

SCITECNSRU

PROCEEDINGS

The 5th NSRU Conference on
Science and Technology

รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ครั้งที่ 5

7 พฤษภาคม พ.ศ. 2569

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



รายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ
ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5

The Proceedings of the 5th NSRU Conference on
Science and Technology

วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2569

นำเสนอผ่านระบบออนไลน์

จัดโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารจากประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5	I
ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอบทความวิจัย KEYNOTE SPEAKER	II
“Nanoengineered Materials: Bridging Synthetic and Bio-based Approaches Perspectives on Environment, Agriculture, and Bioenergy วัสดุวิศวกรรมนาโน: การเชื่อมโยงแนวทางแบบสังเคราะห์และแบบฐานชีวภาพมุมมอง ด้านสิ่งแวดล้อม เกษตร และพลังงานชีวภาพ”	V
กำหนดการ	VII
กลุ่มบทความที่ 1 วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ทั่วไป)	1
กลุ่มบทความที่ 2 คณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการข้อมูล และการสอนคณิตศาสตร์	49
กลุ่มบทความที่ 3 วิทยาศาสตร์สุขภาพ อาหาร และสิ่งแวดล้อม	103
กลุ่มบทความที่ 4 การสอนวิทยาศาสตร์	189
กลุ่มบทความที่ 5 คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีมีเดีย	221
ภาคผนวก	
- คำสั่งคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5	
- ประกาศคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ เรื่อง ประกาศผลรางวัลบทความวิจัยดีเด่น (Best Paper Award) ในงานประชุมวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5 (The 5 th NSRU Conference on Science and Technology)	

สารจากประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5

การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ซึ่งขับเคลื่อนโดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้ดำเนินการจัดงานอย่างต่อเนื่องมาจนถึงครั้งนี้ โดยมีจุดหมายสำคัญเพื่อสร้างเครือข่ายในการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และประสบการณ์จากการวิจัยในแวดวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นเวทีที่เปิดโอกาสให้นิสิต นักศึกษา ทั้งในระดับปริญญาตรีและอุดมศึกษา ตลอดจนคณาจารย์และนักวิจัย ได้ฝึกฝนทักษะและเก็บเกี่ยวประสบการณ์ในการทำวิจัย รวมถึงการนำเสนอผลงานวิจัยสู่สาธารณะ ซึ่งการจัดงานครั้งนี้ยังคงเปิดรับบทความวิจัยใน 2 รูปแบบ คือ บทความฉบับเต็ม (Full Paper) ความยาว 8-10 หน้า และบทความเฉพาะบทคัดย่อ (Abstract) โดยมีขอบเขตเนื้อหาครอบคลุม 5 กลุ่มหลัก ได้แก่:

- กลุ่มบทความที่ 1 ด้านวิทยาศาสตร์ (ครอบคลุมสาขาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ทั่วไป)
- กลุ่มบทความที่ 2 ด้านคณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการข้อมูล และการสอนคณิตศาสตร์
- กลุ่มบทความที่ 3 ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ อาหาร และสิ่งแวดล้อม
- กลุ่มบทความที่ 4 ด้านการสอนวิทยาศาสตร์
- กลุ่มบทความที่ 5 ด้านคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีมีเดีย

ในส่วนของกระบวนการพิจารณาคุณภาพของบทความวิจัยทุกเรื่องจะได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่านจากหลากหลายสถาบัน ผ่านระบบประเมินแบบปกปิดตัวตนทั้งผู้เขียนและผู้ประเมิน (Double-Blind Peer Review) เพื่อความโปร่งใสและเป็นไปตามมาตรฐานวิชาการ ซึ่งหลังจากที่ผู้เขียนได้ปรับแก้บทความตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว จะต้องมิตัวแทนผู้เขียนอย่างน้อย 1 ท่านต่อบทความ เข้าร่วมการนำเสนอผลงานในรูปแบบปากเปล่า (Oral Presentation) ผ่านทางระบบออนไลน์ ทั้งนี้ กำหนดให้เป็นการนำเสนอแบบสดเท่านั้น โดยไม่อนุญาตให้ใช้การเปิดวิดีโอที่บันทึกไว้ล่วงหน้า ซึ่งในห้วงนำเสนอของแต่ละกลุ่มสาขา จะมีคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องอย่างน้อย 3 ท่านจากต่างสถาบัน ร่วมรับฟัง พิจารณา และให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อการพัฒนาผลงาน โดยบทความวิจัยที่ผ่านการปรับปรุงตามคำแนะนำและได้นำเสนอในงานประชุมอย่างครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในรายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ (Conference Proceedings) ฉบับนี้

ในนามของคณะกรรมการจัดงาน ขอขอบพระคุณคณะผู้ทรงคุณวุฒิ คณาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษาทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการผลักดันและเข้าร่วมการประชุมวิชาการในครั้งนี้ รวมถึงขอขอบคุณทุกภาคส่วนที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนการจัดงานด้วยดีเสมอมา จนทำให้งานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ



(อาจารย์คณินฉวี โชติพรสีมา)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประธานคณะกรรมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอบทความวิจัย

รศ.ดร.ศรัณย์ พรหมสาย	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
นางสาวธันชชา กุญแจทอง	สถานีวิจัยทับทิมวง ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.จันทนี ธีรเวชเจริญชัย	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
รศ.ดร.วราภุทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.รัตยาภรณ์ โพธิ์ใต้	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
อาจารย์ ดร.เกศินี เอี่ยมสะอาด	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
อาจารย์ ดร.สุจิตตรา อินมะณี	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา
อาจารย์ณัฐวดี พยัคคิน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
อาจารย์สุริยงค์ ประชาเขียว	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์วันชนะ จুবรรจง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
อาจารย์สุภัทรา สิริสถิรสุนทร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผศ.ดร.ปกรณ จันทน์อินทร์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
อาจารย์ ดร.ศิริจรรยา จันทน์มี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก
อาจารย์ ดร.นิภาพร ช่วยธานี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.อนงค์นาฏ คุรุณรัมย์	โรงเรียนเมืงตลุงพิทยาสรรพ์
อาจารย์ ดร.โกมินทร์ บุญชู	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผศ.ดร.จิราภรณ์ ปาลี	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อาจารย์ ดร.อ้อมหทัย ดีแท้	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผศ.สัญญา พันธุ์แพง	วิทยาลัยแม่ฮ่องสอน
อาจารย์ภัทรมน พันธุ์แพง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตแม่ฮ่องสอน
ผศ.ดร.สุรชาติ บัวชุม	วิทยาลัยแม่ฮ่องสอน
ผศ.ดร.ภัทรมน กล้าอาษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ วิทยาเขตแม่ฮ่องสอน
ผศ.ดร.ภาวิณี เทียมดี	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
อาจารย์ดวงกมล แสงธีรกิจ	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
อาจารย์มนัสวี สีดาจันทร์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
อาจารย์ ดร.นันทรักษ์ รอดเกตุ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผศ.ดร.อาทิตย์ หู้เต็ม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผศ.ดร.ปาวลี ศรีสุขสมวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผศ.ณัฐพร สนเฟือก	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผศ.ดร.วรพจน์ ทำเนียบ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
ผศ.ดร.ชวณพิศ จารัตน์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
ผศ.ดร.สุภาพร พงศ์ธรรพฤกษ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
อาจารย์พิภพ มณีจันทวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
รศ.ดร.ชลดา เดชาเกียรติไกร ธีรการุณวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
รศ.ดร.นันทวุฒิ นิยมวงศ์	วิทยาลัยน่าน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
รศ.ดร.อรสา เตดีวัฒน์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ณัฐภัทร ศิริคง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.เรณู อยู่เจริญ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.ชนกานต์ สุกุลแถว	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.ดุขฎิ คำบุญเรือง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.นาวิระมัย รัตนสัมฤทธิ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.ฤทัยรัตน์ โพธิ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.พันธ์ระวี หมวดศรี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ผศ.วรชนันท์ ชูทอง

อาจารย์ ดร.ปนัดดา สิทธิเขตรกรณ์

อาจารย์ ดร.พีรพัฒน์ คำเกิด

อาจารย์ ดร.รุ่งรัตติกาล ม่วงไหม

อาจารย์รังสิตา จันทร์หอม

อาจารย์เอกวิทย์ สิทธิวัช

อาจารย์กฤษณะ ชุมเพชร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

KEYNOTE SPEAKER

Nanoengineered Materials: Bridging Synthetic and Bio-based Approaches Perspectives on Environment, Agriculture, and Bioenergy

วัสดุวิศวกรรมนาโน: การเชื่อมโยงแนวทางแบบสังเคราะห์และแบบฐานชีวภาพ
มุมมองด้านสิ่งแวดล้อม เกษตร และพลังงานชีวภาพ



รศ.ดร.ชลดา เดชาเกียรติไกร อธิการุณวงศ์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร

ความเชี่ยวชาญและงานที่สนใจ

งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาด้านเคมีนาโน ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานในการสังเคราะห์วัสดุนาโน การดัดแปรพื้นผิว และการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะ เพื่อประยุกต์ใช้ในด้านเคมี สิ่งแวดล้อม และพลังงาน โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงและวัสดุดูดซับในการบำบัดมลพิษในน้ำ ดิน และอากาศ รวมถึงการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากชีวมวล นอกจากนี้ ยังได้บูรณาการสู่ภาคเกษตรกรรมด้วยการพัฒนาแนวทางการสังเคราะห์วัสดุนาโนจากโคโคไธซาน เพื่อเป็นนวัตกรรมทางเลือกที่ยั่งยืนในการปกป้องพืชผลและรับมือกับวิกฤตการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ประสบการณ์สอน

- 2551 - ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ประสบการณ์ด้านวิชาการ

- 2550 Visiting Fellow
School of Chemistry and Chemical Engineering, SJTU, China
- 2548 - 2550 Visiting Fellow
Intelligent Polymer Research Institute (IPRI), UOW, Australia

ประสบการณ์บริหาร

- 2566 - ปัจจุบัน หัวหน้ากลุ่มงานหัวหน้าศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ วิถีชีวิตและภูมิปัญญาท้องถิ่น
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
- 2563 - ปัจจุบัน บรรณาธิการวารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครสวรรค์
- 2561 - 2565 หัวหน้าสาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

รางวัลที่ได้รับ

นักวิจัยดีเด่น "ราชภัฏวิจัยครั้งที่ 6" โดยได้รับโล่รางวัลพระราชทานประกาศนียบัตรยกย่องเชิดชูเกียรตินักวิจัย
ประจำปี พ.ศ. 2563 จัดโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

กำหนดการ**งานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5
(The 5th NSRU Conference on Science and Technology)****วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2569****รูปแบบออนไลน์ ผ่าน Google Meet**

เวลา	กิจกรรม
08.30 – 08.45 น.	ลงทะเบียน
08.45 – 09.00 น.	พิธีเปิดการประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดย อาจารย์คณินณัฐ โขติพรสีมา คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
09.00 – 10.00 น.	การบรรยายพิเศษ หัวข้อ “Nanoengineered Materials: Bridging Synthetic and Bio-based Approaches Perspectives on Environment, Agriculture, and Bioenergy วัสดุวิศวกรรมนาโน: การเชื่อมโยงแนวทางแบบสังเคราะห์และแบบฐานชีวภาพมุมมองด้านสิ่งแวดล้อม เกษตร และพลังงานชีวภาพ” โดย รศ.ดร.ชลดา เตชะเกียรติไกร ธีรการุณวงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
10.00 – 12.00 น.	นำเสนอบทความวิจัย (ช่วงเช้า)
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 16.00 น.	นำเสนอบทความวิจัย (ช่วงบ่าย)

กลุ่มบทความที่ 1 วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ทั่วไป)

บทความวิจัย		หน้า
TRK1-001	การศึกษาประสิทธิภาพของระบบวัดการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้ระบบอาตูดูโน่ร่วมกับเซนเซอร์เทียบกับเครื่องมือในห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ปิยมณ คำดีรักษ์ และดุชฎี คำบุญเรือง	1
TRK1-003	การศึกษาการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมABS/PC โดยใช้วิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 เบญจศิลป์ เปลี่ยนสันเทียะ, เอวา บินหมัด, ทัดพิชา ถาดินแก้ว, รุจี ราชเจริญ และนภดล แซ่มซ้อย	3
TRK1-004	ผลของระดับความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดกินได้ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงในห้องทดลอง ธัญลักษณ์ ใจป้อม, ธนภฤต ใจภักดิ์, มนต์รินทร์ เรืองจิตต์ และธนวุฒิ พรหมบุญชาชัย	14
TRK1-005	การพัฒนาและศึกษาสมบัติของวัสดุผสมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากขยะพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง เสริมแรงด้วยขี้เลื่อย กิตติพงศ์ บุรินทร์ประโคน, นภดล ช่างเกวียน และบุปผชาติ ต่อบุญสูง	24
TRK1-007	การคัดแยกแบคทีเรียกลุ่ม Bacillus ที่ผลิตกรดอินโดล-3-อะซิดิกจากดินรอบรากต้นกระตุม ทองเลื้อย (Wedelia trilobata (L.) Hitchc) และผลต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า (Capsicum annuum L. var. acuminatum Fingerh) ธนภฤต ใจภักดิ์, ธัญลักษณ์ ใจป้อม, ฐิติปวีณ์ แซ่หลี่ และธนวุฒิ พรหมบุญชาชัย	26
TRK1-008	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด จากรูปแบบการบินในแอปพลิเคชันต่าง ๆ ธนกร ทองกลิ่น, ไอลดา ศรีจันทร์กลัด, ณัฐภัทร หอมชื่นจิตร และมาโนชญ์ แสงศิริ	36

กลุ่มบทความที่ 2 คณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการข้อมูล และการสอนคณิตศาสตร์

TRK2-001	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดตารางสอบ โดยใช้ตัวแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็มและปัญญาประดิษฐ์ วรเวทย์ ลีลาอภิรดี	49
TRK2-002	แบบจำลองปฏิสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 และความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพมหานครด้วยพลวัตผู้ล่า-เหยื่อ วัศพล แสงเจริญถาวร, อธิเทพ นวาระสุจิตร และศิริลักษณ์ เรืองรุ่งโรจน์	51
TRK2-004	การพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง : กรณีศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ทศพล พรหมท้าว และกริช สมกันธา	53

บทความวิจัย		หน้า
TRK2-005	ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ภาณุภา จันทร์โกมล, สุพัตรา จารีย์, กัญญากร ฮอโลเฮง, เมธิยา แยมเจริญกิจ และกนกรัตน์ จิรสีจจานุกูล	62
TRK2-006	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ฐาปนพงศ์ แต่มครุ, ณัฐภัทร หอมชื่นจิตร, ภูธิป นาคจันทร์ และมาโนชญ์ แสงศิริ	72
TRK2-007	ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด รอฮานา สะแม, สุวรรณิ เปลี่ยมรัมย์ และเกษม เปรมประยูร	83
TRK2-008	การจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนของผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล : กรณีศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรธานี ธนวัชร คำสิทธิบรรณ และกริช สมกันธา	93
กลุ่มบทความที่ 3 วิทยาศาสตร์สุขภาพ อาหาร และสิ่งแวดล้อม		
TRK3-002	การเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ นันทน์ภัส พุกอูต, ปรมารณ สุขวิถิ, โรจนศักดิ์ สุขเรือง และมาโนชญ์ แสงศิริ	103
TRK3-003	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า กิตติพิศ บุญยัง, ณัฐชญา สีหามาต, นพิชฐา บุญประสพ, พสุมนต์ เมืองทอง, ลลิตรัตน์ รสมาลา, โรจนศักดิ์ สุขเรือง และมาโนชญ์ แสงศิริ	117
TRK3-005	คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของซอสบาร์บีคิวที่มีการทดแทนขอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด จุฬารณณ์ ลิ้มสุวรรณมณี และวรารินทร์ คงแก้ว	127
TRK3-006	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคคตัส กรณีศึกษาสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จินต์จตุร ชำทอง, กาญจนา แซ่มบริสุทธิ์ และจิตติมา ใจบำรุง	137
TRK3-007	การพัฒนาชุดกรองน้ำโดยใช้กากมะพร้าวและถ่านกัมมันต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภคเบื้องต้น บัณฑิตภักธ พิทักษ์, สุภัตสร ศรีเรืองพันธ์, อนุชญา บุญสาร และมาโนชญ์ แสงศิริ	147
TRK3-008	การพัฒนาแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจิเฟอร์ในใบมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ เมธพร ศรีสุข, อภิสรา สีท่ามี, โรจนศักดิ์ สุขเรือง และมาโนชญ์ แสงศิริ	162

