืนกลับ} = \frac{[\text{ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐาน}]-[\text{ตัวอย่างที่ไม่เติมสารมาตรฐาน}]\times 100)}{[\text{สารมาตรฐานที่เติม}]} \qquad (1)$$

ตารางที่ 1 ค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนัก (%Recovery of heavy metals)

Heavy metals	%Recovery
Cu	87.95
Cd	90.23
Zn	95.36

ซึ่งค่าร้อยละการคืนกลับของแคดเมียม ทองแดงและสังกะสีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในช่วงของเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 88-95 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ทดสอบมีความแม่นยำ ถูกต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และมีความน่าเชื่อถือ

การวิเคราะห์ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Limit of detection (LOD))

ขีดจำกัดของการตรวจวัดโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ทำโดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ 8 สารละลายที่ไม่มีตัวอย่าง (Blank) ที่ผ่านการเตรียมเหมือนตัวอย่าง โดย LOD คำนวณได้จากสมการที่ 2 และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดโลหะหนักแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2

$$LOD = \bar{x} \pm 3(SD) \qquad (2)$$

ตารางที่ 2 กราฟมาตรฐานของโลหะหนักช่วงความเข้มข้น 0.012-10.00 ppm และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Standard curves of heavy metals in 0.012-10.00 ppm range and; LOD)

Heavy metals	λ (nm)	R^2	LOD (mg/kg)
Cu	327.393	0.998	1.02
Cd	214.440	0.995	1.12
Zn	213.857	0.995	2.02

โดยจากการวัดและคำนวณค่า LOD ของทั้งทองแดง แคดเมียมและสังกะสีตามความยาวคลื่นที่กำหนด พบว่ามีค่า LOD เท่ากับ 1.02 1.12 และ 2.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งประกาศค่ามาตรฐานองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติร่วมกับองค์การอนามัยโลกสำหรับทองแดง คือ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สังกะสี คือ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแคดเมียม 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามค่ามาตรฐานตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 414 ปี 2563

ตารางที่ 3 ค่ามาตรฐานของปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในอาหารตามมาตรฐานสาธารณสุขขององค์การอาหารและยาต่างๆ (The permissible limits set by the organizations)

Heavy metals	Limits set (mg/kg)	Organizations
Cu	30	The World Health Organization (WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO)
Cd	1	the Ministry of Public Health
Zn	50	The World Health Organization (WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตัวอย่างปลาทูจำนวน 12 ตัว น้ำหนักตัวระหว่าง 55.90-109.15 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย 77.65 กรัม ความยาวระหว่าง 16.80-19.50 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 18.30 เซนติเมตร ปลาสีกุนแก้มดำจำนวน 21 ตัว น้ำหนักตัวระหว่าง 34.40-92.10 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย 60.92 กรัม ความยาวระหว่าง 12.50-22.00 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 17.70 เซนติเมตร ค่าปริมาณโลหะที่พบจะรายงานในหน่วยของความเข้มข้น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ทองแดง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในอวัยวะภายในได้แก่ กระเพาะ (7.10±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตับ (9.27±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ไต (7.60±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของปลาทูพบว่าทองแดงมีการสะสมในตับปลาทูมากที่สุดและมากกว่าอวัยวะสืบพันธุ์ (2.94±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในทำนองเดียวกันกับปลาสีกุนแก้มดำ ได้มีการตรวจพบปริมาณทองแดงในกระเพาะ (5.37±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตับ (4.40±0.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ไต (7.65±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งมากกว่าอวัยวะสืบพันธุ์ (2.69±0.08 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 4

สำหรับมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารนั้น ในอดีตประเทศไทยได้เคยมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ถูกยกเลิกตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 ปี 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร ปี 2522 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม ปี 2563 สำหรับค่ามาตรฐานต่างประเทศ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติร่วมกับองค์การอนามัยโลกกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณทองแดงที่พบมากสุดในตับปลาทูยังคงมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

แคดเมียม

จากผลการศึกษาไม่พบปริมาณแคดเมียมในทุกตัวอย่าง (น้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ยกเว้นตับปลาทูที่ตรวจพบที่ 1.95±0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 414 ปี 2563 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน บัญชีหมายเลข 1 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดค่าปริมาณสูงสุดของแคดเมียมในปลาเฉพาะส่วนที่บริโภคได้ให้มีปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จึงควรต้องมีความระมัดระวังการบริโภคในส่วนของอวัยวะภายในปลาทู ซึ่งหากบริโภคอวัยวะภายในปลาทู เช่น แกงไตปลาหรือตับปลาทูเป็นประจำอาจทำให้เกิดโรคพิษจากแคดเมียม ที่เรียกว่า โรคอิไต อิไต นอกจากนี้ Bashir *et al*. (2013) พบว่าในตับของปลาริวกิว (*Arius thalassinus*) และปลาจวด (*Johnius belangerii*) ที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง Kaper และ Mersing ประเทศมาเลเซีย มีการสะสมแคดเมียมสูงกว่าในเหงือกและในเนื้อ ซึ่งตับเป็นอวัยวะที่อยู่ภายในช่องท้องและมีบทบาทสำคัญในขบวนการเมตาบอลิซึมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต (Site of metabolism) เนื่องจากในตับมีโปรตีน Metallothionein ทำหน้าที่ในการเก็บและกำจัดโลหะหนัก (Bashir *et al*., 2013, pp. 375-370) และภายในช่องท้องยังมีอวัยวะอื่นอีก เช่น ไต เป็นอวัยวะหลักในการสะสมแคดเมียมของสัตว์ทะเล เนื่องจากเป็นอวัยวะสำคัญที่ช่วยในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายและกระเพาะอาหารที่เป็นอวัยวะในการรับสิ่งปนเปื้อนที่มาจากอาหารที่สัตว์ทะเลกินเข้าไป ซึ่งทั้งสองอวัยวะนี้ถือเป็น Site of metabolism ของปลาทูเช่นเดียวกันและสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการสัมผัสแบบติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (Chronic exposure) ของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมได้ (Kamaruzzaman *et al*., 2010, pp. 158-159)