บทความวิจัย		หน้า
TRK3-009	<p>การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง</p> <p>ศเชนพงษ์ สุ่มเจริญ, ภาณุวัฒน์ ปอสิงห์, พิษญาภา หลวงแสนเชือก, ณัชชา สิงห์วี, โรจนศักดิ์ สุขเรือง และมาโนชญ์ แสงศิริ</p>	173
กลุ่มบทความที่ 4 การสอนวิทยาศาสตร์		
TRK4-001	<p>การพัฒนาและศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) เพื่อสร้างเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3</p> <p>เบญจมาศ นวลอนงค์, กาญจนา ตั่วงศ์ษา, จานทองบุญ กลมมา และอัจฉรา ชื่นใจ</p>	189
TRK4-002	<p>การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การจำแนกสัตว์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ร่วมกับบอร์ดเกม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4</p> <p>นภาพรณ์ อุชี และศักดิ์ศรี สืบสิงห์</p>	200
TRK4-003	<p>การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5</p> <p>จิตทยา ใจมั่น</p>	209
กลุ่มบทความที่ 5 คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีมัลติมีเดีย		
TRK5-001	<p>ผลของการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4</p> <p>โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง</p> <p>ฐิติพงศ์ มิ่งเชื้อ</p>	221
TRK5-003	<p>การออกแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ</p> <p>ปฏิพัทธ์ ทองเทศ, คมกฤษ จิระบุตร และภาณุพันธ์ จิตคำ</p>	231
TRK5-004	<p>การพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน</p> <p>สรอรรถ ดันโพธิ์, ไกล่รุ่ง เครือคำ, ธนวิชญ์ ตั้งแสน, ฤกษ์ฤทธิ์ ดวงแสง, ชีรเดช กางกัน, พีรพัฒน์ รอยศรี, กวิสรุา โกษาผล และนิภาวรรณ งอกสุข</p>	243
TRK5-005	<p>การพัฒนาเว็บไซต์ระบบตรวจสอบเบอร์แบล็กลิสต์</p> <p>จักรพงษ์ ดวงอุปะ</p>	254
TRK5-006	<p>พัฒนาเว็บขายของสะสมเกี่ยวกับวงดนตรี</p> <p>กรรชัย สิ้นเอี่ยม, ศุภกิจ บุญชื่น และศุภชัย คนเที่ยง</p>	261

บทความวิจัย		หน้า
TRK5-008	ระบบควบคุมออกซิเจนและให้อาหารปลาอัตโนมัติ ภูวเดช ลอยลอม, ภาวัต ฉิมเล็ก, ศุภชัย คนเที่ยง, พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา, ธงรบ อักษร และไพฑูรย์ จิว์ทั้ง	269
TRK5-009	การพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ณภัทร วงค์มะณี และรติวัฒน์ ปารีศรี	278
TRK5-010	การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่องความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ พงศธร สังข์จันทร์, ศุภพล แก้วแสน และธนพงศ์ นิตยะประภา	288
TRK5-011	การออกแบบและพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox อนุชา นิมิตร, อติเทพ แซ่ตัน และสมใจ จิตค่านิ่งสุข	299
TRK5-012	การพัฒนาเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยาแบบวนลูปด้วย Unreal Engine 5: กรณีศึกษาสวนหลวง ร.9 ภูเก็ต ธนวัฒน์ โยมสิน, พิธา จารุพูนผล และภกร หล่มมณี	310

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบวัดการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้ระบบอาดัวโนร่วมกับเซนเซอร์เทียบ กับเครื่องมือในห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

A Study of the Performance of a Simple Harmonic Motion Measurement System Using Arduino Compared to Standard Laboratory Instruments

ปิยมน คำศิริกษ์¹ และดุซฎีกา คำบุญเรือง^{1*}

Piyamon Khamdirak¹ and Dusadee Khamboonrueang^{1*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อำเภอเมืองนครสวรรค์
จังหวัดนครสวรรค์ 60000, dusadee.k@nsru.ac.th

¹ Major of Physics and General Science, Department of Science, Faculty of Science and Technology,

Nakhon Sawan Rajabhat University, Mueang Nakhon Sawan District, Nakhon Sawan, Thailand 60000, dusadee.k@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบวัดการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่ายโดยใช้อาดัวโน อาร์โพร (Arduino Uno R4) เปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ทั่วไป การทดลองนี้จะใช้ระบบสปริง-มวลเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยวัดระยะยืดของสปริงเมื่อแขวนมวลขนาด 150, 250, 350, 450 และ 550 กรัม และสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาค่าคงที่สปริง (k) จากนั้นวัดเวลาในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของมวลจำนวน 20 รอบ เพื่อนำไปคำนวณหาคาบ (T) และหาค่าคงที่สปริงจากความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับมวล ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบอาดัวโนที่ทำงานร่วมกับอัลตราโซนิกเซนเซอร์สำหรับวัดระยะยืด และอินฟราเรดเซนเซอร์สำหรับวัดเวลา โดยทำการทดลองซ้ำ 5 ชุด และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแม่นยำและความเที่ยงตรง ผลการศึกษาพบว่า ค่าคงที่สปริงเฉลี่ยจากกราฟความสัมพันธ์ของระยะยืดกับมวล เท่ากับ 25.440 นิวตันต่อเมตร สำหรับเครื่องมือมาตรฐาน และ 25.034 นิวตันต่อเมตร สำหรับระบบอาดัวโน (ความแตกต่างร้อยละ 1.612) ส่วนกราฟความสัมพันธ์ของคาบ-มวล ให้ค่า 25.177 และ 25.261 นิวตันต่อเมตร ตามลำดับ (ความแตกต่างร้อยละ 0.452) แสดงให้เห็นว่าระบบอาดัวโนให้ผลการวัดที่สอดคล้องกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้น ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงมีศักยภาพในการใช้ทดแทนหรือสนับสนุนเครื่องมือในห้องปฏิบัติการมาตรฐาน อีกทั้งมีต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับสถานศึกษาที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ และสามารถประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย, อาดัวโน อาร์โพร, อัลตราโซนิกเซนเซอร์, อินฟราเรดเซนเซอร์

Abstract

This study aims to evaluate the performance of a simple harmonic motion (SHM) measurement system using an Arduino Uno R4, in comparison with standard laboratory instruments used in a general physics laboratory. A mass–spring system was employed as a model of SHM. The extension of the spring was measured under suspended masses of 150, 250, 350, 450, and 550 g, and the force–extension relationship was used to determine the spring constant (k). Subsequently, the oscillation time for 20 cycles was recorded to calculate the period (T), and the spring constant was determined from the period–mass relationship. Under identical experimental conditions, measurements were repeated using an Arduino-based system integrated with an ultrasonic sensor for displacement measurement and an infrared sensor for time detection. The experiments were conducted in five trials, and the results were analyzed to evaluate accuracy and precision. The results show that the average spring constant obtained from the extension–mass relationship was 25.440 N/m for standard instruments and 25.034 N/m for the Arduino-based system, corresponding to a percentage difference of 1.612%. For the period–mass relationship, the values were 25.177 N/m and 25.261 N/m, respectively, with a percentage difference of 0.452%. These findings indicate that the Arduino-based system provides results consistent with standard laboratory instruments, with acceptable experimental error. Therefore, the developed system demonstrates strong potential as a low-cost alternative or complementary tool for laboratory experiments, particularly in educational institutions with limited budgets, and can be effectively applied in hands-on physics teaching.

Keywords: Simple Harmonic Motion, Arduino Uno R4, Ultrasonic Sensor, Infrared Sensor

การศึกษาการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าเดินทางพลาสติกผสม
ABS/PC โดยใช้วิธีไซยาโนอะคริเลต และวิธีไซยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40
Persistence of Latent Fingerprints on ABS/PC Luggage Using Cyanoacrylate and
Cyanoacrylate with Basic Yellow 40 Methods.

เบญจศิลป์ เปลี่ยนสันเทียะ^{1*}, เอวา บินหมัด², ทตพิชา ถ่าอินแก้ว³, รุจี ราชเจริญ⁴, นกตล แชมช้อย⁵
Benjasine Pliansanthia^{1*}, Ava Binmad², Thatpicha Thainkaew³, Ruchi Ratcharoen⁴, Noppadon Chamchoi⁵

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Benjasine.pl@ssru.ac.th

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

²Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, s65122229032@ssru.ac.th

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

³Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, s65122229010@ssru.ac.th

⁴คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

⁴Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, s65122229027@ssru.ac.th

⁵คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

⁵Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Noppadon.ch@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวกระเป๋าเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC ภายใต้สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารในช่วงเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกัน และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำให้รอยปรากฏระหว่างวิธีการรมไอไซยาโนอะคริเลตกับวิธีการรมไอไซยาโนอะคริเลตร่วมกับสารเรืองแสง Basic Yellow 40 ตัวอย่างชิ้นส่วนกระเป๋าที่ประทับรอยลายนิ้วมือถูกเก็บรักษาใน 2 เงื่อนไข ได้แก่ (1) สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคาร และ (2) สภาพแวดล้อมเดียวกันแต่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ และทำการตรวจเก็บที่ระยะเวลา 1, 3, 5, 7, 14 และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า ในช่วง 1-7 วัน ทั้งสองวิธีให้คุณภาพรอยลายนิ้วมือแฝงอยู่ในระดับดีมากในทุกสภาพการเก็บรักษา ที่ระยะเวลา 14 วัน ตัวอย่างที่เก็บในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารยังคงมีคุณภาพระดับดีมาก ขณะที่ตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ มีคุณภาพลดลงอยู่ในระดับดี และที่ระยะเวลา 28 วัน ตัวอย่างในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารมีคุณภาพระดับพอใช้ ส่วนตัวอย่างที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำไม่สามารถตรวจพบรอยได้ด้วยวิธีไซยาโนอะคริเลตเพียงอย่างเดียว แต่สามารถตรวจพบได้ในระดับต่ำเมื่อใช้ร่วมกับ Basic Yellow 40 การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการปรากฏรอยของทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตาม การใช้ไซยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40

ให้ภาพรอยลายนิ้วมือแฝงที่มีความชัดเจนสูงกว่า ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจพิสูจน์บนพื้นผิวพอลิเมอร์ประเภท ABS/PC ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว

คำสำคัญ: รอยลายนิ้วมือแฝง, ไซยาโนอะคริเลต, Basic Yellow 40, ABS/PC

Abstract

This study investigated the persistence of latent fingerprints on ABS/PC blended plastic luggage surfaces under semi-outdoor indoor environmental conditions across different recovery intervals and compared the effectiveness of cyanoacrylate fuming and cyanoacrylate fuming followed by Basic Yellow 40 staining. Latent fingerprints were deposited on luggage fragments and stored under two conditions: (1) a semi-outdoor indoor environment and (2) the same environment with samples enclosed in black plastic bags. Examinations were performed at 1, 3, 5, 7, 14, and 28 days post-deposition. The results indicated that during days 1–7, both techniques produced very good quality ridge detail under all storage conditions. At 14 days, samples stored in the semi-outdoor indoor environment retained very good quality, whereas those enclosed in black plastic bags exhibited a reduction to good quality. By 28 days, fingerprints stored in the semi-outdoor indoor environment were of fair quality. In contrast, no detectable prints were observed using cyanoacrylate fuming alone for samples stored in black plastic bags; however, low-quality ridge detail was recoverable when cyanoacrylate fuming was combined with Basic Yellow 40. Statistical analysis revealed no significant difference between the two development methods ($p > 0.05$). Nonetheless, the combined technique produced superior ridge clarity. These findings support the application of fluorescent dye enhancement to improve latent fingerprint visualization on ABS/PC polymer surfaces under varying storage conditions.

Keywords: Latent fingerprint, Cyanoacrylate fuming, Basic Yellow 40, ABS/PC

1. บทนำ

วัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการยุติธรรมทางอาญา เนื่องจากเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ใช้เชื่อมโยงบุคคลกับเหตุการณ์ได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะรอยลายนิ้วมือแฝงซึ่งมีลักษณะเฉพาะบุคคล (individual characteristics) และมีความคงทนตลอดช่วงชีวิต จึงได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในฐานะเครื่องมือสำคัญในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์ (Saferstein, 2018) องค์ประกอบของรอยลายนิ้วมือประกอบด้วยน้ำ ไขมัน กรดอะมิโน และสารอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารเคมีเพื่อพัฒนาให้เกิดการปรากฏของรอยได้ อย่างไรก็ตาม ความคงอยู่ของรอย

ลายนิ้วมือแฝงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และการปนเปื้อน ซึ่งอาจเร่งการเสื่อมสภาพและลดคุณภาพของรอย ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์ (Soták et al., 2023) ในทางปฏิบัติ วัตถุพยานประเภทกระเป๋าเดินทางมักปรากฏในคดีอาชญากรรม โดยเฉพาะกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายหรืออำพรางศพ กระเป๋าเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC มีลักษณะพื้นผิวเรียบ ไม่มีรูพรุน ซึ่งโดยทฤษฎีเอื้อต่อการสะสมและคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝง สอดคล้องกับหลักการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานของโลคาร์ด (Locard's exchange principle) ที่ระบุว่าทุกการสัมผัสย่อมก่อให้เกิดการถ่ายโอนร่องรอย (Saferstein, 2018) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดด้านข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวพอลิเมอร์ประเภทดังกล่าวภายใต้สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้ง ดังนั้น การศึกษาการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิว ABS/PC ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน รวมทั้งการประเมินประสิทธิภาพของวิธีไฮยาโนอะคริเลตและไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับเบสิกเยลโลว์ 40 จึงมีความสำคัญเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาแนวทางการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ภายใต้สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคาร ในช่วงเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

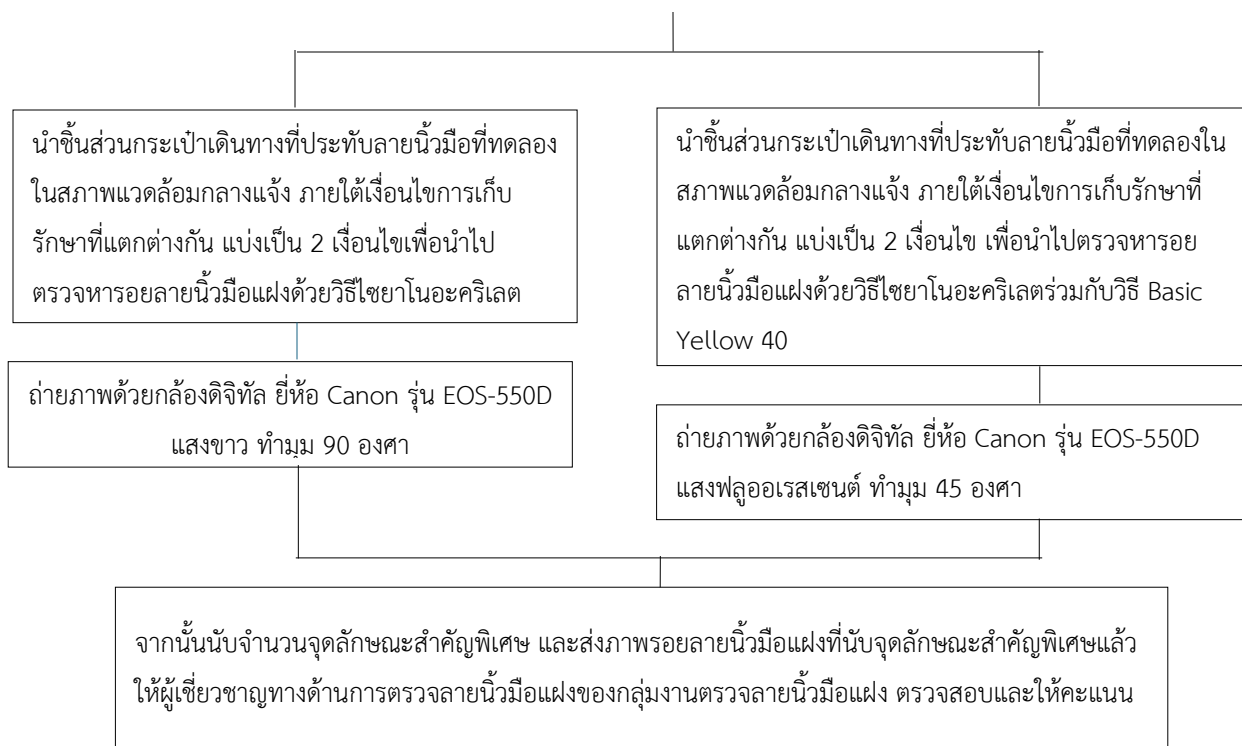
3. วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมตัวอย่างรอยลายนิ้วมือแฝง

- ใช้กระเป๋า ABS/PC ตัดขนาด 15 × 5 ซม. แบ่งเป็น 3 ช่อง (5 × 5 ซม.) สำหรับทดลองซ้ำ
- แต่ละวิธีมี 36 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 72 ตัวอย่าง ตรวจที่ 1, 3, 5, 7, 14 และ 28 วัน
- ทำความสะอาดพื้นผิวด้วยแอลกอฮอล์และปล่อยให้แห้งก่อนทดลอง
- ใช้ลายนิ้วมือจากอาสาสมัครเพศหญิง อายุ 21 ปี (นิ้วหัวแม่มือซ้าย) โดยล้างมือและปล่อยให้แห้งก่อนประทับประทับลายนิ้วมือบนเครื่องชั่งดิจิทัล เว้นระยะ 1 นาที แรงประทับของนิ้วหัวแม่มือขวาประมาณ 500±50 กรัม เป็นเวลา 5 วินาที ทำซ้ำ 3 ครั้งต่อแผ่น

กระเป๋าเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบไม่มีรูพรุน

ทดลองที่สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคาร ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ได้แก่ ตัวอย่างบรรจุใส่ถุงซิปล็อค และตัวอย่างบรรจุใส่ถุงซิปล็อคที่อยู่ภายในถุงพลาสติกสีดำ โดยทำการเปิดถุงซิปล็อคเพื่อทดลอง ในช่วงเวลาทำการตรวจเก็บตัวอย่าง 6 ช่วงเวลา ได้แก่ 1 วัน, 3 วัน, 5 วัน, 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน โดยบันทึกอุณหภูมิและความชื้นของตัวอย่างทุกครั้ง



4. ผลการวิจัย

ผลการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ภายใต้สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคาร ในช่วงเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกัน

การวิเคราะห์คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง อาศัยเกณฑ์การนับจุดลักษณะสำคัญพิเศษบนรอยลายนิ้วมือ และให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการตรวจลายนิ้วมือแฝง
ระดับการให้คะแนนคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง

ระดับคะแนน	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง
0	ไม่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง
1	คุณภาพต่ำ มองเห็นรอยลายเส้นได้บางส่วน
2	คุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของลายเส้นสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (1-7 จุด)
3	คุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (8-11 จุด)
4	คุณภาพดีมาก เห็นรอยลายเส้นชัดเจนสามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (≥ 12 จุดขึ้นไป)

ที่มา: ศิริรัตน์ เทียงเกียรติธรรม (2556)

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย โดยวิเคราะห์ผลทางสถิติ 2 แบบ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษารอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ภายใต้สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคาร ในช่วงเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกันใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ค่าฐานนิยม (Mode)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ใช้สถิติเชิงอนุมานแบบนอนพารามेटริก (non-parametric) คือ Mann-Whitney U test โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสมมติฐานที่กำหนดไว้ ดังนี้

H_0 = การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC ภายใต้เงื่อนไขการเก็บที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 มีการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงไม่แตกต่าง

H_1 = การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC ภายใต้เงื่อนไขการเก็บที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 มีการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงแตกต่างกัน



วิธีไฮยาโนอะคริเลต



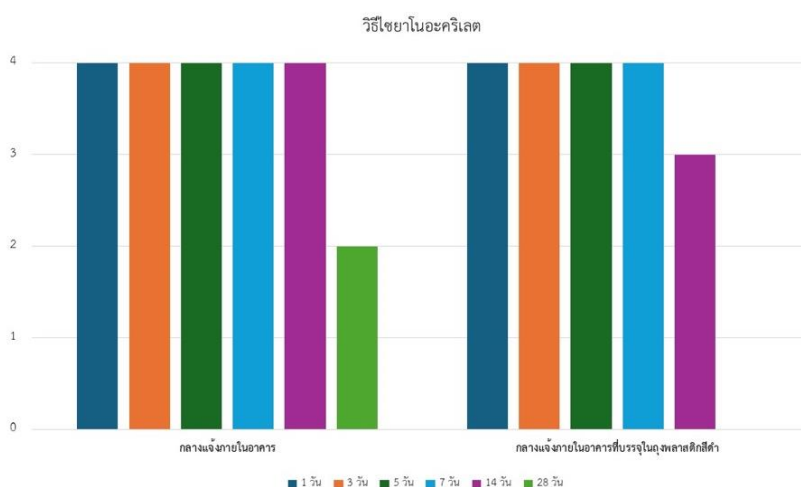
วิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับวิธี Basic Yellow 40

ภาพที่ 1 ลักษณะรอยลายนิ้วมือแฝงของตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ผลคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC 1, 3, 5, 7, 14 และ 28 วัน วิธีไฮยาโนอะคริเลต ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

เงื่อนไขการเก็บรักษา	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง (ระดับคะแนน)					
	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
กลางแจ้งภายในอาคาร	4	4	4	4	4	2
กลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ	4	4	4	4	3	0

จากตารางที่ 1 พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของลายนิ้วมือในช่วงระยะเวลา 1-7 วัน รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่ตรวจด้วยวิธีไซยาโนอะคริเลต มีคุณภาพการคงอยู่ของลายนิ้วมืออยู่ในระดับคุณภาพดีมาก (คะแนน 4) ทั้งในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารและสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 14 วัน คุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารยังคงอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ขณะที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำลดลงอยู่ในระดับคุณภาพดี (คะแนน 3) แต่ระยะเวลา 28 วัน พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงลดลงอย่างชัดเจน โดยสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารมีระดับคุณภาพที่พอใช้ (คะแนน 2) ขณะที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำไม่สามารถตรวจพบรอยลายนิ้วมือแฝงได้ (คะแนน 0) และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพแผนภูมิผลคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC

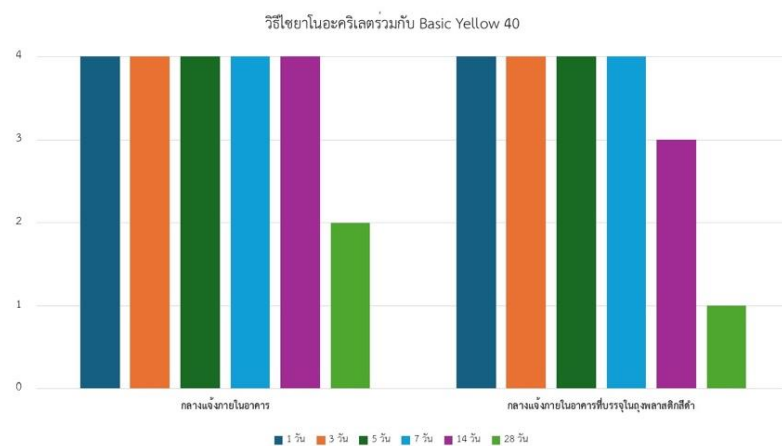
วิธีไซยาโนอะคริเลต ในระยะเวลาต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 2 พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในช่วงระยะเวลา 1-7 วัน คุณภาพอยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกันทั้งสองสภาพแวดล้อมก่อนจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้นในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ ซึ่งมีคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงที่สามารถตรวจเก็บได้ในระยะเวลาเพียง 14 วัน

ตารางที่ 2 ผลคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC 1, 3, 5, 7, 14 และ 28 วัน วิธีไซยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

เงื่อนไขการเก็บรักษา	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง (ระดับคะแนน)					
	1 วัน	3 วัน	5 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
กลางแจ้งภายในอาคาร	4	4	4	4	4	2
กลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ	4	4	4	4	3	1

จากตารางที่ 2 พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือในช่วงระยะเวลา 1-7 วัน รอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่ตรวจด้วยวิธีไซยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 มีคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมืออยู่ในระดับคุณภาพดีมาก (คะแนน 4) ทั้งในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารและสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 14 วัน คุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารยังคงอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ขณะที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ ลดลงอยู่ในระดับคุณภาพดี (คะแนน 3) แต่ระยะเวลา 28 วัน พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงลดลงอย่างชัดเจน โดยสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารมีระดับคุณภาพที่พอใช้ (คะแนน 2) ขณะที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำระดับคุณภาพต่ำ (คะแนน 1) และเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแผนภูมิแท่ง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพแผนภูมิผลคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC วิธีไซยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ในระยะเวลาต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

จากภาพที่ 3 พบว่าคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในช่วงระยะเวลา 1-7 วัน คุณภาพอยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกันทั้งสองสภาพแวดล้อม ก่อนจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ในการพัฒนารอยลายนิ้วมือแฝงภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC

วิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 โดยวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Mann-Whitney U test

วิธีการตรวจพิสูจน์	จำนวนตัวอย่าง (N)	Mean Rank	Sig.
วิธีไฮยาโนอะคริเลต	36	35.99	0.779
วิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40	36	37.01	
รวม	72		

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสมประเภท ABS/PC ที่ตรวจเก็บด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test พบว่าค่าอันดับเฉลี่ย (Mean Rank) ของวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 มีค่าสูงกว่าวิธีไฮยาโนอะคริเลตเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. = 0.779) มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองวิธีให้ผลการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลการตรวจหาการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกันในระยะเวลาต่าง ๆ คือ 1, 3, 5, 7, 14 และ 28 วัน ด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ได้ดังนี้

1. ผลการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคาร ในระยะเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกันด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 จากผลการทดลอง พบว่า คุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC (พื้นผิวไม่มีรูพรุน) ที่สภาพแวดล้อมกึ่งกลางแจ้งภายในอาคารในระยะเวลาการตรวจเก็บที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ในช่วงระยะเวลา 1-7 วัน มีคุณภาพการคงอยู่ของลายนิ้วมือแฝง อยู่ใน

คุณภาพระดับดีมาก ขณะที่ระยะเวลา 14 วัน คุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคาร มีระดับคุณภาพดีมาก แต่ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ อยู่ในระดับคุณภาพดี แสดงให้เห็นว่า รอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนยังคงมีความสมบูรณ์ในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นหลังการประทับรอย และสามารถตรวจเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในระยะเวลา 28 วัน คุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคาร มีระดับคุณภาพพอใช้ แต่ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ พบว่า ไม่สามารถตรวจพบรอยลายนิ้วมือแฝงในวิธีไฮยาโนอะคริเลต แต่สามารถตรวจพบการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงได้ในคุณภาพระดับต่ำเมื่อใช้วิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง แม้จะเป็นพื้นผิวไม่มีรูพรุนก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลรส สลิตรธรรม และนพจุจ ศักดิ์ศิริ (2564) พบว่า จำนวนจุดลักษณะสำคัญพิเศษของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาหลังการประทับรอย เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากการเสื่อมสภาพของสารอินทรีย์ เช่น ไขมันและกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบสำคัญของรอยลายนิ้วมือแฝง และผลการศึกษานี้ยังสะท้อนให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ เพียงอย่างเดียวไม่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงได้เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บ อย่างไรก็ตามทั้งในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารและสภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารที่บรรจุในถุงพลาสติกสีดำ มีคุณภาพการคงอยู่ของรอยลายนิ้วมือแฝงลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Edmond (2022) พบว่า คุณภาพรอยลายนิ้วมือบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนลดลง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นและเมื่อได้รับผลกระทบจากปัจจัยแวดล้อม

นอกจากนี้ จากการวิจัย พบว่า การตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่ตรวจเก็บด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต ภายใต้สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารสามารถให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน เมื่อนำมาหา รอยลายนิ้วมือแฝงโดยการรมควันไฮยาโนอะคริเลตเป็นเวลา 40 นาที ทำให้รอยลายนิ้วมือปรากฏขึ้นชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรรารถนา พานทอง, ไพเราะ ไพโรหิรัญกิจ, สุชาติ จิรสิริสุข และสุนิษา โอบอ้อม (2564) พบว่า วิธีไฮยาโนอะคริเลตที่ใช้ระยะเวลาการรมประมาณ 40 นาที สามารถทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวพลาสติกปรากฏได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการเปรียบเทียบการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคาร ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบการปรากฏขึ้นของรอยลายนิ้วมือแฝงบนกระเป๋าดำเดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC ที่สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคาร ภายใต้เงื่อนไข การเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ที่ตรวจเก็บด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Mann-Whitney U test พบว่า ค่า Sig. เท่ากับ 0.779 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงด้วยวิธีไฮยาโนอะคริเลต และวิธีไฮยาโนอะคริเลตร่วมกับ Basic Yellow 40 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งสองวิธีการตรวจเก็บมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันทำให้รอยลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นบนพื้นผิวพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC

(พื้นผิวไม่มีรูพรุน) ภายใต้เงื่อนไขการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Illston-Baggs et al. (2022) พบว่าการรมไซยาโนอะคริเลตเป็นวิธีมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุน โดยเฉพาะพื้นผิวพลาสติก ซึ่งสามารถเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชันและยึดเกาะกับองค์ประกอบของรอยลายนิ้วมือแฝงได้อย่างชัดเจน และยังคงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stoddart et al. (2025) พบว่า การใช้ Basic Yellow 40 ภายหลังจากการรมไซยาโนอะคริเลตสามารถเพิ่มความเปรียบต่างของภาพและช่วยให้มองเห็นรายละเอียดของรอยลายนิ้วมือได้ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดแสงที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างในระดับนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอธิบายได้ว่า กระเป๋าดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC พื้นผิวไม่มีรูพรุนให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนได้ดีอยู่แล้วจากวิธีไซยาโนอะคริเลตเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานของ ฟินท์ลัส ทิพย์โพธิ์ และปริญญา สีลานันท์ (2567) พบว่า รอยลายนิ้วมือแฝงที่เก็บรักษาในสภาพแวดล้อมภายในอาคารมีการคงอยู่และคุณภาพของรอยลายนิ้วมือดีกว่าสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารในพื้นที่ไม่มีรูพรุนสามารถให้ผลที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ แม้จะเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ยังอธิบายได้ว่า สภาพแวดล้อมกลางแจ้งภายในอาคารและลักษณะพื้นผิวของกระเป๋าดินทางพลาสติกผสม ประเภท ABS/PC (พื้นผิวไม่มีรูพรุน) อาจมีส่วนส่งเสริมต่อการคงสภาพและความคงทนของรอยลายนิ้วมือแฝง

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งถัดไป

1. ควรมีการศึกษารวบรวมการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงบนพลาสติกไม่มีรูพรุนหรือกึ่งรูพรุนชนิดอื่นเพิ่มเติม เช่น พลาสติกประเภท PET และ PP เพื่อเปรียบเทียบการคงอยู่และคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน
2. ควรศึกษาวิธีการตรวจเก็บอื่นเพิ่มเติมหลังการรมไซยาโนอะคริเลตด้วยสีย้อมเรืองแสงหรือเทคโนโลยีการถ่ายภาพขั้นสูง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจเก็บด้วยวิธี Basic Yellow 40 และเพิ่มทางเลือกในการตรวจเก็บรอยลายนิ้วมือแฝงในงานนิติวิทยาศาสตร์

6. เอกสารอ้างอิง

- ปรารธนา พานทอง. (2563). *การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนแผ่นพลาสติกด้วยเทคนิคการรมไซยาโนอะคริเลต เปรียบเทียบระหว่างก้าวทั่วไปที่มีส่วนประกอบของไซยาโนอะคริเลตกับก้าวสำหรับงานทางนิติวิทยาศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ฟินท์ลัส ทิพย์โพธิ์ และ ปริญญา สีลานันท์. (2567). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของระยะเวลากับการคงอยู่และคุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวไม่มีรูพรุนในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 44(1), 83–89.
- ศิริรัตน์ เทียงเจริญธรรม. (2556). *การปรากฏขึ้นของลายนิ้วมือแฝงบนวัตถุที่จมอยู่ในน้ำธรรมชาติ โดยใช้ small particle reagent และผงฝุ่นดำ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- Edmond, G. (2022). Latent justice? A review of adversarial challenges to fingerprint evidence. *Science & Justice*, 62(1), 21–29.
- Illston-Baggs, G., Deacon, P., Ivanova, J., Nichols-Drew, L., Armitage, R., & Farrugia, K. J. (2022). An investigation into the detection of latent fingerprints on eco-friendly soft plastics packaging. *Forensic Chemistry*, 29, 100427.
- Saferstein, R. (2018). *Criminalistics: An introduction to forensic science* (12th ed.). Pearson.
- Soták, M., Chovancová, M., & Švábová, P. (2023). Effect of direct sunlight on latent fingerprints. *Slovenská Antropológia*, 26(2), 14–21.
- Stoddart, W., Blackman, E., Pearson, H., Deacon, P., Armitage, R., & Farrugia, K. J. (2025). An evaluation of the effect of powders on fingerprints developed with cyanoacrylate fuming. *Science & Justice*.

ผลของระดับความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดกินได้ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงในห้องทดลอง

Concentration-Dependent Effects of Humic Acid on *In Vitro* Mycelial Growth of Edible Mushrooms

ธัญลักษณ์ ใจป้อม¹, ธนภฤต ใจภักดิ์¹, มนตรีรินทร์ เรืองจิตต์² และธนวุฒิ พรหมบัญญัติ^{1*}

Thanyaluk Jaipom¹, Tanakrit Jaipipak¹, Monarin Ruangjitt² and Thanawut Prombunchachai^{1*}

¹สาขาวิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

²วิสาหกิจชุมชนเวียงหงส์ฟาร์ม ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

¹Division of Microbiology and Parasitology, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao Province, Thailand, 56000.