สังกะสี

ในอดีตประเทศไทยได้เคยมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของสังกะสีในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ถูกยกเลิกตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 ปี 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร ปี 2522 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม ปี 2563

สำหรับค่ามาตรฐานต่างประเทศ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติร่วมกับองค์การอนามัยโลก กำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของสังกะสีในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Bhupander and Mukherjee, 2011, pp. 126) เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะที่มีความจำเป็นต่อการทำงาน ของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การทำงานของเอนไซม์ ภูมิคุ้มกันโรคติดเชื้อ การสืบพันธุ์และระบบชีวประสาทที่ควบคุมพฤติกรรม เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2563, p. 3) แต่ถ้าได้รับสังกะสีมากเกินกว่า 100 มิลลิกรัม/วัน ในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของระดับคลอเลสเตอรอลเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดและถ้าได้รับมากเกินกว่า 200 มิลลิกรัม/วัน จะทำให้เกิดอาการท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ เกร็งบริเวณกล้ามเนื้อท้องและเกิดอาการผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร ทั้งนี้ในทุกตัวอย่างที่ทำการตรวจวัดพบปริมาณสังกะสีเกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 4

ทั้งนี้ปลาทูมีรูปแบบการกินอาหารเป็นพวกแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ รวมถึงลูกกุ้งและลูกปลาเช่นเดียวกับปลาสีกุนแก้มดำ ซึ่งแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารของปลาส่วนใหญ่ จะมีความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดสูงกว่าอาหารที่อยู่ตามพื้นดิน จากการศึกษาของ Burada *et al*. (2014, pp. 302) พบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบในแพลงก์ตอนจะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในแหล่งน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ในตัวอย่าง

Species	Mean ± SD in dry weight of heavy metal content (mg/kg)			
	Organs	Cu	Cd	Zn
ปลาทู *Rastrelliger brachysoma*	Stomach	7.10±0.01	ND	112.82±0.05
	Liver	9.27±0.01	1.95±0.06	94.68±0.19
	Kidney	7.60±0.01	ND	113.73±0.22
	Gonad	2.94±0.01	ND	186.52±0.28
ปลาสีกุนแก้มดำ *Alepes djedaba*	Stomach	5.37±0.01	ND	81.52±0.16
	Liver	4.40±0.07	ND	156.56±0.03
	Kidney	7.65±0.01	ND	101.92±0.04
	Gonad	2.69±0.08	ND	209.11±0.01

หมายเหตุ : ND = Not detected

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทองแดง แคดเมียมและสังกะสี ด้วยเครื่อง ICP-OES ที่สะสมในปลาทูและปลาสีกุนแก้มดำ พบว่าทองแดง แคดเมียม พบมากที่สุดในตับปลาทู (9.27±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัมและ (1.95±0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ สังกะสีพบมากสุดในอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาสีกุนแก้มดำ (209.108±0.014 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณการสะสมของทองแดงที่ได้จากการศึกษาต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในตับปลาทูและสังกะสีในทุกตัวอย่างสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดของกระทวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนัก อยู่ในช่วงร้อยละ 87.95-95.36 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์นั้นอยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือและค่า LOD ของวิธีการวิเคราะห์มีปริมาณต่ำสามารถเทียบเคียงค่ามาตรฐานที่กำหนดได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางเฝ้าระวังความปลอดภัยจากการบริโภคปลาทูและปลาสีกุนแก้มดำจากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม และช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดมาตรการควบคุมการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและผลิตภัณฑ์ประมงได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ประชาชนสามารถบริโภคปลาได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวัสดุศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณและห้องปฏิบัติการวิจัยกัญชงและกัญชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

ชัยพฤกษ์ วงศ์สุวรรณ. 2553. คุณภาพสิ่งแวดล้อม และแนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 18(4), 38-49.

ศุภกาญจน์ พงศ์ยี่หล้า. 2565. *การเปลี่ยนแปลงและการปรับตัวในการใช้ทรัพยากรชายฝั่งของชุมชนประมง ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม: มุมมองจากประวัติศาสตร์ท้องถิ่น*. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเรื่องความเปลี่ยนแปลงและการปรับตัวของชาวประมงขนาดเล็กในยุค “การปฏิรูป” การประมงของประเทศไทย: กรณีชุมชนชายฝั่ง จ. สมุทรสงคราม. ทุนอุดหนุนวิจัยคณะสังคมศาสตร์ มก. ปีงบประมาณ 2561

สำนักโภชนาการ. 2553. *ปริมาณแมกนิเซียมและสังกะสีในอาหาร*. รายงานการศึกษาวิจัยปี 2553. กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ, สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2553. 22 หน้า.

สำนักโภชนาการ. 2561. *ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย*. สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2561. 143 หน้า.

สำนักโภชนาการ. 2563. *ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563*. สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2563. 10 หน้า.

Bashir, F. H., M. S. Othman, A. G. Mazlan, S. M. Rahim and K. D. Simon. 2013. Heavy Metal Concentration in Fishes from Coastal Waters of Kapar and Mersing, Malaysia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 13 (2): 375-382.

Bhupander, K. and D. P. Mukherjee. 2011. Assessment of human health risk for Arsenic, Copper, Nickel, Mercury and Zinc in fish collected from Tropical Wetland in India. *Advances in life Science and Technology,* 2: 13-24.

Burada, A., C. M. Jopa, L. P. Georgescu, L. Teodorof, C. Nastase, D. Seceleanu-Odor, B. M. Negrea and C. Iticeacu. 2014. Heavy metal accumulation in plankton and water of fouraquatic complexes from Danube Delta area. Aquaculture, Aquarium, *Conservation& Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 7 (4): 301-310

FAO/WHO. 1984. *List of maximum levels recommended for contaminants by the Joint FAO/ WHO Codex Alimentarius Commission* (Second Series. CAC/FAL), Rome 3: 1–8. Food and drugs. KualaLumpur, Malaysia Law Publisher.

Kamaruzzaman, B. Y., M. C. Ong, S. Z. Rina and B. Joseph. 2010. Levels of Some Heavy Metals in Fishes from Pahang River Estuary, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences,* 10 (2): 157-161.

Rajeshkumar, S., and Li, X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Report*. 18(5): 288-295.

Journal of Applied Science Innovation and Materials Technology
Vol. 1, No. 1, 2026, pp. 47-57

Research Article

DEVELOPMENT OF A WEBSITE FOR MANAGING TOOL AND SPARE PARTS INFORMATION
การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่าง

Received: December 24, 2025 **Revised:** February 13, 2026 **Accepted:** March 5, 2026

Inthanon Wisutthitada[1] Natsinee Tangsiripaiboon[1*] Narathip Wongpan[1] and Warintorn Ariyawutthikorn[1]
อินทนนท์ วิสุทธิธาดา[1] ณัฐสินี ตั้งศิริไพบูลย์[1*] นราธิป วงษ์ปัน[1] และวรินทร อริยวุฒิกร[1]

[1]Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*Corresponding Author, E-mail: natsinee@lpru.ac.th

Abstract

This study presents the development of a website for managing tool and spare part information in large-scale machinery repair workshops, aiming to improve efficiency, convenience, and accuracy in data management. The system features search and filter functions, stock level notifications, data entry and editing, import-export history tracking, and detailed information display. Built with Nuxt.js for the frontend and Prisma with PostgreSQL for the backend, the platform is designed for user-friendliness and supports both desktop and mobile devices, catering to both administrators and general users. System testing was conducted with 38 participants, 34 general users and 4 experts, based in Mae Mo Subdistrict, Mae Mo District, Lampang Province. The evaluation revealed high user satisfaction, with an average score of 4.58 (S.D. = 0.42) from general users and 4.70 (S.D. = 0.37) from administrators. These results indicate that the system successfully addresses user requirements and effectively enhances the management of tools and spare parts in large-scale machinery repair operations

Keywords: Tool and spare part management, Large-scale machinery repair, Web-based system, Nuxt.js, Prisma

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับบริหารจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่ในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลให้สะดวก รวดเร็วและลดข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน ระบบประกอบด้วยฟังก์ชันการค้นหาและกรองข้อมูล การแจ้งเตือนจำนวนอะไหล่คงเหลือ การเพิ่มและแก้ไขข้อมูล การจัดการประวัติการนำเข้า–นำออก และการแสดงรายละเอียดข้อมูลอย่างครบถ้วน พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยี Nuxt.js สำหรับส่วนแสดงผลและ Prisma สำหรับเชื่อมต่อฐานข้อมูล PostgreSQL โดยออกแบบให้รองรับการใช้งานบนทั้งอุปกรณ์ Desktop และ Mobile เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ทุกกลุ่ม จากการทดสอบระบบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 38 คน แบ่งตามความต้องการเชิงหน้าที่ (Functional Requirements) 2 ประเภท ดังนี้ ผู้ใช้งานทั่วไป 34 คน และผู้เชี่ยวชาญ 4 คน ในพื้นที่ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่าผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.58 (S.D. = 0.42) และผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.70 (S.D. = 0.37) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลของอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เว็บไซต์บริหารจัดการข้อมูล เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ อะไหล่และเครื่องมือช่าง นักซ์เจเอส พริซมา

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีอู่ซ่อมรถยนต์จำนวนทั้งสิ้น 3,024 แห่ง ซึ่งเป็นตัวเลขที่น้อยกว่าจำนวนรถยนต์ที่ผลิตในปี พ.ศ. 2566 ซึ่งอยู่ที่ 1,841,663 คัน (Routers, 2025) นอกจากนี้ ยังมีการอนุญาตให้นำเข้ารถยนต์ชั่วคราวจำนวน 54 คัน จากข้อมูลดังกล่าว อู่ซ่อมรถยนต์ในประเทศไทยคิดเป็นเพียงร้อยละ 0.16 ของจำนวนรถยนต์ทั้งหมดในปี พ.ศ. 2566 แสดงให้เห็นว่าอู่ซ่อมรถยนต์ต้องเผชิญกับความท้าทายในการบริหารจัดการข้อมูลและเครื่องมืออุปกรณ์ให้เพียงพอกับจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวัน

ปัจจุบัน อู่ซ่อมรถยนต์ขนาดใหญ่ยังขาดเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล โดยมักใช้โปรแกรมสเปรดชีต เช่น โปรแกรมเอ็กเซล ซึ่งเหมาะสมกับการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนและมีปริมาณไม่มากเท่านั้น อย่างไรก็ตาม โปรแกรมดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านความปลอดภัย การทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ และความสามารถในการบริหารจัดการข้อมูลในระยะยาว ในขณะที่อู่ซ่อมขนาดใหญ่ต้องการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างชัดเจนและปลอดภัยยิ่งขึ้น ส่งผลให้การจัดเก็บ ค้นหาและเรียกใช้ข้อมูลอะไหล่หรืออุปกรณ์สามารถทำได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น (เกียรติศักดิ์ ศรีดาชาติ และวิชรินทร์ วรสุขวณิช, 2560)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและความสะดวกสบายให้กับช่างและอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ โดยเว็บไซต์จะมีฟังก์ชันสำคัญคือ ระบบค้นหาและกรองข้อมูลอะไหล่และเครื่องมืออุปกรณ์ ไอคอนแจ้งเตือนจำนวนอะไหล่คงเหลือ ปุ่มเพิ่มรายการอะไหล่และเครื่องมืออุปกรณ์ ปุ่มนำเข้าหรือนำออกอะไหล่ ระบบดูประวัติการนำเข้าและนำออก ปุ่มรายละเอียดเครื่องมืออุปกรณ์ ปุ่มแก้ไขและลบข้อมูลรายการอะไหล่และเครื่องมืออุปกรณ์ เว็บไซต์นี้จะรวบรวมข้อมูลจากการกรอกแบบฟอร์ม Google Form ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นพนักงานกองไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและพนักงานลูกจ้างในพื้นที่ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 38 คน แบ่งเป็นผู้ใช้งานทั่วไป 34 คน และผู้เชี่ยวชาญ 4 คน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ และนำไปพัฒนาต่อยอดให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่าง
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้วิธีการพัฒนาแบบ Agile โดยเน้นการทดสอบและปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้เว็บไซต์ที่มีประสิทธิภาพและตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานจริง มีหัวข้อวิธีดำเนินการวิจัยคือ