Tthanpp17532634@gmail.com, nongoak5969z@gmail.com, thanawut.pr@up.ac.th

²Wiang Hong Farm Community Enterprise, Mae Moh Subdistrict, Mae Moh District, Lamphang Province, 52220. ruangjitt@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของระดับความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดกินได้ 3 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางรม (Pleurotus djamor) เห็ดนางรม (Pleurotus ostreatus) และเห็ดนางรมดำ (Pleurotus pulmonarius) ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยเติมกรดฮิวมิกในอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประเมินการเจริญโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและคำนวณอัตราการเจริญ (มิลลิเมตรต่อวัน) วิเคราะห์ความแตกต่าง ทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ผลการทดลอง พบว่า กรดฮิวมิกมีผลกระตุ้นการเจริญของเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเข้มข้นร้อยละ 2 ให้ค่าอัตราการเจริญสูงสุด ได้แก่ 14.38 ± 0.23 , 14.60 ± 0.12 และ 14.26 ± 0.23 มิลลิเมตรต่อวัน ในเห็ดแต่ละชนิดตามลำดับ คิดเป็นการเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 19 ถึง 26 นอกจากนี้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีในวันที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระดับความเข้มข้นของกรดฮิวมิก แสดงลักษณะการตอบสนองแบบขึ้นกับปริมาณ (dose-dependent response) การเติมกรดฮิวมิกในระดับร้อยละ 2 สามารถส่งเสริมการเจริญของเส้นใยเห็ดในสกุล *Pleurotus* ภายใต้สภาวะ *in vitro* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังไม่พบผลยับยั้งที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้เพื่อเร่งการเดินเส้นใยและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดในระบบเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: กรดฮิวมิก, เห็ดนางรม, เห็ดนางรมดำ, การเจริญของเส้นใย

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of different concentrations of humic acid on the mycelial growth of three edible mushrooms: *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* under *in vitro* conditions. Humic acid was added to Potato Dextrose Agar (PDA) at 0, 0.5, 1.0, 1.5, and 2.0% (v/v). The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD). Mycelial growth was measured by colony diameter and by calculating growth rate (mm/day). Statistical differences were analyzed at $p < 0.05$. The results showed that humic acid significantly increased mycelial growth in all three mushroom species. The highest growth rate was observed at 2.0% humic acid. The growth rates were 14.38 ± 0.23 , 14.60 ± 0.12 , and 14.26 ± 0.23 mm/day for each species, respectively. These values were 19–26% higher than those of the control. The colony diameter on day 4 also increased with higher humic acid levels, indicating a dose-dependent response. Supplementation with 2.0% humic acid effectively enhanced the mycelial growth of *Pleurotus* species under *in vitro* conditions without exhibiting any inhibitory effects. These findings highlight the potential of humic acid as a growth-promoting additive to accelerate mycelial colonization and improve the efficiency of mushroom production in commercial cultivation systems.

Keywords: humic acid, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus pulmonarius*, mycelial growth

1. บทนำ

ในประเทศไทยการเพาะเห็ดถือเป็นกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่สำคัญทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม โดยมีการเพาะเห็ดหลากหลายชนิด เช่น เห็ดนางรม เห็ดหูหนู เห็ดหอม และเห็ดฟ้านเมืองหลายชนิด การผลิตเห็ดในประเทศไทยมีความเชื่อมโยงกับระบบเกษตรชุมชนและเศรษฐกิจรากฐาน โดยมีรายงานว่า การเพาะเห็ดเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรจำนวนมาก และสามารถสร้างผลกำไรสุทธิต่อหน่วยการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ (อริสรา และ ปรมารัช, 2562) โดยอุตสาหกรรมเห็ดมีศักยภาพการผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยมีรายงานว่า การผลิตเห็ดรวมในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 120,000 ตันต่อปี และมีการส่งออกผลิตภัณฑ์เห็ดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (Ruangjanda & Boonthaiwai, 2021) นอกจากนี้ รายงานด้านทรัพยากรอาหารยังระบุว่า การเพาะเห็ดในประเทศไทยมีปริมาณการผลิตประมาณ 70,000 ตันต่อปี และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า 1,100 ล้านบาท

เห็ดเศรษฐกิจในกลุ่มเห็ดนางรมเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด อีกทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรและอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากสามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นวัสดุเพาะ และมีความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก (Adebayo et al., 2017; Sanchez, 2010) การเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญของเส้นใยเห็ดจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดระยะเวลาในการผลิตและเพิ่มผลผลิตเชิงพาณิชย์

แนวคิดการใช้สารอินทรีย์ชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมชีวภาพได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสารกลุ่มฮิวมิก (humic substances; HA) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของอินทรีย์วัตถุในดินที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชและสิ่งมีชีวิต สารฮิวมิกมีบทบาทสำคัญต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและชีวภาพของดิน รวมถึงมีอิทธิพลต่อการเจริญของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในดินอย่างมีนัยสำคัญ (Rose et al., 2014) นอกจากนี้สารฮิวมิกยังสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกลางการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (electron shuttle) ช่วยส่งเสริมกระบวนการเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ และอาจช่วยเพิ่มการเจริญของเชื้อราโดยการกระตุ้นการยึดตัวของเส้นใยและการดูดซึมสารอาหาร (Trevisan et al., 2010) ในทำนองเดียวกัน จากการศึกษาของ Louzada Dos Santos et al., (2021) ได้ศึกษาการเจริญของเห็ดออรินจิ (*Pleurotus eryngii*) พบว่ากรดฮิวมิกที่มีสัดส่วนของกลุ่ม carboxyl สูงช่วยเพิ่มอัตราการขยายเส้นใยได้ประมาณร้อยละ 12 ถึง 20 ขณะที่กรดฮิวมิกที่มีโครงสร้างอะโรมาติกสูงบางชนิดอาจชะลอการเจริญในระยะต้น แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของสารอินทรีย์มีบทบาทต่อเมแทบอลิซึมของเส้นใยแม้ว่าจะมีผลการศึกษาของกรดฮิวมิกต่อการเจริญของพืชอย่างกว้างขวาง แต่ข้อมูลเกี่ยวกับผลโดยตรงต่อการเจริญของเชื้อราเส้นใย โดยเฉพาะเห็ดเศรษฐกิจยังมีค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะในสภาวะเพาะเลี้ยงแบบควบคุมในห้องปฏิบัติการ (Grinhut et al., 2007)

นอกจากนี้การตอบสนองต่อกรดฮิวมิกอาจแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา ความเข้มข้นของสารฮิวมิกและแหล่งที่มาของสารฮิวมิก ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมเพื่อการประยุกต์ใช้เชิงพาณิชย์ (Rose et al., 2014) การศึกษาผลของกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดจึงมีความสำคัญทั้งในเชิงพื้นฐานและเชิงประยุกต์ เนื่องจากอาจนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหัวเชื้อ การพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ และการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเห็ดเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งมีระบบการเพาะเห็ดที่เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจชุมชนและการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อประเมินผลของระดับความเข้มข้นของกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

นำเชื้อเห็ดที่ได้จาก stock ของสาขาวิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ได้แก่ เห็ดนางรม (Pleurotus djamor) เห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) และเห็ดนางรมดำ (*Pleurotus pulmonarius*) มาเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร เจาะบริเวณปลายเส้นใยเห็ด นำชิ้นวุ้นที่เจาะได้วางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปหมักที่ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

การศึกษามวลของกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ด

ทำการทดลองโดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร เจาะบริเวณปลายเส้นใยของเห็ดนางรมดำ เห็ดนางรม และเห็ดนางรมดำ ที่มีอายุ 5 วันบนอาหาร PDA และนำชิ้นวุ้นที่เจาะได้ไปวางตรงกลาง

จานอาหาร PDA ที่เติมสารละลายกรดฮิวมิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ทำทั้งหมด 5 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) นำไปบ่มที่ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (มิลลิเมตร) ในแนวกว้างและยาวของเห็ดในวันที่ 1 จนถึงวันที่ 5 ถ่ายภาพบันทึกผล คำนวณหาค่าอัตราการเจริญของเส้นใยเห็ด (mycelium growth rate) ตามสูตร (Chen et al., 2019) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Version 21 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

$$\text{Mycelium growth rate (mm/day)} = (Dt - D0)/t \quad (1)$$

โดยที่ Dt หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเห็ด ณ เวลาที่ทำการวัด
 D0 หมายถึง เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเห็ด ณ เวลาเริ่มต้นของการทดลอง
 t หมายถึง ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยงตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงเวลาที่ทำการวัด

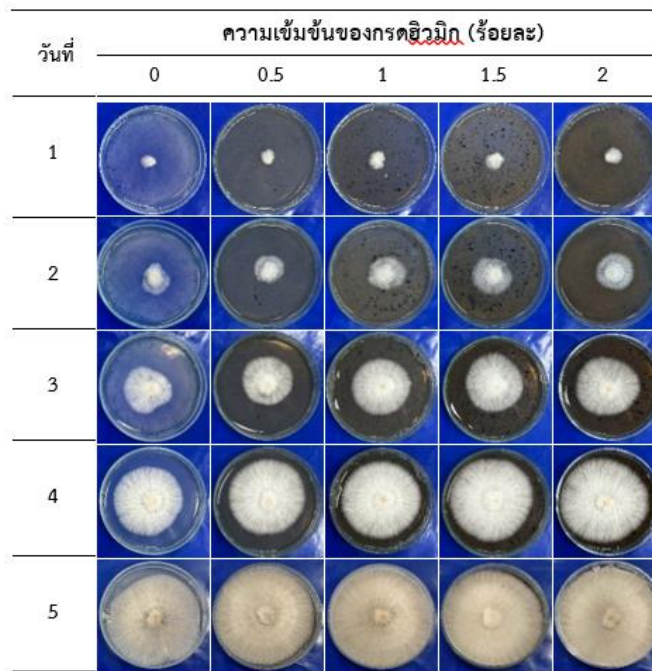
4. ผลการวิจัย

การศึกษาผลของกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA)

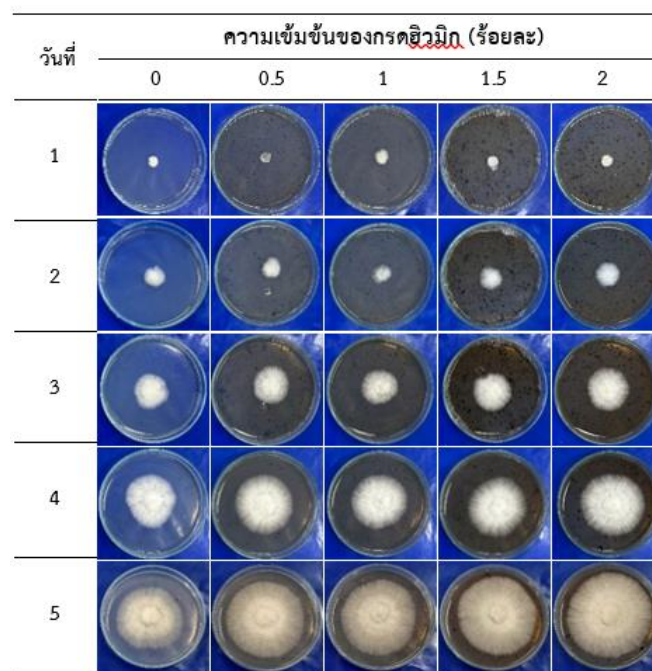
จากการศึกษาผลของกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหาร PDA พบว่า กรดฮิวมิกมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ชนิด โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดฮิวมิก การเจริญของเส้นใยเห็ดมีแนวโน้มการเจริญเพิ่มขึ้น โดยในช่วงแรกของการเจริญเส้นใยของเห็ดนางวลชมพูมีลักษณะเป็นก้อนสีขาวฟู และมีจุดตรงกลาง เมื่อระยะเวลาผ่านไปเส้นใยเริ่มมีการแผ่ขยายเป็นวงกว้าง เป็นปุยฟูสีขาวสม่ำเสมอ มีลักษณะเป็นวงซ้อนกัน และมีสีที่เข้มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย ดังภาพที่ 1 ในส่วนของเห็ดนางรมและเห็ดนางรมดำ ในช่วงแรกของการเจริญของเส้นใยเห็ดมีลักษณะเป็นก้อนฟูสีขาวและมีจุดตรงกลาง เมื่อระยะเวลาผ่านไปเส้นใยมีการแผ่ขยายเป็นวงกว้าง มีสีที่เข้มขึ้นจากเดิมเล็กน้อย จุดตรงกลางมีขนาดใหญ่ขึ้น บริเวณปลายเส้นใยเห็ดมีความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณตรงกลางเห็ด ดังภาพที่ 2 และ 3

สำหรับเห็ดนางวลชมพู เมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี พบว่า การเจริญของเส้นใยเห็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดฮิวมิก โดยความเข้มข้นของกรดฮิวมิกร้อยละ 2 ให้ค่าการเจริญของเส้นใยสูงสุดและมีอัตราการเจริญแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับทุกระดับความเข้มข้น ตั้งแต่วันที่ 2 ถึงวันที่ 4 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 37.10 ± 0.55 , 56.50 ± 1.00 และ 77.90 ± 1.14 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญ เท่ากับ 14.38 ± 0.23 มิลลิเมตรต่อวัน แต่ในวันที่ 5 เส้นใยมีการเจริญจนขอบจานอาหารทำให้ไม่สามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 4

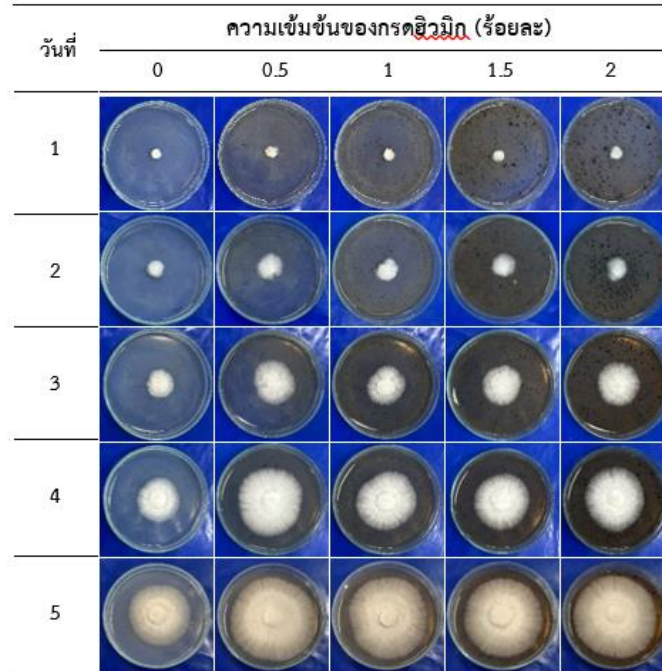
ในส่วนของเห็ดนางรมและเห็ดนางรมดำ พบว่า ผลของกรดฮิวมิกมีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดตั้งแต่วันที่ 3 จนถึงวันที่ 5 โดยความเข้มข้นของกรดฮิวมิกร้อยละ 2 ให้ค่าการเจริญของเส้นใยสูงสุดและมีอัตราการเจริญแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับทุกระดับความเข้มข้น โดยในเห็ดนางรม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 49.90 ± 0.89 , 59.30 ± 0.67 และ 79.00 ± 0.61 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญ เท่ากับ 14.60 ± 0.12 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนเห็ดนางรมดำ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี เท่ากับ 38.20 ± 1.20 , 57.30 ± 1.35 และ 77.30 ± 1.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีอัตราการเจริญ เท่ากับ 14.62 ± 0.23 มิลลิเมตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 4



ภาพที่ 1 การเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนอาหาร PDA ที่ผสมกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 2 การเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมบนอาหาร PDA ที่ผสมกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ



ภาพที่ 3 การเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมด้าบนอาหาร PDA ที่ผสมกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ผลของกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar

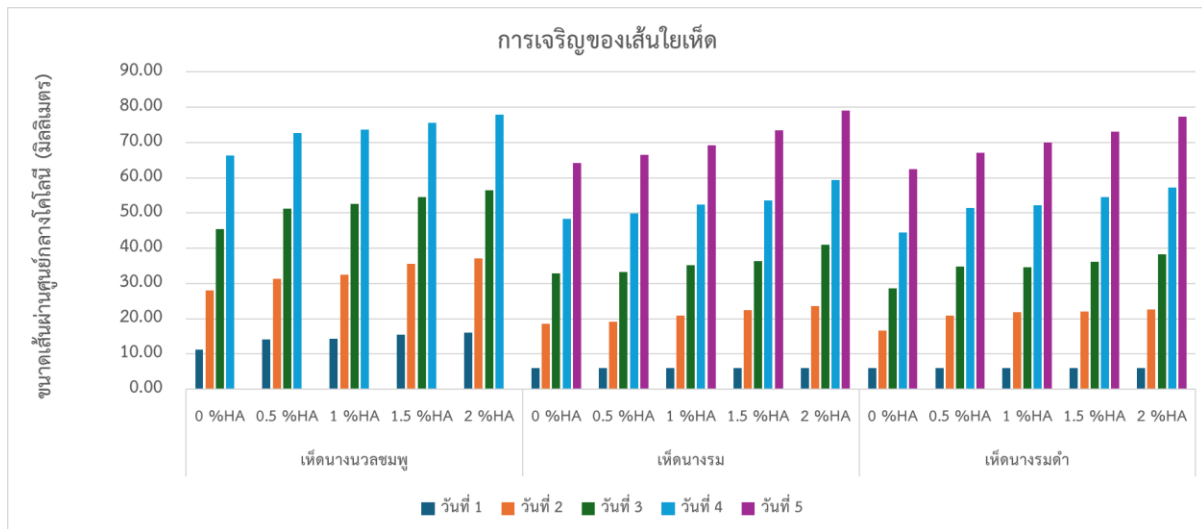
ชนิดของเห็ด	ร้อยละความเข้มข้นของกรดฮิวมิก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (มิลลิเมตร)					อัตราการเจริญ (มิลลิเมตรต่อวัน)
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	
เห็ดนางรม	0	11.30 ^c ± 0.27	28.10 ^e ± 1.08	45.40 ^e ± 1.14	66.30 ^d ± 0.84	-	12.06 ^d ± 0.17
	0.5	14.10 ^b ± 0.55	31.30 ^d ± 0.57	51.30 ^d ± 0.45	72.70 ^c ± 1.35	-	13.34 ^c ± 0.27
	1	14.30 ^b ± 0.45	32.40 ^c ± 0.89	52.50 ^c ± 1.00	73.60 ^c ± 0.55	-	13.52 ^c ± 0.11
	1.5	15.50 ^a ± 0.71	35.50 ^b ± 0.71	54.50 ^b ± 0.71	75.50 ^b ± 0.71	-	13.90 ^b ± 0.14
	2	16.10 ^a ± 0.55	37.10 ^a ± 0.55	56.50 ^a ± 1.00	77.90 ^a ± 1.14	-	14.38 ^a ± 0.23
	%CV	12.34	10.07	7.55	5.55	-	6.03
	F-test	**	**	**	**	-	**
เห็ดนางรม	0	6.00 ± 0.00	18.60 ^c ± 12.4	32.80 ^d ± 0.45	48.40 ^c ± 1.29	64.10 ^e ± 0.96	11.62 ^e ± 0.19
	0.5	6.00 ± 0.00	19.10 ^c ± 0.89	33.30 ^d ± 0.91	49.80 ^c ± 0.67	66.50 ^d ± 1.97	12.10 ^d ± 0.39
	1	6.00 ± 0.00	20.90 ^b ± 0.65	35.20 ^c ± 0.45	52.30 ^b ± 1.30	69.30 ^c ± 2.31	12.66 ^c ± 0.46
	1.5	6.00 ± 0.00	22.50 ^a ± 1.00	36.30 ^b ± 0.84	53.50 ^b ± 1.46	73.50 ^b ± 0.79	13.50 ^b ± 0.16
	2	6.00 ± 0.00	23.50 ^a ± 0.00	40.90 ^a ± 0.89	59.30 ^a ± 0.67	79.00 ^a ± 0.61	14.60 ^a ± 0.12
	%CV	0.00	9.99	8.49	7.58	7.89	8.60
	F-test	-	**	**	**	**	**