1. แนวทางและขั้นตอนการดำเนินงาน

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่างในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis) จะรวบรวมข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้งาน (ช่างและพนักงาน) ผ่านแบบสอบถามและสัมภาษณ์ และระบุฟังก์ชันหลัก เช่น การค้นหาอะไหล่ การจัดการคลังสินค้า และการแจ้งเตือนจำนวนคงเหลือ

การออกแบบระบบ (System Design) จะออกแบบฐานข้อมูลด้วย ER Diagram และออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ให้ใช้งานง่าย

การพัฒนา (Development) จะใช้เทคโนโลยี Nuxt.js 3 (Frontend) และ Prisma (จัดการฐานข้อมูล PostgreSQL) และพัฒนาฟังก์ชันหลัก เช่น ระบบค้นหาและแจ้งเตือนอะไหล่

การทดสอบ (Testing) จะทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชัน (Functional Testing) และทดสอบความพึงพอใจผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing)

2. การวิเคราะห์ระบบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยรวบรวมจากการสำรวจปัญหาหลักของผู้ใช้งาน เช่น การจัดเก็บข้อมูลไม่เป็นระบบและความล่าช้าในการค้นหาอะไหล่

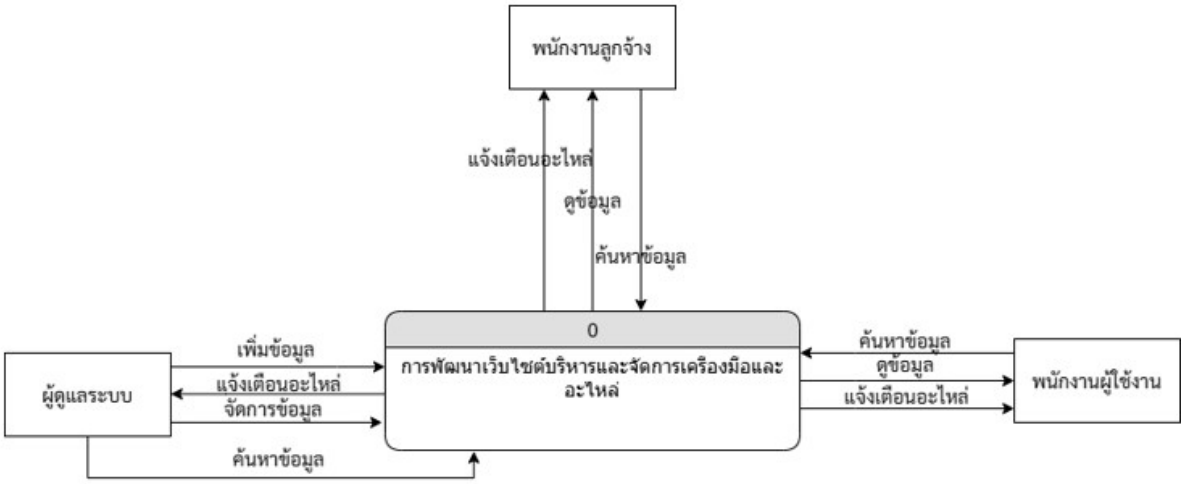
ความต้องการเชิงหน้าที่ (Functional Requirements) แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- ผู้ใช้งานทั่วไป ดูข้อมูลอะไหล่และเครื่องมือเครื่องใช้ จำนวน 34 คน
- ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูล (เพิ่ม/แก้ไข/ลบ) จำนวน 4 คน

ความต้องการที่ไม่ใช่เชิงหน้าที่ (Non-Functional Requirements)

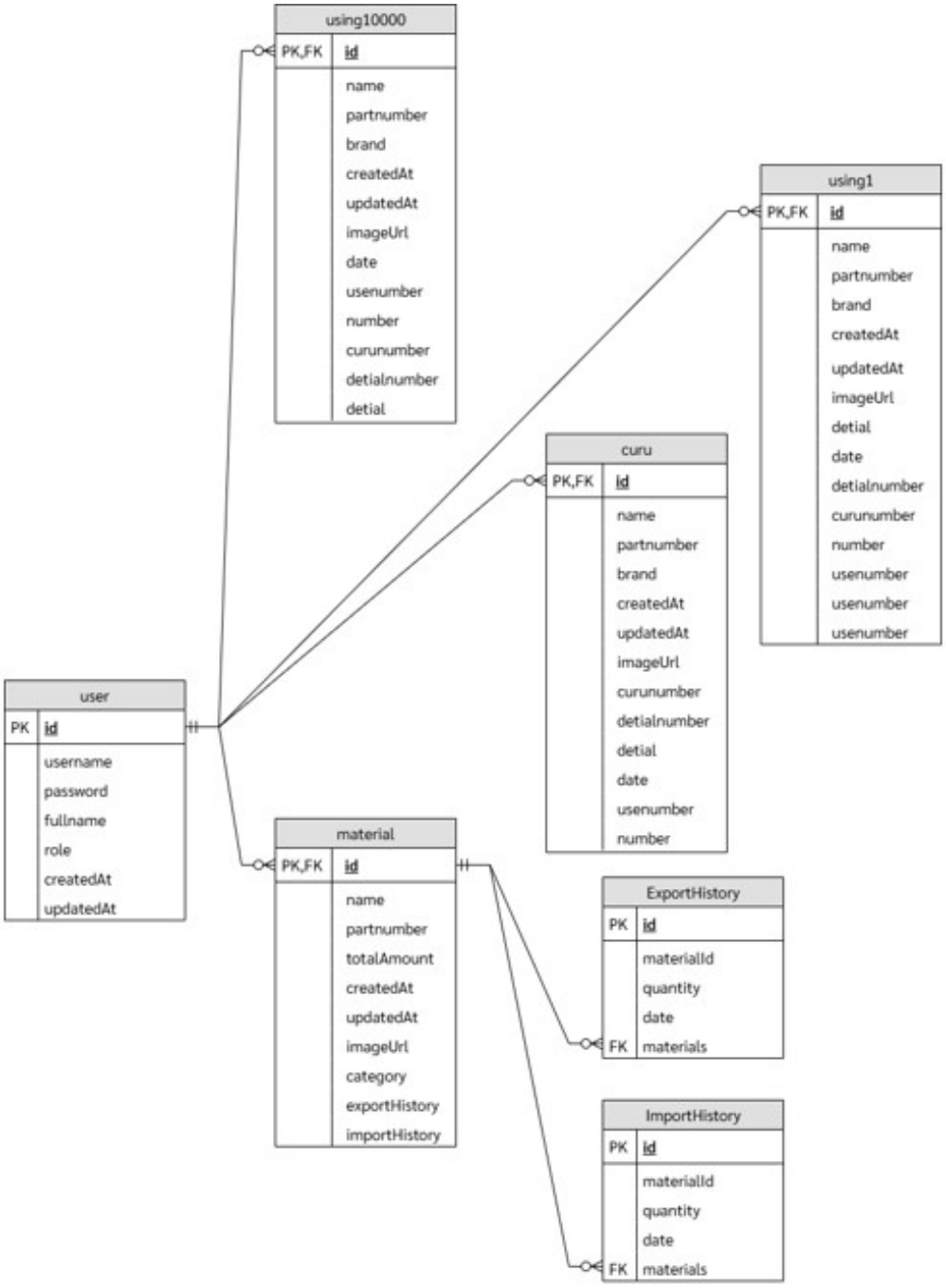
- ประสิทธิภาพ สามารถตอบสนองระบบได้อย่างรวดเร็ว
- ความปลอดภัย สามารถใช้ HTTPS และป้องกัน SQL Injection
- การใช้งาน สามารถรองรับทั้งมือถือและคอมพิวเตอร์

3. การออกแบบระบบเว็บไซต์สำหรับบริหารจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่ในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ โครงสร้างทั้งหมดจะถูกออกแบบด้วย แผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพแสดงทิศทางการไหลของข้อมูล (Dataflow Diagram) และแผนภาพโครงสร้างข้อมูล (Entity Relationship Diagram) แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) แสดงภาพรวมของการทำงานเว็บไซต์สำหรับบริหารจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่ในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

จากภาพที่ 1 เป็นแผนภาพที่นำเสนอการทำงานของเว็บไซต์ แผนภาพโครงสร้างข้อมูล (Entity Relationship Diagram) จากตารางจะแสดงให้เห็นตารางข้อมูล (Tables) ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง (Relationships) และฟิลด์ (Fields) ในรูปแบบของแผนภาพโครงสร้างข้อมูล (Entity Relationship Diagram) ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละตารางผ่านเส้นที่โยงเชื่อมผ่าน Primary key และ Foreign key แต่แผนภาพโครงสร้างข้อมูลนี้จะไม่แสดงประเภทข้อมูลของแต่ละฟิลด์ เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพโครงสร้างข้อมูล (Entity Relationship Diagram)

การออกแบบฐานข้อมูลเว็บไซต์สำหรับบริหารจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่ในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

สถาปัตยกรรมระบบ

- Frontend ใช้ Nuxt.js 3 (รองรับ Server-Side Rendering)
- Backend ใช้ Node.js และ Prisma
- ฐานข้อมูล ใช้ PostgreSQL

ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI/UX) จะออกแบบ Prototype หน้าหลัก เช่น หน้าเพิ่มรายการอะไหล่และหน้าเพิ่มครุภัณฑ์เครื่องมือเครื่องใช้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานและลูกจ้างการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ) จำนวน 38 คน

2. การประเมินผล

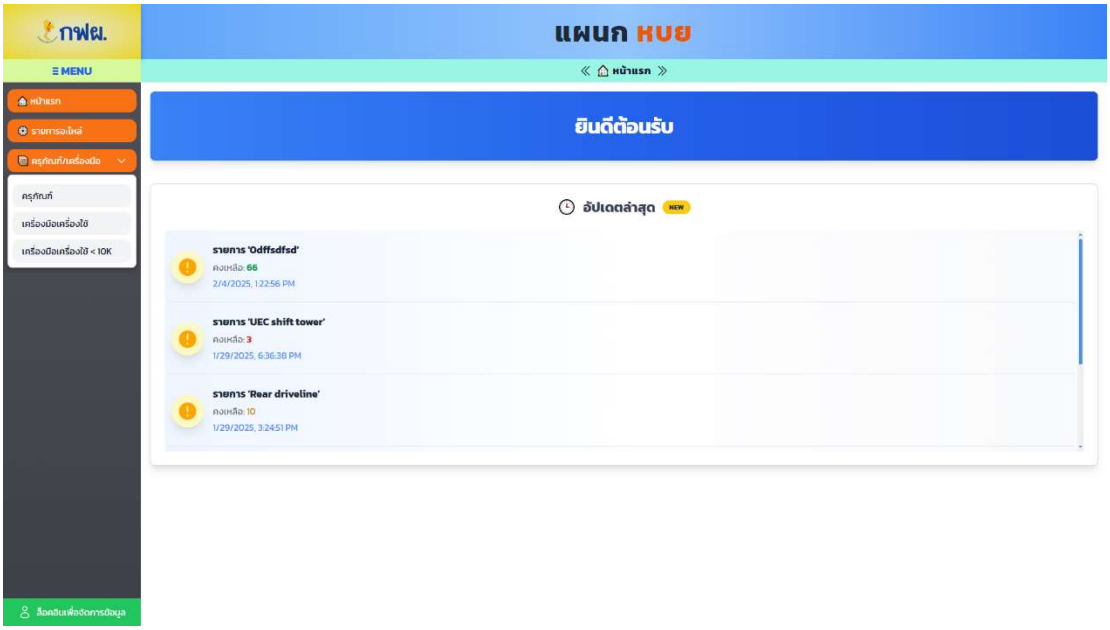
แบบสอบถาม โดยแบบสอบถามในแต่ละหัวข้อจะมีการวัดความพึงพอใจด้วยการเลือกระดับคะแนน 1–5 และเมื่อได้ผลลัพธ์ความพึงพอใจ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบ

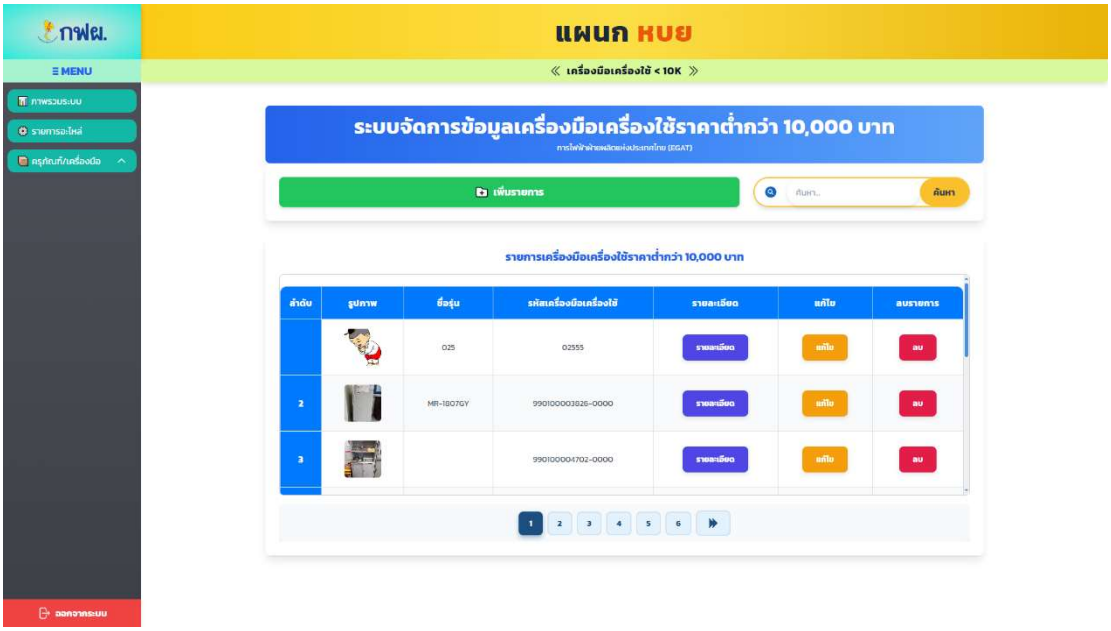
ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการดำเนินงานของการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่างที่ใช้ในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลยนต์ ซึ่งเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้อู่ซ่อมเครื่องจักรกลสามารถจัดเก็บและบริหารข้อมูลเกี่ยวกับอะไหล่และเครื่องมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการประเมินผลการใช้งานจากผู้ใช้งานจริง

ผลการดำเนินงานของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นการประเมินการใช้งานของช่างและเจ้าหน้าที่



ภาพที่ 3 หน้าแรกแสดงการอัปเดตอะไหล่

จากภาพที่ 3 จะแสดงหน้าแรกเมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่เว็บไซต์ผ่านลิงค์เว็บไซต์ มีการแสดงข้อมูลการอัปเดตรายการอะไหล่ล่าสุด มีความสามารถคือในแท็ปบาร์จะมีไอคอน (กฟผ.) และเมนู “หน้าแรก” ที่สามารถคลิกกลับมาหน้าแรก เมนู “รายการอะไหล่” ที่สามารถคลิกเพื่อไปดูรายการอะไหล่ เมนู “ครุภัณฑ์/เครื่องมือ” เมื่อคลิกจะแสดงเมนูย่อย “ครุภัณฑ์” เมื่อคลิกจะไปหน้าแสดงรายการครุภัณฑ์ เมนูย่อย “เครื่องมือเครื่องใช้” เมื่อคลิกจะไปหน้าแสดงรายการเครื่องมือเครื่องใช้ เมนูย่อย “เครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท” เมื่อคลิกจะไปหน้าแสดงรายการเครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท” และปุ่ม “ล็อคอินเพื่อจัดการข้อมูล” สามารถคลิกเพื่อไปหน้าล็อคอินได้



ภาพที่ 4 หน้าจอการจัดการเครื่องมือราคาต่ำ

จากภาพที่ 4 จะแสดงข้อมูลเครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท มีความสามารถคือมีปุ่ม “เพิ่มรายการ” ที่สามารถไปยังหน้าเพิ่มรายการเครื่องมือเครื่องใช้ได้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท คลิกปุ่ม “รายละเอียด” สามารถดูรายละเอียดลำดับที่ รหัสครุภัณฑ์หรือรหัสเครื่องมือเครื่องใช้ รหัสสินทรัพย์ รายละเอียด ยี่ห้อ รุ่น หมายเลขเครื่อง วันที่ได้รับมา และเลขใบโอนของเครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท คลิกปุ่ม “แก้ไข” สามารถแก้ไขลำดับที่ รหัสครุภัณฑ์หรือรหัสเครื่องมือเครื่องใช้ รหัสสินทรัพย์ รายละเอียด ยี่ห้อ รุ่น หมายเลขเครื่อง วันที่ได้รับมา เลขใบโอน และรูปภาพของเครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท คลิกปุ่ม “ลบ” สามารถลบรายการของเครื่องมือเครื่องใช้ราคาต่ำกว่า 10,000 บาท