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 1 ผลของกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหาร Potato dextrose agar (ต่อ)

ชนิดของเห็ด	ร้อยละความเข้มข้นของกรดฮิวมิก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (มิลลิเมตร)					อัตราการเจริญ (มิลลิเมตรต่อวัน)
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	
เห็ดนางรมดำ	0	6.00 ± 0.00	16.70 ^c ± 0.84	28.70 ^c ± 1.10	44.40 ^d ± 1.24	62.40 ^e ± 2.10	11.28 ^a ± 0.42
	0.5	6.00 ± 0.00	20.80 ^b ± 0.45	34.70 ^b ± 2.86	51.50 ^c ± 1.06	67.10 ^d ± 1.98	12.22 ^d ± 0.40
	1	6.00 ± 0.00	21.90 ^a ± 0.89	34.60 ^b ± 0.74	52.10 ^c ± 0.96	69.90 ^c ± 0.89	12.78 ^c ± 0.18
	1.5	6.00 ± 0.00	22.00 ^a ± 1.12	36.10 ^{ab} ± 1.52	54.60 ^b ± 0.74	73.00 ^b ± 1.84	13.40 ^b ± 0.37
	2	6.00 ± 0.00	22.60 ^a ± 0.65	38.20 ^a ± 1.20	57.30 ^a ± 1.35	77.30 ^a ± 1.15	14.26 ^a ± 0.23
	%CV	0.00	11.06	10.33	8.68	7.71	8.44
F-test	-	**	**	**	**	**	

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ** มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการเจริญของเส้นใยเห็ดบนอาหาร PDA ที่มีผสมกรดฮิวมิกความเข้มข้นต่าง ๆ

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของระดับความเข้มข้นกรดฮิวมิกต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดกินได้ 3 ชนิด ได้แก่ เห็ดนางรมขาวชมพู เห็ดนางรม และเห็ดนางรมดำ ภายใต้สภาวะเพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่เติมกรดฮิวมิกในระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 2 ผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ากรดฮิวมิกมีผลกระตุ้นการเจริญของเส้นใยเห็ดทั้ง 3 ชนิด โดยการเพิ่มความเข้มข้นของกรดฮิวมิกส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและอัตราการเจริญเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นของกรดฮิวมิกร้อยละ 2 ให้ค่าการเจริญของเส้นใยสูงสุดในเห็ดทุกชนิด โดยเห็ดนางรมขาวชมพูมีอัตราการเจริญเฉลี่ย 14.38 ± 0.23 มิลลิเมตรต่อวัน เห็ดนางรม 14.60 ± 0.12 มิลลิเมตรต่อวัน และเห็ดนางรมดำ 14.26 ± 0.23 มิลลิเมตรต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ความเข้มข้นของกรดฮิวมิกร้อยละ 0 ซึ่งมีค่าอัตราการเจริญเพียง 12.06 ± 0.17 , 11.62 ± 0.19

และ 11.28 ± 0.42 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ การเติมกรดฮิวมิกความเข้มข้นร้อยละ 2 ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญคิดเป็นร้อยละ ประมาณ 19.20, 25.60 และ 26.40 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการเจริญของ เส้นใยเห็ด (dose-dependent response) อย่างชัดเจนภายใต้สภาวะ *in vitro*

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hrselova et al., (2007) ที่รายงานว่า humic acid-like substances จากตะกอนบำบัดน้ำเสียสามารถเพิ่มชีวมวลของเชื้อรา ectomycorrhizal ได้ประมาณร้อยละ 15 ถึง 30 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ Fozia et al., (2020) รายงานว่า การเสริมกรดฮิวมิกในวัสดุเพาะเห็ดนางรมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ถึง 1.5 ช่วยเพิ่ม ผลผลิตดอกเห็ดร้อยละ 18 ถึง 28 และเพิ่มปริมาณโปรตีนดิบประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แม้ว่า งานดังกล่าวเป็นการทดลองในวัสดุเพาะจริง (*in vivo*) แต่แนวโน้มการตอบสนองเชิงบวกต่อความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมีความสอดคล้อง กับผลการเจริญของเส้นใยในระดับห้องปฏิบัติการของการศึกษานี้

ในทำนองเดียวกับ Abdelgalil et al., (2025) รายงานว่า การใช้ potassium humate ร่วมกับฟางข้าวในการเพาะเห็ด นางรมช่วยเพิ่มผลผลิตรวมร้อยละ 22 ถึง 35 และเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนวัสดุเพาะเป็นดอกเห็ด (biological efficiency) อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการเร่งการเดินเส้นใยในระยะต้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในงานวิจัยนี้ที่ พบว่า เส้นใย ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีในวันที่ 4 สูงถึง 77.90 ± 1.14 , 59.30 ± 0.67 และ 57.30 ± 1.35 มิลลิเมตร ในเห็ดแต่ละชนิดตามลำดับ สูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม โครงสร้างและแหล่งที่มาของกรดฮิวมิกมีผลต่อการตอบสนองของเชื้อรา งานของ Louzada Dos Santos et al., (2021) ศึกษาการเจริญของเห็ดออริจิจิ (*Pleurotus eryngii*) พบว่า กรดฮิวมิกที่มีสัดส่วนของกลุ่ม carboxyl สูงช่วยเพิ่ม อัตราการขยายเส้นใยได้ประมาณร้อยละ 12 ถึง 20 ขณะที่กรดฮิวมิกที่มีโครงสร้างอะโรมาติกสูงบางชนิดอาจชะลอการเจริญ ในระยะต้นแสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติเชิงโครงสร้างของสารอินทรีย์มีบทบาทต่อเมแทบอลิซึมของเส้นใย นอกจากนี้ Majchrowska-Safaryan et al., (2024) รายงานว่าสารฮิวมิกเชิงพาณิชย์สามารถเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Metarhizium* ได้ร้อยละ 10 ถึง 25 ขึ้นกับความเข้มข้น ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ว่าผลของสารฮิวมิกมีลักษณะที่ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น (concentration-dependent) เช่นเดียวกับผลการทดลองครั้งนี้

Maffia et al., (2025) ได้อธิบายว่า humic substances สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับ การหายใจระดับเซลล์และการขนส่งธาตุอาหาร เพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ เช่น dehydrogenase และ ATPase ส่งผลให้การสร้าง ชีวมวลเพิ่มขึ้น ขณะที่ da Silva et al., (2021) รายงานว่ากรดฮิวมิกช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซึมน้ำไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในจุลินทรีย์ได้มากกว่าร้อยละ 15 ซึ่งอาจอธิบายการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเส้นใยร้อยละ 19 ถึง 26 ที่พบในงานวิจัยนี้ได้

แม้ว่าผลการทดลองแสดงแนวโน้มเชิงบวกอย่างต่อเนื่องจนถึงระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 แต่รายงานของ Wei et al., (2024) ชี้ให้เห็นว่า ในบางกรณีความเข้มข้นสูงอาจก่อให้เกิดผลยับยั้งเชื้อราบางชนิด โดยเฉพาะเชื้อราก่อโรคพืช ทั้งนี้ขึ้นกับ โครงสร้างโมเลกุลและปริมาณสารฟีนอลิก ดังนั้น แม้ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 จะยังไม่แสดงผลยับยั้งในการศึกษานี้ แต่ควรมีการทดสอบในระดับที่สูงกว่าความเข้มข้นร้อยละ 2 เพื่อกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม (optimal range) และ ระดับที่อาจเริ่มเกิดผลเป็นพิษ (threshold level)

จากผลการทดลองยืนยันว่ากรดฮิวมิกมีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญของเส้นใยเห็ดในสกุล *Pleurotus* ภายใต้สภาวะ *in vitro* อย่างชัดเจน และให้ผลเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 19 ถึง 26 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับรายงานก่อนหน้า (ประมาณร้อยละ 15 ถึง 35) ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับวัสดุเพาะจริง แสดงให้เห็นศักยภาพของกรดฮิวมิกในการประยุกต์ใช้เพื่อเร่งการเดินเส้นใยและอาจเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเห็ดในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่อเนื่องในระดับความเข้มข้นที่กว้างขึ้นและในระบบการเพาะจริงจะช่วยยืนยันความเหมาะสมทางเศรษฐกิจและชีวภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนเวียงหงส์ฟาร์มที่ให้ความอนุเคราะห์สารละลายกรดฮิวมิกจากบริษัทต้นไม้โต และขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนงบประมาณ และให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนการวิจัยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- อริสรา ธาณีนานนท์ และ ประมารัช วิลาลัย. (2562). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนการลงทุนทำฟาร์มเห็ดในจังหวัด นครปฐม: กรณีศึกษาตามแหล่งการเรียนรู้. *วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*, 6(1), 91–108.
- Abdelgalil, S. H., Mohamed, E., Teiba, I. I., Lamtom, S. F., Abdelghany, A. M., & Shalaby, M. E. (2025). Enhancing pearl oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) performance by evaluating the influence of potassium humate and wheat straw on yield and biochemical attributes. *BMC Plant Biology*, 25, 930.
- Adebayo, E. A., Oloke, J. K., Ayandele, A. A., & Adegunlola, C. O. (2017). Phytochemical, antioxidant and antimicrobial assay of mushroom metabolite from *Pleurotus pulmonarius* – LAU 09 (JF736658). *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 2, 366–374.
- Chen, X., Zhang, Z., Liu, X., Cui, B., Miao, W., Cheng, W., & Zhao, F. (2019). Characteristics analysis reveals the progress of *Volvariella volvacea* mycelium subculture degeneration. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2045.
- da Silva, M. S. R. d. A., dos Santos, B. M. S., da Silva, C. S. R. d. A., Antunes, L. F. d. S., dos Santos, R. M., Santos, C. H. B., & Rigobelo, E. C. (2021). Humic substances in combination with plant growth-promoting bacteria as an alternative for sustainable agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 12, 719653.
- Fozia, A. Z., Ramzan, M., Bashir, M. A., Khatana, M. A., Akram, M. T., Nadeem, S., Qureshi, M. S., Iqbal, W., Uma, M., Wall, S., Tariq, R. M. S., Atta, S., Al Farraj, D. A., & Yassin, M. T. (2020). Effect of humic acid enriched cotton waste on growth, nutritional and chemical composition of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Lentinus sajor-caju*). *Journal of King Saud University – Science*, 32(2), 3249–3257.
- Grinhut, T., Hadar, Y., & Chen, Y. (2007). Degradation and transformation of humic substances by saprotrophic fungi: Processes and mechanisms. *Fungal Biology Reviews*, 21(4), 179–189.

- Hrselova, H., Soukupova, L., & Gryndler, M. (2007). Humic acid-like material from sewage sludge stimulates culture growth of ectomycorrhizal fungi *in vitro*. *Folia Microbiologica*, 52, 511–516.
- Louzada Dos Santos, T., Huertas Tavares, O. C., de Abreu Lopes, S., Elias, S. S., Louro Barbara, R. L., & Garcia, A. C. (2021). Environmental implications of the organic matter structure for white-rot fungus *Pleurotus eryngii* growth in a tropical climate. *Fungal Biology*, 125(11), 845–859.
- Maffia, A., Oliva, M., Marra, F., Mallamaci, C., Nardi, S., & Muscolo, A. (2025). Humic substances: Bridging ecology and agriculture for a greener future. *Agronomy*, 15(2), 410.
- Majchrowska-Safaryan, A., Tkaczuk, C., & Wrzosek, M. (2024). The effect of humic substances on the colony growth and conidial germination of entomopathogenic fungi from the genus *Metarhizium*. *Sustainability*, 16(9), 3616.
- Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L., Jackson, W. R., & Cavagnaro, T. R. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. *Advances in Agronomy*, 124, 37–89.
- Ruangjanda, S., & Boonthaiwai, C. (2021). Changing spent mushroom substrate into a quality vermicompost. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 12(1), 136–141.
- Sanchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 1321–1337.
- Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant–soil interface. *Plant Signaling & Behavior*, 5(6), 635–643.
- Wei, S., Xie, Z., Zhao, Y., Wang, Q., Wang, Y., Zhao, J., Yin, K., Zhu, Z., Liu, Y., Wu, M., & Li, Z. (2024). Potential inhibition of humic acid to soil-borne pathogenic fungi: A review. *Pedosphere*, 35(1), 33–41.

การพัฒนาและศึกษาสมบัติของวัสดุผสมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากขยะพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง เสริมแรงด้วยขี้เลื่อย

Development and Properties of Eco-Friendly Composite from High-Density Polyethylene (HDPE) Waste Reinforced with Sawdust

กิตติพงษ์ บุรินทร์ประโคน^{1*}, นภดล ช่างเกวียน², บุปผชาติ ต่อบุญสูง³

Kittiphong Burinprakon^{1*}, Napadon Changkwan², Buppachat Toboosung³

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

¹Department of Physics, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, kbu30105@gmail.com

²สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

²Department of Physics, Faculty of Education, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 6640105122@nrru.ac.th

³สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

³Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, buppachat.t@nrru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาและศึกษาสมบัติของวัสดุผสมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากขยะพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) เสริมแรงด้วยขี้เลื่อย การทดลองได้กำหนดอัตราส่วนของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงต่อขี้เลื่อยที่แตกต่างกัน ได้แก่ 150/0, 150/10, 150/20, 150/30, 150/40 และ 150/50 (กรัม/กรัม) ภายใต้เงื่อนไขการอัดร้อนขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส แรงอัด 1.72 MPa และระยะเวลาในการอัด 2 ชั่วโมง เพื่อประเมินสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อน ผลการศึกษาพบว่าแผ่นวัสดุผสมทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปได้และมีผิวสัมผัสเรียบ ความหนาแน่นของแผ่นวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณขี้เลื่อย โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 1.10 g/cm³ ที่อัตราส่วน 150/30 และ 150/40 (กรัม/กรัม) ขณะที่การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณขี้เลื่อย ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติชอบน้ำของขี้เลื่อย การทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าอัตราส่วน 150/30 (กรัม/กรัม) มีความต้านแรงดึงสูงสุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการถ่ายโอนแรงที่มีประสิทธิภาพระหว่างเมทริกซ์และตัวเสริมแรง สมบัติเชิงความร้อนพบว่าการเพิ่มขี้เลื่อยช่วยลดค่าการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของช่องว่างอากาศภายในโครงสร้างของวัสดุ ผลการค้นพบเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าวัสดุคอมโพสิต HDPE-ขี้เลื่อยในอัตราส่วน 150/30 (กรัม/กรัม) มีคุณสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และความร้อนที่สมดุลเหมาะสมสำหรับงานต่าง ๆ เช่น แผ่นผนังในอาคาร ซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงสูง ยิ่งไปกว่านั้น แนวทางนี้ยังเป็นแนวทางที่ยั่งยืนสำหรับการใช้ประโยชน์จากของเสียและสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน

คำสำคัญ: พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ขี้เลื่อย วัสดุผสมไม้-พลาสติก การอัดร้อน

Abstract

This study investigated the development and properties of an eco-friendly composite from high-density polyethylene (HDPE) waste reinforced with sawdust. The experiment used HDPE to sawdust ratios of 150/0, 150/10, 150/20, 150/30, 150/40, and 150/50 (g/g). The materials were hot-pressed at 250 °C, with a pressing pressure of 1.72 MPa and a pressing time of 2 h. The results showed that all composite sheet ratios were successfully formed with smooth surfaces. The density of the composite sheet increased with increasing sawdust content, reaching a maximum of approximately 1.10 g/cm³ at 150/30 and 150/40 (g/g) ratio, while water absorption also increased due to the hydrophilic nature of sawdust. The highest tensile strength was observed at 150/30 (g/g) composition, demonstrating efficient force transfer between the matrix and reinforcement. The thermal conductivity decreased with increasing sawdust content, resulting from the increase in air spaces within the material's structure. These findings suggest that the HDPE-sawdust composite at a ratio of 150/30 (g/g) exhibits balanced physical, mechanical, and thermal properties suitable for applications such as building wall panels that do not require high strength. Moreover, this approach provides a sustainable pathway for waste valorization and supports the circular economy.