2. ผลการให้คะแนนความพึงพอใจ

การเก็บผลการใช้งานเว็บไซต์โดยมี โดย ผู้ใช้งานทั่วไป (Users) จำนวน 34 คน และ ผู้ดูแลระบบ (Admins) จำนวน 4 คน มีระดับคะแนน โดยมีค่าเฉลี่ย 0 - 0.99 เท่ากับน้อยมาก ความหมายการประเมินอยู่ในระดับน้อยมาก 1 – 1.99 เท่ากับน้อย ความหมายการประเมินอยู่ในระดับน้อย 2 – 2.99 เท่ากับปานกลาง ความหมายการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง 3 - 3.99 เท่ากับมาก ความหมายการประเมินอยู่ในระดับมาก 4 - 4.99 เท่ากับมากที่สุด ความหมายการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด 5 เท่ากับดีเยี่ยม ความหมายการประเมินอยู่ในระดับดีเยี่ยม

ตารางที่ 1 ผลประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลประเมิน
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบ			
1.1 ความทันสมัย	4.5	0.58	มากที่สุด
1.2 การวางตำแหน่งของข้อมูล	4.75	0.5	มากที่สุด
2. ความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล			
2.1 ความน่าเชื่อถือ	4.5	0.58	มากที่สุด
2.2 ความรวดเร็วของข้อมูลปรากฏ	4.75	0.5	มากที่สุด

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลประเมิน
3. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการค้นหา	4.5	0.53	มากที่สุด
4. ความปลอดภัยของข้อมูล	4.25	0.87	มากที่สุด
5. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันเลือกหมวดหมู่ของรายการอะไหล่	4.5	0.58	มากที่สุด
6. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการแจ้งเตือนรายการอะไหล่	4.5	0.58	มากที่สุด
7. ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	4.5	0.58	มากที่สุด
สรุปผลประเมิน	**4.53**	**0.59**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 มีผู้ประเมินจำนวน 4 คน ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบในด้านต่าง ๆ ความสะดวกในการใช้งาน ค่าเฉลี่ยในตารางรวม 4.53 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยผู้ประเมินมีความคิดเห็นสอดคล้องกันมากที่สุดในหัวข้อการวางตำแหน่งข้อมูล (S.D. = 0.50) ในขณะที่หัวข้อความปลอดภัย มีความคิดเห็นกระจายตัวมากที่สุด (S.D. = 0.87)

ตารางที่ 2 ผลประเมินของผู้ใช้งานทั่วไป

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ผลประเมิน
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบ			
1.1 ความทันสมัย	4.65	0.49	มากที่สุด
1.2 การวางตำแหน่งของข้อมูล	4.71	0.46	มากที่สุด
2. ความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล			
2.1 ความน่าเชื่อถือ	4.35	0.65	มากที่สุด
2.2 ความรวดเร็วของการแสดงผล	4.41	0.66	มากที่สุด
3. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการค้นหาและเลือกหมวดหมู่ของรายการอะไหล่	4.81	0.39	มากที่สุด
4. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการแจ้งเตือนรายการอะไหล่	4.38	0.65	มากที่สุด
5. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการค้นหาครุภัณฑ์/เครื่องมือเครื่องใช้	4.82	0.51	มากที่สุด
6. ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	4.71	0.46	มากที่สุด
สรุปผลประเมิน	**4.6**	**0.53**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป (จำนวน 34 คน) พบว่าในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.60) เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของข้อมูล พบว่าหัวข้อการค้นหาอะไหล่ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.39 และหัวข้อความรวดเร็วของข้อมูล มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงที่สุด เท่ากับ 0.66

อภิปรายผล

การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่างในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของบุคลากร โดยเฉพาะในด้านการจัดเก็บ ค้นหา และบริหารจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ผลการพัฒนาแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ครบถ้วน โดยมีฟังก์ชันหลัก เช่น การค้นหาและกรองข้อมูลอะไหล่ การแจ้งเตือนจำนวนคงเหลือ การเพิ่ม แก้ไข และจัดการข้อมูล รายละเอียดข้อมูลที่ครบถ้วน ตลอดจนระบบบันทึกประวัติการนำเข้าและนำออกอย่างเป็นลำดับ

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดจากวิธีการจัดการข้อมูลแบบเดิม เช่น การใช้โปรแกรมเอ็กเซลหรือการบันทึกด้วยเอกสารที่ไม่มีระบบกลาง อีกทั้งยังช่วยให้เข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว ถูกต้อง และทันสมัย ส่งผลให้การทำงานของช่างในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวคิดในการพัฒนาระบบนี้อิงตามทฤษฎีระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System: MIS) ซึ่งเน้นการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน ผลการดำเนินงานสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลดา เรืองอร่าม (2565, หน้า 73) ที่พบว่าการประยุกต์ใช้แนวคิด MIS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศได้อย่างชัดเจน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าระบบมีความเหมาะสมกับบริบทของอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ และสามารถขยายผลไปใช้กับอู่ซ่อมอื่นที่มีลักษณะงานใกล้เคียงกันได้ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบูรณาการแนวคิดระบบสารสนเทศเข้ากับการออกแบบเว็บไซต์ เพื่อให้สามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานได้จริง

สรุปผล

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่างในอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ โดยใช้ Nuxt.js พัฒนาระบบจัดการหน้าบ้าน Node.js และ Prisma พัฒนาระบบจัดการหลังบ้าน และใช้ฐานข้อมูล PostgreSQL สามารถตอบโจทย์การบริหารจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านการจัดเก็บ ค้นหา และแจ้งเตือนรายการอะไหล่อย่างเป็นระบบ

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 34 คน พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้าน โดยเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ฟังก์ชันการค้นหา 4.81 และการค้นหาครุภัณฑ์ 4.82 ขณะที่ภาพรวมระบบได้คะแนนเฉลี่ย 4.71 แสดงถึงความสามารถในการใช้งานจริงอย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของผู้เชี่ยวชาญ 4 คน ให้คะแนนความพึงพอใจในระดับมากถึงมากที่สุด โดยเฉพาะด้านความสะดวกในการใช้งานและความครบถ้วนของข้อมูล 4.75 รวมถึงประสิทธิภาพของระบบโดยรวม 4.5 ซึ่งสะท้อนว่าระบบมีความมั่นคง ใช้งานง่าย และปลอดภัย

จากผลการทดสอบและประเมินผลทั้งหมด ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านประสิทธิภาพ ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ในบริบทของอู่ซ่อมอื่นๆ ที่มีลักษณะการดำเนินงานคล้ายคลึงกัน