Keywords: High-density polyethylene (HDPE), Sawdust, Wood-plastic composite material, Hot-press

การคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ที่ผลิตกรดอินโดล-3-อะซิติกจากดินรอบรากต้นกระดุมทองเถื่อน
(*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) และผลต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า
(*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.)

Isolation of Indole-3-Acetic Acid-Producing Endospore-Forming Bacteria from the
Rhizosphere of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. and Their Effects on Chili Pepper
(*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.) Seed Germination

ธนภฤต ใจภักดิ์¹, ธัญลักษณ์ ใจป้อม¹, ฐิติปวีณ์ แซ่หลี่¹ และ ธนวุฒิ พรหมบุญชาชัย^{1*}

Tanakrit Jaipipak¹, Thanyaluk Jaipom¹, Thitipawee Saelee¹ and Thanawut Prombunchachai^{1*}

¹สาขาวิชาจุลชีววิทยาและปรสิตวิทยา คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

¹Division of Microbiology and Parasitology, School of Medical Sciences, University of Phayao, Phayao Province, Thailand 56000.
nongoak5969z@gmail.com, Tthanpp17532634@gmail.com, mythtipawee@gmail.com, thanawut.pr@up.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเป็นแนวทางสำคัญของการเกษตรอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สามารถผลิตฮอร์โมนพืช เช่น กรดอินโดล-3-อะซิติก (Indole-3-acetic acid; IAA) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ที่ผลิต IAA จากดินรอบรากของต้นกระดุมทองเถื่อน (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) และประเมินผลต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.) เก็บตัวอย่างดิน 9 ตัวอย่างจากพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา และคัดแยกบนอาหาร nutrient agar (NA) พบปริมาณแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ อยู่ในช่วง 8.33×10^4 ถึง 7.50×10^5 CFU ต่อกรัมของดิน และแยกได้ทั้งหมด 69 ไอโซเลต การทดสอบการผลิต IAA ด้วยวิธี Salkowski พบว่าแบคทีเรียสามารถผลิต IAA ได้ทั้งในอาหารที่เติมและไม่เติม L-tryptophan โดยมีปริมาณ 3.67 ± 0.61 ถึง 28.70 ± 0.33 และ 5.18 ± 3.25 ถึง 112.53 ± 13.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ โดยไอโซเลต WTB3-1 ให้ปริมาณ IAA สูงที่สุด การทดสอบต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า พบว่า การแช่เมล็ดในสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรียความเข้มข้น 10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร ให้ความยาวรากเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 20.20 ± 6.84 มิลลิเมตร และน้ำหนักสดของต้นกล้าสูงที่สุดเท่ากับ 0.0273 ± 0.0058 กรัม ขณะที่การแช่เมล็ดในสารละลาย IAA มาตรฐานความเข้มข้น 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ให้อายุการงอกสูงที่สุดเท่ากับ 96.00 ± 2.24 และความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 24.32 ± 3.01 มิลลิเมตร นอกจากนี้การใช้เซลล์แบคทีเรียยังช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยในการงอกเหลือเพียง 1.24 ± 0.62 วัน และให้ค่าดัชนีการงอกเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 9.40 ± 1.60 ผลการศึกษานี้ให้เห็นว่าแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ จากดินรอบรากต้นกระดุมทองเถื่อนมีศักยภาพในการผลิต IAA และส่งเสริมการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า จึงมีแนวโน้มพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ทางการเกษตรได้

คำสำคัญ: แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ กระดุมทองเถื่อน กรดอินโดล-3-อะซิติก พริกชี้ฟ้า การงอกของเมล็ด

Abstract

The use of plant growth-promoting microorganisms is an important approach for sustainable agriculture, particularly bacteria that produce plant hormones such as indole-3-acetic acid (IAA). This study aimed to isolate IAA-producing endospore-forming bacteria from the rhizosphere soil of *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc. and evaluate their effects on the germination of chili spur pepper (*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.) seeds. Nine soil samples were collected from the University of Phayao, and endospore-forming bacteria isolates were obtained using nutrient agar (NA), with populations ranging from 8.33×10^4 to 7.50×10^5 CFU/g soil. IAA production was determined using the Salkowski method. The isolates produced IAA in media with and without L-tryptophan, ranging from 3.67 ± 0.61 to 28.70 ± 0.33 $\mu\text{g}/\text{mL}$ and 5.18 ± 3.25 to 112.53 ± 13.76 $\mu\text{g}/\text{mL}$, respectively. Isolate WTB3-1 produced the highest amount of IAA. Seed germination assays showed that soaking seeds in a bacterial suspension (10^8 CFU/mL) resulted in the greatest mean root length (20.20 ± 6.84 mm) and highest seedling fresh weight (0.0273 ± 0.0058 g). In contrast, treatment with a standard IAA solution (0.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$) produced the highest germination percentage (96.00 ± 2.24) and shoot length (24.32 ± 3.01 mm). Bacterial treatment also reduced the mean germination time to 1.24 ± 0.62 days and produced the highest germination index (9.40 ± 1.60). These findings indicate that endospore-forming bacteria isolated from the rhizosphere of creeping daisy can produce IAA and enhance chili seed germination, suggesting their potential as an agricultural bioinoculant.

Keywords: endospore-forming bacteria, *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc., indole-3-acetic acid, chili pepper, seed germination

1. บทนำ

การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืนภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นความท้าทายสำคัญของภาคเกษตรในปัจจุบัน การใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องแม้ช่วยเพิ่มผลผลิตระยะสั้น แต่ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมดุลจุลินทรีย์ในระบบนิเวศ ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth-promoting rhizobacteria; PGPR) จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถลดการพึ่งพาสารเคมี (Compant et al., 2010; Olanrewaju et al., 2017) หนึ่งในกลไกสำคัญของ PGPR คือการผลิตฮอร์โมนพืช โดยเฉพาะกรดอินโดล-3-อะซีติก (Indole-3-acetic acid; IAA) เป็นฮอร์โมนพืชในกลุ่ม ออกซิน ที่มีบทบาทในการควบคุมการแบ่งเซลล์ การยึดตัวของเซลล์ และการพัฒนาของระบบราก โดย IAA มีอิทธิพลต่อการเกิดรากแขนง และรากขนอ่อน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารของพืช (Spaepen et al., 2007; Duca et al., 2014)

แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์เป็นหนึ่งในกลุ่ม PGPR ที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีความสามารถในการสร้างเอนโดสปอร์ ทำให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และเหมาะสมต่อการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ทางการเกษตรหลายสายพันธุ์สามารถผลิต IAA และส่งเสริมการเจริญของพืชผ่านการเพิ่มการพัฒนาของระบบรากและการดูดซึมธาตุอาหาร (Glick, 2012; Radhakrishnan et al., 2017)

พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย มีบทบาททั้งในตลาดภายในประเทศและการส่งออก โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริกมากกว่า 812,500 ไร่ และมีผลผลิตรวมมากกว่า 250,000 ตันต่อปี (Amekawa et al., 2023) อย่างไรก็ตามการผลิตพริกมักประสบปัญหาการงอกไม่สม่ำเสมอและการตั้งตัวของต้นกล้าต่ำ ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่นของต้นและศักยภาพผลผลิต (Bosland & Votava, 2012) มีรายงานว่า *Bacillus* spp. สามารถเพิ่มอัตราการงอกและการเจริญของต้นกล้าพริกได้ผ่านกลไกการผลิตฮอร์โมนพืชและการส่งเสริมการดูดซึมธาตุอาหาร (Radhakrishnan et al., 2017)

ดินบริเวณรอบรากพืชเป็นแหล่งสะสมของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญของพืช เนื่องจากรากพืชสามารถหลั่งสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ ทำให้บริเวณดังกล่าวมีความหลากหลายของจุลินทรีย์สูง (Philipot et al., 2013) พืชคลุมดินบางชนิด เช่น ต้นกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) มีความสามารถในการเจริญและปรับตัวสูง จึงอาจเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญของพืช (Mei et al., 2022) ดังนั้นการคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์จากดินบริเวณรอบรากพืชที่มีความสามารถปรับตัวสูงจึงอาจเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อส่งเสริมการงอกและการตั้งตัวของต้นกล้าอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและประเมินศักยภาพของ แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ที่ผลิต IAA จากดินรอบรากของต้นกระดุมทองเลื้อย และทดสอบผลต่อการงอกของพริกชี้ฟ้าภายใต้สภาวะทดลอง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์จากดินรอบรากของต้นกระดุมทองเลื้อย

เก็บตัวอย่างดินรอบรากต้นกระดุมทองเลื้อยจากพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยพะเยาจำนวน 9 ตัวอย่าง ในเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2568 โดยถอนต้นพืชขึ้นมาทั้งต้นและเก็บดินที่ยึดติดกับราก นำดินตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรที่มีน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร เขย่าที่อัตราเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นให้ความร้อนใน water bath ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 15 นาที และปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำสารแขวนลอยดินมาเจือจางแบบลำดับส่วนที่ 10^{-3} 10^{-4} และ 10^{-5} แล้วทำการ spread plate ลงบนอาหาร nutrient agar (NA) ความเจือจางละ 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง เลือกโคโลนีที่มีลักษณะแตกต่างกันมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี cross streak บนอาหาร NA จากนั้นศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์ด้วยการย้อมสีแกรมและย้อมสีเอนโดสปอร์ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า สังเกตรูปร่างและการจัดเรียงตัวของเซลล์ เลือกไอโซเลตที่มีการสร้างเอนโดสปอร์มาเก็บรักษาบนอาหาร NA slant เป็น working stock และเก็บรักษาในกลีเซอรอล ร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ -20 °C

การศึกษาความสามารถของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ในการผลิต indole-3-acetic acid (IAA)

นำแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ที่เจริญบนอาหาร NA slant อายุ 24 ชั่วโมง จำนวน 1 หลวงเขี่ยเชื้อ มาเลี้ยงในอาหาร nutrient broth (NB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่เติมและไม่เติม L-tryptophan ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ในหลอดทดลอง ขนาด 25 x 150 มิลลิเมตร ทำไอโซเลตละ 3 ซ้ำ บ่มบนเครื่องเขย่าที่อัตราเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนใส (supernatant) เพื่อตรวจปริมาณ IAA โดยผสมกับ Salkowski reagent ในอัตราส่วน 1:1 และเก็บไว้ในที่มืด 30 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร คำนวณปริมาณ IAA โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลาย IAA (Glickmann & Dessaux, 1995) และคัดเลือกไอโซเลตที่ให้ปริมาณ IAA สูงสุดไปทำการทดลองต่อไป

การทดสอบความสามารถของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลตที่ได้คัดเลือกต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า

การเตรียมแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลตที่ได้คัดเลือก

นำแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลตที่คัดเลือกมาเลี้ยงในอาหาร NB ที่เติม L-tryptophan ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มบนเครื่องเขย่าที่อัตราเร็ว 120 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที เก็บส่วนใสเพื่อตรวจปริมาณ IAA ส่วนตะกอนเซลล์นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 3 ครั้งและปรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยเซลล์ให้เท่ากับ 10^8 CFU ต่อ มิลลิลิตร ทั้งส่วนใสและสารแขวนลอยเซลล์จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้าในการทดลองต่อไป

การเตรียมเมล็ดพริกชี้ฟ้า

เมล็ดพริกชี้ฟ้าที่ใช้ในการทดลองได้จากพริกชี้ฟ้าที่ซื้อจากห้างโมเดิร์นเทรด (Makro) ในจังหวัดพะเยา เลือกเมล็ดที่สมบูรณ์และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อรา ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ดโดยแช่เมล็ดพริกในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 10 มิลลิลิตรผสม tween 80 ปริมาตร 100 ไมโครลิตรในขวดแก้วขนาด 120 มิลลิลิตร แล้วแช่ในสารละลาย sodium hypochlorite ร้อยละ 1 และเอทานอลร้อยละ 70 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรเป็นเวลา 5 นาที ตามลำดับ และล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อครั้งละ 5 นาที จำนวน 3 ครั้ง (ฐิติปวีณ์ แซ่หลี และคณะ 2568)

การทดสอบการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า

นำเมล็ดพริกชี้ฟ้าที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาทดสอบการงอกของเมล็ดโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Desing ; CRD) แบ่งการทดสอบเป็น 5 กลุ่มทดลอง ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 เมล็ด ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

กลุ่มทดลองที่ 2 เมล็ดพริกจินดาแช่ในอาหาร NB ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

กลุ่มทดลองที่ 3 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในส่วนใสของแบคทีเรีย ไอโซเลต WTB3-1 ที่ปรับความเข้มข้นของ IAA ในส่วนใสให้เท่ากับ 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

กลุ่มทดลองที่ 4 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรีย ไอโซเลต WTB3-1 ความเข้มข้น 10^8 CFU ต่อ มิลลิลิตร

กลุ่มทดลองที่ 5 เมล็ดพริกชี้ฟ้าในสารละลายมาตรฐาน IAA ความเข้มข้น 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เมล็ดพริกชี้ฟ้าในแต่ละกลุ่มทดลองถูกแช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบการงอกด้วยวิธี Top of paper ตามมาตรฐานของ ISTA (2016) โดยวางเมล็ดบนกระดาษทิชชูที่ซ้อนกัน 3 ชั้นที่ชุ่มด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร บันทึกการงอกของเมล็ดเป็นเวลา 14 วัน คำนวณร้อยละการงอก ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอก และดัชนีการงอกของเมล็ด ตามสูตรดังนี้

ร้อยละการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า คำนวณจากสูตร

$$\text{ร้อยละการงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100 \quad (1)$$

ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพริกจินดา คำนวณจากสูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่ใช้ในการงอก} = \frac{\text{ผลบวกของจำนวนเมล็ดที่งอก} \times \text{จำนวนวันที่งอก}}{\text{ผลรวมของเมล็ดที่งอก}} \quad (2)$$

$$\text{ดัชนีการงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนวันที่เพาะ}} \quad (3)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มมูรณัม (Completely Randomized ; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 21

4. ผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณและการคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ จากตัวอย่างดินรอบรากต้นกระตุมทองเลื้อย

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินรอบรากต้นกระตุมทองเลื้อยที่เก็บจากพื้นที่ต่าง ๆ ในบริเวณมหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 9 ตัวอย่าง พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ อยู่ระหว่าง 8.33×10^4 ถึง 7.50×10^5 CFU ต่อกรัมของดิน และสามารถแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ได้ทั้งหมด 69 ไอโซเลต ดังตารางที่ 1 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเซลล์พบว่า ไอโซเลตทั้งหมดเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน สามารถสร้างเอนโดสปอร์ภายในเซลล์ และการจัดเรียงตัวมีทั้งอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เรียงต่อกันเป็นสาย และอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

การศึกษาความสามารถในการผลิต IAA ของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ที่แยกได้จากดินรอบรากต้นกระตุมทองเลื้อย

แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ที่แยกได้ทั้ง 69 ไอโซเลต นำมาทดสอบความสามารถในการผลิต IAA ในอาหาร NB ที่เติมและไม่เติม L-tryptophan ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร เมื่อนำส่วนใสไปวิเคราะห์โดยวิธี Salkowski พบว่า แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์สามารถผลิต IAA ได้ในทั้งสองสภาวะ โดยปริมาณ IAA ที่แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ผลิตได้ในอาหารเหลว NB ที่ไม่เติม L-tryptophan อยู่ในช่วง 3.67 ± 0.61 ถึง 28.70 ± 0.33 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่ในอาหาร NB ที่เติม

L-tryptophan อยู่ในช่วง 5.18 ± 3.25 ถึง 112.53 ± 13.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และไอโซเลทที่สามารถผลิต IAA ได้สูงสุดคือ WTB3-1

ตารางที่ 1 ปริมาณและจำนวนแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ จากตัวอย่างดินบริเวณรอบรากต้นกระดุมทองเลี้ยง

ตัวอย่างที่	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณแบคทีเรีย (CFU/g)	จำนวนไอโซเลท
1	หอพักนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา (19.02971°N , 99.89303°E)	1.75×10^5	14
2	ริมถนนบริเวณเรือนเอื้องคำ ($19.0282945^{\circ}\text{N}$, $99.9029692^{\circ}\text{E}$)	3.87×10^5	9
3	ลานหน้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ ($19.0308061^{\circ}\text{N}$, $99.9016177^{\circ}\text{E}$)	7.50×10^5	3
4	ใต้บันไดพญานาค ($19.0308748^{\circ}\text{N}$, $99.8962056^{\circ}\text{E}$)	8.33×10^4	5
5	อาคารสวสนเสริมศรี ($19.0338266^{\circ}\text{N}$, $99.8865581^{\circ}\text{E}$)	7.17×10^5	7
6	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา ($19.0351736^{\circ}\text{N}$, $99.8852699^{\circ}\text{E}$)	2.53×10^5	8
7	หน้าอาคาร 99 ปี พระอุบาลีคุณูปมาจารย์ ($19.0320168^{\circ}\text{N}$, $99.8948994^{\circ}\text{E}$)	5.13×10^5	5
8	หลังป้ายศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง ($19.0264337^{\circ}\text{N}$, $99.8999520^{\circ}\text{E}$)	5.85×10^5	9
9	อาคารเวียงพะเยา ($19.0326120^{\circ}\text{N}$, $99.8915952^{\circ}\text{E}$)	4.17×10^5	9
รวม			69

การศึกษาผลของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า

เมื่อทดสอบผลของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลท WBT3-1 ต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า พบว่า ทุกกลุ่มทดลอง มีผลต่อความยาวราก ความยาวยอด และน้ำหนักสดของต้นกล้า (ภาพที่ 1) โดยกลุ่มทดลองที่ 4 ซึ่งแช่เมล็ดในสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรียความเข้มข้น 10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร ให้ค่าความยาวรากเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 20.20 ± 6.84 มิลลิเมตร รองลงมาคือกลุ่มทดลองที่ 5 ที่แช่เมล็ดในสารละลายมาตรฐาน IAA ความเข้มข้น 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 ที่แช่เมล็ดในอาหาร NB ให้ค่าความยาวรากต่ำที่สุด เท่ากับ 4.56 ± 3.35 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) สำหรับความยาวยอดเฉลี่ย พบว่า กลุ่มทดลองที่ 5 ให้ค่าความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 24.32 ± 3.01 มิลลิเมตร และแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 ให้ค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 10.04 ± 5.18 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) ส่วนของน้ำหนักสดเฉลี่ยของ ต้นกล้า พบว่า กลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.0273 ± 0.0058 กรัม ขณะที่กลุ่มทดลองที่ 2 ให้ค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.0102 ± 0.0027 กรัม (ตารางที่ 2)

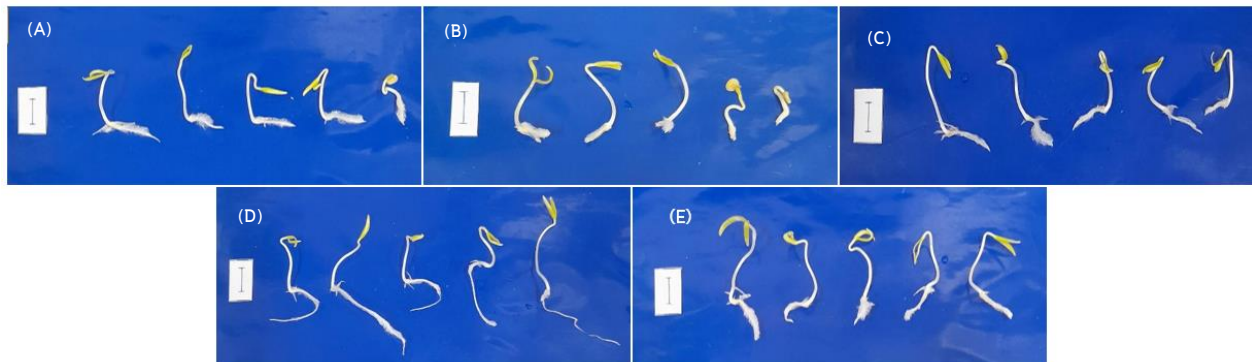
เมื่อพิจารณาร้อยละการงอก ร้อยละการเกิดยอด จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก และค่าดัชนีการงอก พบว่า กลุ่มทดลองมีผลต่อร้อยละการงอก ร้อยละการเกิดยอด และจำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ดัชนีการงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มทดลองที่ 5 ให้ร้อยละการงอกเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 96.00 ± 2.24 รองลงมาคือกลุ่มทดลองที่ 4 มีค่าเท่ากับ 87.00 ± 9.75 ขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าประมาณร้อยละ 77.00 (ตารางที่ 2) สำหรับจำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก พบว่า กลุ่มทดลองที่ 4 ใช้เวลาในการงอกน้อยที่สุด เท่ากับ 1.24 ± 0.62 วัน และแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือกลุ่มทดลองที่ 5 ขณะที่กลุ่ม

ทดลองที่ 1 ที่ แช่เมล็ดในน้ำกลั่น ใช้เวลานานที่สุด เท่ากับ 2.58 ± 0.42 วัน ในส่วนของดัชนีการงอก พบว่า กลุ่มทดลองที่ 4 ให้ค่าสูงที่สุด เท่ากับ 9.40 ± 1.60 และ กลุ่มทดลองที่ 1 ให้ค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 6.64 ± 0.53 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลทดสอบการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า

กลุ่มทดลองที่	ความยาวรากเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ความยาวยอดเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม)	ร้อยละการงอกเฉลี่ย	ร้อยละการเกิดยอดเฉลี่ย	จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก	ดัชนีการงอกเฉลี่ย
1	$11.38^b \pm 4.50$	$16.50^b \pm 5.66$	$0.0187^b \pm 0.0058$	$77.00^b \pm 9.08$	$76.00^a \pm 9.62$	$2.58^b \pm 0.42$	$8.75^{ab} \pm 2.31$
2	$4.56^c \pm 3.35$	$10.04^c \pm 5.18$	$0.0102^c \pm 0.0027$	$77.00^b \pm 7.58$	$77.00^a \pm 7.58$	$1.59^a \pm 0.38$	$6.64^b \pm 0.53$
3	$11.26^b \pm 1.65$	$16.48^b \pm 3.43$	$0.0224^{ab} \pm 0.0035$	$77.00^b \pm 8.37$	$47.00^b \pm 5.70$	$1.83^{ab} \pm 0.56$	$6.65^b \pm 1.17$
4	$20.20^a \pm 6.84$	$14.47^{ab} \pm 2.38$	$0.0273^a \pm 0.0058$	$87.00^{ab} \pm 9.75$	$56.00^b \pm 17.46$	$1.24^a \pm 0.62$	$9.40^a \pm 1.60$
5	$16.38^{ab} \pm 1.18$	$24.32^a \pm 3.01$	$0.0237^{ab} \pm 0.0021$	$96.00^a \pm 2.24$	$78.00^a \pm 12.55$	$1.52^a \pm 0.82$	$8.55^{ab} \pm 2.26$

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่แสดงด้วยตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 ผลการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า ณ วันที่ 14

- (A) กลุ่มทดลองที่ 1 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในน้ำกลั่น
- (B) กลุ่มทดลองที่ 2 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในอาหาร nutrient broth (NB)
- (C) กลุ่มทดลองที่ 3 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในส่วนใส่ที่ได้จากการเลี้ยงแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลท WTB3-1 ที่มี IAA ความเข้มข้น 0.2 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
- (D) กลุ่มทดลองที่ 4 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลท WTB3-1 ที่มีความเข้มข้น 10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร
- (E) กลุ่มทดลองที่ 5 เมล็ดพริกชี้ฟ้าแช่ในสารละลายมาตรฐาน IAA ความเข้มข้น 0.2 ต่อมิลลิลิตร

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้สามารถคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ จากดินรอบรากของต้นกระดุมทองเลี้ยงได้จำนวน 69 ไอโซเลท โดยพบความหนาแน่นของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 8.33×10^4 ถึง 7.50×10^5 CFU ต่อกรัมของดิน ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับรายงานทั่วไปของจุลินทรีย์ในดินบริเวณรอบรากพืชที่มักพบได้ประมาณ 10^3 ถึง 10^8 CFU ต่อกรัมของดิน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และสภาพแวดล้อมของดิน ความหนาแน่นของจุลินทรีย์ที่สูงในบริเวณรอบรากพืชเกิดจากการที่รากพืชหลั่งสารอินทรีย์

เช่น น้ำตาลและกรดอะมิโน ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานของจุลินทรีย์ (Philippot et al., 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ในดินบริเวณรอบรากพืชมีแบคทีเรียที่เรียกลุ่ม *Bacillus* อยู่ในช่วงประมาณ 10^5 ถึง 10^6 CFU ต่อกรัมของดิน และประมาณ 10^4 ถึง 10^5 CFU ต่อกรัมของดิน ในดินทั่วไป (Garbeva et al., 2004)

ผลการทดสอบความสามารถในการผลิต IAA ของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ พบว่าสามารถผลิต IAA ได้ในช่วง 5.18 ± 3.2 ถึง 112.53 ± 13.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยไอโซเลต WTB3-1 ให้ค่าการผลิตสูงที่สุด แสดงถึงศักยภาพในการเป็น PGPR ที่สามารถส่งเสริมการเจริญของพืชผ่านการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้า พบว่าการผลิต IAA ของแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ อาจมีความแปรผันค่อนข้างสูง โดยบางไอโซเลตสามารถผลิต IAA ได้ในช่วง 35 ถึง 217 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Shobha & Kumudhini, 2012) โดยทั่วไปการสังเคราะห์ IAA ของแบคทีเรียมักเกี่ยวข้องกับเส้นทางเมแทบอลิซึมที่ใช้ tryptophan เป็นสารตั้งต้น ซึ่งพบได้ในสารคัดหลั่งจากรากพืช (root exudates) และสามารถกระตุ้นการสร้าง IAA ของจุลินทรีย์ในบริเวณรอบรากพืชได้ (Patten & Glick, 2002)

เมื่อทดสอบผลของไอโซเลต WTB3-1 ต่อการงอกของเมล็ดพริกชี้ฟ้า พบว่าการแช่เมล็ดในสารแขวนลอยของแบคทีเรียความเข้มข้น 10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร ให้ความยาวรากและน้ำหนักสดของต้นกล้าสูงที่สุด พร้อมทั้งยังช่วยลดระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียดังกล่าวสามารถส่งเสริมการงอกและการเจริญระยะต้นของพริกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของ IAA ในการกระตุ้นการแบ่งและการยืดตัวของเซลล์ โดยเฉพาะบริเวณปลายราก (Spaepen & Vanderleyden, 2011; Vacheron et al., 2013; Taiz et al., 2015) นอกจากนี้การทดลองยังพบว่าการแช่เมล็ดพริกในสารละลาย IAA มาตรฐานให้ร้อยละการงอกสูงที่สุด แสดงให้เห็นบทบาทของฮอร์โมนออกซินต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ด อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่ได้รับเซลล์แบคทีเรียให้ความยาวรากและน้ำหนักสดของต้นกล้าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับ IAA เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเกิดจากการที่แบคทีเรียสามารถผลิตสารส่งเสริมการเจริญอื่นร่วมด้วย เช่น gibberellins (Glick, 2012)

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานหลายฉบับที่ระบุว่าแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* สามารถเพิ่มการงอกและการเจริญของเมล็ดพริกได้อย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น Hyder et al. (2020) รายงานว่า *Bacillus subtilis* สามารถเพิ่มร้อยละการงอกจากประมาณ 86.7 ในกลุ่มควบคุมเป็นประมาณ 90 ถึง 100 และช่วยให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีขึ้น ขณะที่ Qiao et al. (2023) พบว่า การใช้ชีวภัณฑ์จาก *B. subtilis* สามารถเพิ่มอัตราการงอกจากประมาณร้อยละ 71 เป็นประมาณร้อยละ 80 ถึง 81 และเพิ่มความสูงของต้นกล้าประมาณร้อยละ 18 ถึง 21 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการใช้แบคทีเรียรอบรากพืชสามารถเพิ่มการงอกของเมล็ดพริกได้ประมาณร้อยละ 13 ถึง 23 และช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นประมาณ 1 วัน (Marquina et al., 2018) ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการทดลองในงานวิจัยนี้

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียกลุ่มสร้างเอนโดสปอร์ ไอโซเลต WTB3-1 มีศักยภาพในการส่งเสริมการงอกและการเจริญของต้นกล้าพริกชี้ฟ้า โดยเฉพาะการพัฒนาของระบบราก ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการผลิต IAA และสารส่งเสริมการเจริญอื่นของแบคทีเรีย ดังนั้นไอโซเลตดังกล่าวจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อส่งเสริมการเจริญของพืชและลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีในระบบการเกษตรอย่างยั่งยืน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนงบประมาณ และให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนการวิจัยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- ฐิติปวีณ์ แซ่หลี่, ธัญลักษณ์ ใจป้อม, และ ธนวุฒิ พรหมบัญญัติ. (2568). ผลของแบคทีเรียกลุ่ม Pink Pigmented Facultative Methylootrophs (PPFMs) ที่ผลิต Indole-3-Acetic Acid ต่อการงอกของเมล็ดพริกจินดา. ใน *การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 4* (น.52-60). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- Amekawa, Y., Hongsibsong, S., Sawarng, N., & Gebre, G. G. (2023). Chili pepper farmers' pesticide use and residues under Thailand's Public GAP standard. *Agriculture*, 13(5), 1105.
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and spice capsicums* (2nd ed.). CABI.
- Compant, S., Clément, C., & Sessitsch, A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(5), 669–678.
- Duca, D., Lorv, J., Patten, C. L., Rose, D., & Glick, B. R. (2014). Indole-3-acetic acid in plant-microbe interactions. *Antonie van Leeuwenhoek*, 106(1), 85–125.
- Garbeva, P., van Veen, J. A., & van Elsas, J. D. (2004). Microbial diversity in soil: selection microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 42, 243–270.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, 963401.
- Glickmann, E., & Dessaux, Y. (1995). A critical examination of the specificity of the Salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(2), 793–796.
- Hyder, S., Gondal, A. S., Rizvi, Z. F., Ahmad, R., Alam, M. M., Hannan, A., Ahmed, W., Fatima, N., & Inam-Ul-Haq, M. (2020). Characterization of native plant growth promoting rhizobacteria and their anti-oomycete potential against *Phytophthora capsici* affecting chilli pepper (*Capsicum annum* L.). *Scientific Reports*, 10(1), 13859.
- ISTA. (2016). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association (ISTA). Bassersdorf, Switzerland.
- Marquina, M. E., Ramírez, Y., & Castro, Y. (2018). Effect of rhizosphere bacteria on germination and growth of bell pepper *Capsicum annum* L. var. Cacique Gigante. *Bioagro*, 30(1), 3-16.
- Mei, Y.-H., Li, X., Zhou, J.-Y., Kong, F.-L., Qi, S.-S., Zhu, B., Naz, M., Dai, Z.-C., & Du, D.-L. (2022). Both adaptability and endophytic bacteria are linked to the functional traits in the invasive clonal plant *Wedelia trilobata*. *Plants*, 11(23), 3369.
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 33(11), 197.

- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). The role of bacterial indoleacetic acid in the development of the host plant root system. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801.
- Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & Van der Putten, W. H. (2013). Going back to the roots: The microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews Microbiology*, 11, 789–799.
- Qiao, J., Zhang, R., Liu, Y., & Liu, Y. (2023). Evaluation of the Biocontrol Efficiency of *Bacillus subtilis* Wettable Powder on Pepper Root Rot Caused by *Fusarium solani*. *Pathogens*, 12(2), 225.
- Radhakrishnan, R., Hashem, A., & Abd_Allah, E. F. (2017). *Bacillus*: A Biological Tool for Crop Improvement through Bio-Molecular Changes in Adverse Environments. *Frontiers in Physiology*, 8, 667.
- Shobha, G., & Kumudhini, B. (2012). Antagonistic effect of the newly isolated PGPR *Bacillus* spp. on *Fusarium oxysporum*. *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 1(3), 326–331.
- Spaepen, S., & Vanderleyden, J. (2011). Auxin and plant–microbe interactions. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 3(4), a001438.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M.-L., Touraine, B., Moenne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dye, F., & Prigent-Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*, 4, 356.