ข้อเสนอแนะ

ในระหว่างทำการวิจัยเกี่ยวกับเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมา มีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนความพึงพอใจ เนื่องจากอู่ซ่อมเครื่องจักรขนาดใหญ่มีเอกสารเกี่ยวกับอะไหล่ ครุภัณฑ์และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ จำนวนมากต่อปี จึงควรเพิ่มระบบให้ผู้ใช้งานสามารถแนบไฟล์ข้อมูลอะไหล่ หรือคู่มือการใช้งาน เพื่อให้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น
2. การเพิ่มรายการและเมนูของเครื่องจักรขนาดใหญ่ เนื่องจากทางอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ มีเครื่องจักรขนาดใหญ่จำนวนมาก จึงควรสร้างหน้าเมนูเกี่ยวกับเครื่องจักรขนาดใหญ่ต่างๆ ให้สามารถรองรับในการหาข้อมูลมาใช้งานเครื่องจักรขนาดใหญ่เฉพาะทางสายงานได้

3. เมนูแปลงไฟล์เอกสาร เนื่องจากการส่งต่อข้อมูลให้แผนกอื่นๆ มีการใช้งานไฟล์และโปรแกรมต่างกัน จึงควรเพิ่มฟังก์ชันสำหรับการแปลงไฟล์ CSV, PDF หรือ Excel เพื่อให้สามารถนำข้อมูลออกไปใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

4. เมนูรองรับข้อมูลบาร์โค้ด เพื่อความสะดวกสบายในการนำข้อมูลของอะไหล่ ครุภัณฑ์หรือเครื่องมือเครื่องใช้ จึงควรพัฒนาระบบ สแกนบาร์โค้ด เพื่อช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลอะไหล่มีความแม่นยำและรวดเร็วขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำอันทรงคุณค่าและช่วยชี้แนะแนวทางการทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ความรู้ ความเข้าใจ และการสนับสนุนของท่านมีส่วนสำคัญ ในการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับจัดการข้อมูลเครื่องมือและอะไหล่งานช่างสำหรับอู่ซ่อมเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ พนักงานและลูกจ้างในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) โดยเฉพาะกลุ่มพนักงานเหมืองแม่เมาะในพื้นที่ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลและร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบระบบ ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านมีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงและพัฒนาระบบให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กมลดา เรืองอร่าม. (2022). *การพัฒนาและปรับปรุงระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการงานวิจัย.* มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. *13*(3), 12–18. สืบค้น จาก https://so03.tci-thaijo.org/index.php/ajpbru/article/view/261910

เกียรติศักดิ์ ศรีดาชาติ และวัชรินทร์ วรสุขวณิชย์. (2560). *ระบบการจัดการงานซ่อมบำรุง (รายงานสหกิจศึกษา).* มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

ธนกร มีประสาท และณัฐพัชญ์ ศรีราจันทร์. (2566). *การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการจัดการข้อมูลพฤติกรรมนักศึกษาระหว่างเรียน.* Journal of Applied Information Technology, 4(1), 59–72. https://so09.tcithaijo.org/index.php/jait_ssru

นภัสสร สกุลประดิษฐ์. (2560). *การจัดการสินค้าคงคลังในการผลิตและจัดจำหน่ายอาหารแช่แข็ง* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์].

ภัตรา ทรัพย์อุปการ. (2562). *ทำความรู้จักระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS) ให้ดียิ่งขึ้น.* Scimath. https://www.scimath.org/article-technology/item/10477-mis

สมเกียรติ ปุ้ยสูงเนิน. (2565). *เรื่องที่น่าสนใจจากบทความเรื่อง Postgres: a better message queue than Kafk.,* somkiat.cc. https://www.somkiat.cc/note-postgres-better-message-queue

สลักจิต สีวันนา. (2560). *การพัฒนาระบบแนะนำแบบไฮบริดสำหรับบริการในอุตสาหกรรมก่อสร้าง* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช]. http://ir.stou.ac.th/handle/123456789/328

Allotey, C. (2024). *Understanding the directory structure in Nuxt 3*. Vue School. https://vueschool.io/articles/vuejs-tutorials/understanding-the-directory-structure-in-nuxt-3/

Arenas, M., Barceló, P., Libkin, L., Martens, W., & Pieris, A. (2016). Database theory: Querying data. In *Proceedings of the 35th ACM SIGMOD-SIGACT-SIGAI Symposium on Principles of Database Systems* (pp. 1–17). https://doi.org/10.1145/2902251.2902287

Darwen, H. (2009). *An introduction to relational database theory*. Bookboon.

Hocco. (n.d.). *What is inventory management?*. https://hocco.co/th/blog/what-is-inventory-management/

Hunt, P. (2022). *Postgres: A better message queue than Kafka?*. Dagster. https://dagster.io/blog/skip-kafka-use-postgres-message-queue

Kerdmorlee, S. (2024). *Get to know Tailwind CSS*. We Stride. https://www.we-stride.com/blog/get-to-know-tailwind-css

Meeprasart, T., & Srirachan, N. (2023). Website development for student behavior data management during study. *Journal of Applied Information Technology, 4*(1), 59–72. https://so09.tcithaijo.org/index.php/jait_ssru [in Thai]

mikelopster. (2024). *How to integrate Prisma with Next.js for a blog application*. https://mikelopster.dev/posts/next-prisma/

Oke, J. K. (2009). *Management information systems* (9th ed.). Nirali Prakashan.

Polanecký, L., & Lukoszová, X. (2016). Inventory management theory: A critical review. *Littera Scripta, 9*(2), 47–59. https://littera-scripta.com/inventory-management-theory-a-critical-review

Reuters. (2025, January 28). *Thailand's car production at four-year low in 2024*. https://www.reuters.com/markets/asia/thailand-car-production-falls-1737-yy-december-2025-01-28/

USF Health Online. (n.d.). *What is database theory?*. University of South Florida. https://www.usfhealthonline.com/resources/health-informatics/what-is-database-theory/