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด จากรูปแบบการบินในแอปพลิเคชันต่าง ๆ

A Comparative Study of Battery Energy Consumption in a Small Training Quadcopter under Different Flight Modes in Application-Based Control

ธนกร ทองกลิ่น¹, ไอลดา ศรีจันทร์กัลต์², ณัฐภัทร หอมชื่นจิตร³, มาโนชญ์ แสงศิริ^{4*}

Tanakorn Thongklin, Ailada Srichanklan², Nattapat Homchunchit³, Manoch Sangsiri^{4*}

¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

¹Phichit Pittayakom School; pox8146@gmail.com

²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

²Phichit Pittayakom School; ailada09282@gmail.com

³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

³Phichit Pittayakom School; pangpond301152@gmail.com

⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

^{4*}Phichit Pittayakom School; sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ “การเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัดจากรูปแบบการบินในแอปพลิเคชันต่าง ๆ” โดยใช้ DJI Tello EDU เป็นอุปกรณ์ในการทดลอง เนื่องจากโดรนเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในด้านการศึกษาและการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมเพิ่มมากขึ้น การศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานจึงมีความสำคัญต่อการออกแบบรูปแบบการบินที่เหมาะสมและช่วยให้สามารถใช้พลังงานแบตเตอรี่ได้อย่างคุ้มค่า โดยแบ่งการค้นคว้าออกเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด ตอนที่ 2 เพื่อออกแบบโปรแกรมและทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด ตอนที่ 4 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า ตอนที่ 1 อากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัดสามารถปฏิบัติตามรูปแบบทำบินความถูกต้องตรงตามลักษณะเงื่อนไขที่กำหนด ตอนที่ 2 โปรแกรมที่ออกแบบสามารถควบคุมการบินได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างถูกต้องร้อยละ 100 ทุกกรณี ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินพบว่า DroneBlocks ประหยัดพลังงานมากที่สุด โดยมีอัตราการใช้แบตเตอรี่ 0.161 %/s ขณะที่ Scratch ทำเวลาได้เร็วที่สุด 79.10 วินาที แต่ใช้พลังงานสูงสุด 0.186 %/s ส่วน Tello SDK มีความสม่ำเสมอของการควบคุมมากที่สุด โดยมีค่า S.D. = 1.02 และอัตราการใช้พลังงานระดับปานกลาง 0.170 %/s ตอนที่ 4 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าพบว่า DroneBlocks มีค่าพลังงานเฉพาะส่วนเฉลี่ยสูงสุด 0.714 ขณะที่ Scratch มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานต่ำสุด 0.350 และกำลังไฟฟ้าต่ำสุด 0.0048 แต่มีความผันผวนสูง (S.D. =

0.077) ส่วน Tello SDK มีความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานมากที่สุด โดยมีค่า S.D. = 0.066 แม้มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.0069 ดังนั้น Tello SDK จึงเหมาะสมต่อการฝึกควบคุมอากาศยานไร้คนขับ เนื่องจากให้เสถียรภาพของระบบสูงที่สุด

คำสำคัญ: การใช้พลังงานแบตเตอรี่ อากาศยานไร้คนขับ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ พลังงานแบตเตอรี่ โปรแกรมควบคุมการบิน

Abstract

This research presents a study on the “A Comparative Study of Battery Energy Consumption in a Small Training Quadcopter under Different Flight Modes in Application-Based Control.” The experiment employed the DJI Tello EDU drone as the testing platform. Drones have increasingly been used in education and programming skill development; therefore, understanding energy consumption efficiency is important for designing appropriate flight patterns and optimizing battery usage. The study was divided into four parts. Part 1 investigated various flight patterns of a small quadrotor training UAV. Part 2 focused on designing programs and testing the different flight patterns. Part 3 compared the flight performance efficiency of the UAV under different programming applications. Part 4 calculated and analyzed the electrical energy and average electrical power obtained from the UAV battery. Statistical analysis was conducted using the mean and standard deviation (S.D.). The results showed that in Part 1, the quadrotor UAV was able to perform all flight patterns accurately according to the specified conditions. In Part 2, the developed programs successfully controlled the UAV flight according to the designed conditions with 100% accuracy in all cases. In Part 3, the comparison of flight performance indicated that DroneBlocks was the most energy-efficient, with the lowest battery consumption rate of 0.161 %/s. Scratch achieved the fastest completion time of 79.10 seconds, but it also consumed the highest energy at 0.186 %/s. Meanwhile, Tello SDK demonstrated the most consistent control performance with S.D. = 1.02 and a moderate energy consumption rate of 0.170 %/s. In Part 4, the electrical energy analysis revealed that DroneBlocks had the highest average specific energy value (0.714), whereas Scratch showed the lowest average energy consumption (0.350) and the lowest electrical power (0.0048), but with higher variability (S.D. = 0.077). Tello SDK exhibited the most stable energy consumption with S.D. = 0.066, although its average electrical power was 0.0069. Therefore, Tello SDK is considered the most suitable platform for UAV flight training, as it provides the highest system stability during operation.

Keywords: Battery Energy Consumption, Unmanned Aerial Vehicle, Performance Comparison, Battery Energy, Flight Control Program

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกและกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือ เครื่องคิดเลข ของเล่นอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงอากาศยานไร้คนขับหรือโดรน ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ล้วนจำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายพลังงาน โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (UAV) เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเฉพาะในด้านการฝึกบินของนักบินอากาศยานไร้คนขับ เนื่องจากสามารถใช้เป็นสื่อฝึกทักษะพื้นฐาน เช่น การลอยตัว การควบคุมทิศทาง และการบินในท่าทางต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจริง การฝึกบินในระดับเริ่มต้นมักอาศัยการควบคุมผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชัน ซึ่งต้องมีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกับการบินจริง (จตุพร เย็นศิริ, 2563)

ในเชิงหลักการ การบินของอากาศยานไร้คนขับเกี่ยวข้องกับกลศาสตร์ของไหล โดยเฉพาะการสร้างแรงยก (Lift) จากการทำงานของใบพัด ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการของแบร์นูลลี (Bernoulli's Principle) ที่ระบุว่าบริเวณที่อากาศไหลด้วยความเร็วสูงจะมีความดันต่ำ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของความดันระหว่างด้านบนและด้านล่างของใบพัด ทำให้เกิดแรงยก นอกจากนี้ แรงยกยังขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วของใบพัดจะส่งผลให้แรงยกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกันยังมีแรงต้านอากาศ (Drag) ซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานของโดรนโดยตรง (SKYbrary Aviation Safety, n.d.)

คณะผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็ก โดยทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานจากรูปแบบการบินในแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ และลักษณะการบิน ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะช่วยเป็นแนวทางในการเลือกใช้แบตเตอรี่และรูปแบบการฝึกบินที่เหมาะสม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึก และส่งเสริมการใช้งานอากาศยานไร้คนขับได้อย่างคุ้มค่าและเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
- 2.2 เพื่อออกแบบโปรแกรมและทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
- 2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
- 2.4 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการทดลองคือ DJI Tello EDU ซึ่งเป็นโดรนขนาดเล็กประเภท Quadcopter ที่มีระบบควบคุมการบินแบบฝังตัว โดยใช้เซนเซอร์ร่วมกัน (Sensor Fusion) ได้แก่ IMU, Barometer และ Visual Positioning System เพื่อรักษาเสถียรภาพในการบินแบบเรียลไทม์ ระบบพลังงานใช้แบตเตอรี่ลิเทียมพอลิเมอร์ (LiPo) ความจุ 1,100 mAh แรงดันไฟฟ้า 3.8 V ให้พลังงานรวมประมาณ 4.18 Wh จ่ายให้กับมอเตอร์ DC จำนวน 4 ตัวผ่านวงจรควบคุมความเร็ว (ESC) การสื่อสารใช้เครือข่าย Wi-Fi ความถี่ 2.4 GHz ผ่านโปรโตคอล UDP ตามมาตรฐาน Tello SDK 2.0 (Ryze Tech, n.d.) และการทดลองดำเนินการภายในอาคารปิดทึบ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโครงสร้างปิดล้อมรอบด้าน เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้มีความคงที่และลดปัจจัยรบกวนจากภายนอก ซึ่งระดับแบตเตอรี่เริ่มต้นเท่ากับที่ร้อยละ 100

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อสร้างแบบเส้นทางการบินของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

1.1.1 ทำลอยนิ่ง (Hover)

1.1.2 ทำบินรูปตัว L เดินหน้าเลี้ยวขวา (L-shaped Path Yaw Right)

1.1.3 ทำบินรูปตัว L เดินหน้าเลี้ยวซ้าย (L-shaped Path Yaw Left)

1.1.4 ทำบินรูปสี่เหลี่ยม เดินหน้าเลี้ยวขวา (Square Path Yaw Right)

1.1.5 ทำบินรูปสี่เหลี่ยม เดินหน้าเลี้ยวซ้าย (Square Path Yaw Left)

1.1.6 ทำบินขึ้นลงอย่างเดียว (Ascend/Descend)

1.1.7 บินขึ้น-ค้าง-ขึ้น-ค้าง (Step Climb/Step Descend)

1.1.8 บินเร่ง/หยุดเร็ว (Aggressive Maneuvering)

1.2 ขั้นตอนการเขียนคำสั่งควบคุมการบินในแต่ละแพลตฟอร์ม

1.2.1 DroneBlocks

- 1) เชื่อมต่อโดรนและใช้คำสั่ง takeoff เพื่อเริ่มบิน
- 2) ใช้คำสั่ง hover และ movement (forward, left, right) เพื่อกำหนดเส้นทางการบิน
- 3) กำหนด delay เพื่อให้การเคลื่อนที่ต่อเนื่อง
- 4) ใช้คำสั่ง land เพื่อจบการบิน

1.2.2 Scratch

- 1) เชื่อมต่อและใช้คำสั่ง takeoff
- 2) ใช้บล็อกคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับ wait (delay)
- 3) จัดลำดับคำสั่งหรือใช้ loop เพื่อสร้างรูปแบบการบิน
- 4) ใช้คำสั่ง land เพื่อสิ้นสุดการทำงาน

1.2.3. Tello SDK

- 1) เชื่อมต่อผ่าน SDK และใช้คำสั่ง command, takeoff
- 2) ใช้คำสั่งควบคุม เช่น forward, yaw (cw/ccw) พร้อมกำหนดค่า
- 3) ใช้ delay (sleep) เพื่อควบคุมจังหวะการทำงาน
- 4) ใช้คำสั่ง land เพื่อจบการบิน

ตอนที่ 2 เพื่อออกแบบโปรแกรมและทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

1. ออกแบบโปรแกรมในแอปพลิเคชันต่างๆ ได้แก่ Scratch, DroneBlocks, Tello SDK ตามการบินที่ศึกษาในตอนต้นที่ 1

2. ทดสอบการบินในรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัดตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้ตามเงื่อนไข โดยทำซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละทำบิน

3. ตรวจสอบการทำงานของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

4. สังเกตและบันทึกผล

ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

1. กำหนดรูปแบบการบินของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
2. ทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันแต่ละชนิด ได้แก่ Scratch, DroneBlocks, Tello SDK อย่างละ 3 ชั่วโมง
3. ตรวจสอบการทำงานของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
4. สังเกตและบันทึกผลลง

ตอนที่ 4 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

1. นำข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพการบินจากตอนที่ 3 ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
2. คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จากแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

2.1 สูตรคำนวณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

$$E_{total} = V \times Ah \quad (1)$$

โดย	E_{total}	=	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง
	V	=	แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น โวลต์
	Ah	=	ความจุของแบตเตอรี่ บอกความสามารถในการจ่ายกระแสไฟต่อเนื่องภายใน 1 ชั่วโมง มีหน่วย แอมแปร์-ชั่วโมง

2.2 คำนวณหาพลังงานเฉพาะส่วน

$$E = \% \times E_{total} \quad (2)$$

โดย	E_{total}	=	พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง
	E	=	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้จริง มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง
	$\%$	=	สัดส่วนพลังงานที่นำมาใช้

2.3 คำนวณหากำลังไฟฟ้า

$$P = E / t \quad (3)$$

โดย	P	=	กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์
	E	=	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้จริง มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง
	t	=	เวลา มีหน่วยเป็น วินาที

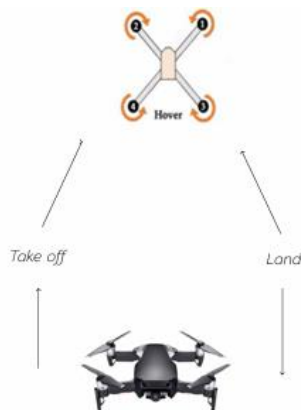
3. นำค่าที่คำนวณมาบันทึกผลในตาราง

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

ตัวอย่างการบิน : ทำลอยนิ่ง (Hover)

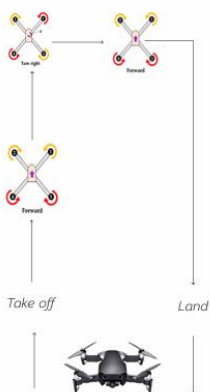
เงื่อนไขของการบิน : เป็นสภาวะการบินที่อากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กสามารถคงตำแหน่งอยู่กับที่เหนือพื้นโลกได้ โดยแรงยกมีค่าเท่ากับน้ำหนักของอากาศยาน ส่งผลให้ไม่มีการเคลื่อนที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ ความเร็วเชิงเส้นมีค่าเท่ากับศูนย์



ภาพที่ 1 แสดงทำบินลอยนิ่ง (Hover)


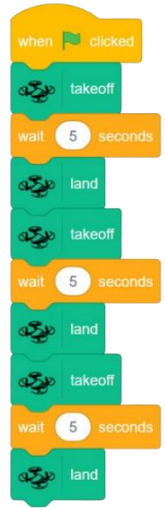
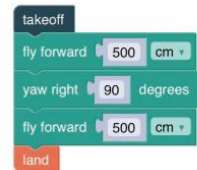
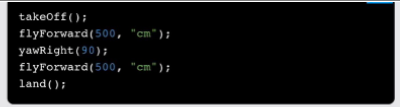
ตัวอย่างการบิน : ทำบินรูปตัว L เดินหน้าเลี้ยวขวา (L-shaped Path Yaw Right)


เงื่อนไขของการบิน : เป็นรูปแบบการบินที่ประกอบด้วยการบินเคลื่อนที่สองช่วงหลัก โดยช่วงแรกเป็นการบินตรงไปข้างหน้าในแนวระดับ จากนั้นอากาศยานทำการหมุนตัวในแกนดิ่งไปทางขวา (Yaw Right) เป็นมุม 90 องศาเพียงหนึ่งครั้ง และเข้าสู่ช่วงที่สองคือการบินตรงต่อในทิศทางใหม่ ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องรักษาระดับความสูงและความเร็วให้คงที่ตลอดกระบวนการบิน ส่งผลให้เส้นทางการบินโดยรวมมีลักษณะเป็นรูปตัว L อย่างชัดเจน (Vida et al., 2023)



ภาพที่ 2 แสดงทำบินรูปตัว L เดินหน้าเลี้ยวขวา (L-shaped Path Yaw Right)

ตอนที่ 2 เพื่อออกแบบโปรแกรมและทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด
ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด ในท่าบินต่าง ๆ แยกตามแอปพลิเคชัน

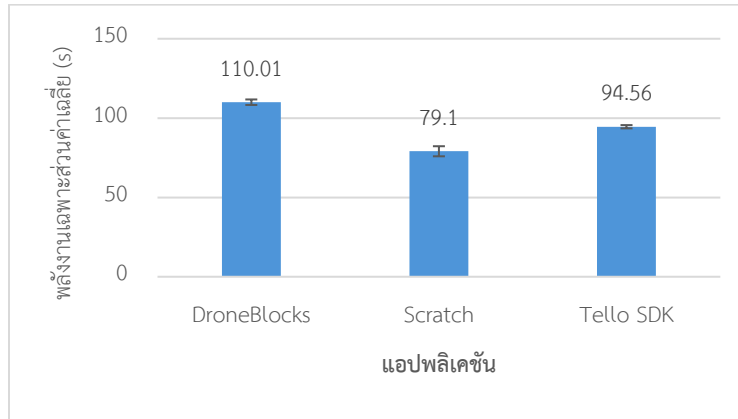
ท่าบิน	แอปพลิเคชัน	ผลการทำงาน
Hover	DroneBlocks	
	Scratch	
	Tello SDK	<pre>tello.py tello.py > ... 1 from djitellopy import Tello 2 import time 3 4 tello = Tello() 5 tello.connect() 6 7 print("Battery before flight:", tello.get_battery(), "%") 8 9 for i in range(3): 10 tello.takeoff() 11 time.sleep(5) 12 tello.land() 13 14 print("Battery after flight:", tello.get_battery(), "%")</pre>
L-shaped Path ขวา	DroneBlocks	
		

ทำบิน	แอปพลิเคชัน	ผลการทำงาน
L-shaped Path ขวา	Scratch	
	Tello SDK	<pre> tello.py tello.py > ... 1 from djitellopy import Tello 2 import time 3 4 tello = Tello() 5 tello.connect() 6 7 for i in range(3): 8 tello.takeoff() 9 10 print("Battery before flight:", tello.get_battery(), "%") 11 12 tello.move_forward(500) 13 tello.rotate_clockwise(90) 14 tello.move_forward(500) 15 16 tello.land() 17 18 print("Battery after flight:", tello.get_battery(), "%") </pre>

ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยรวมของระยะเวลาในการบินและอัตราการใช้แบตเตอรี่ของโดรนจากการ ทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

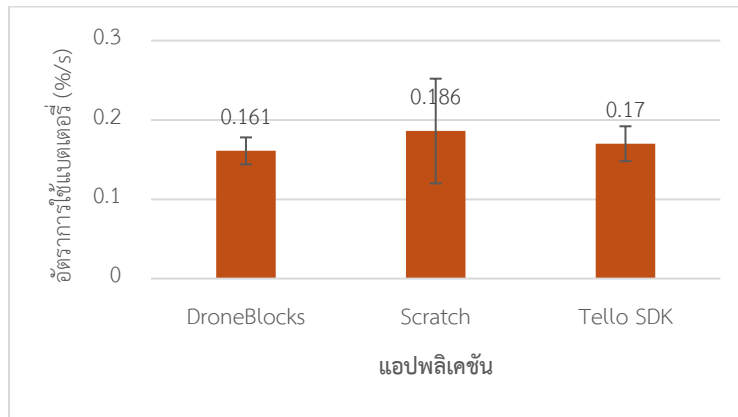
แอปพลิเคชัน	ระยะเวลาเฉลี่ย (s)	S.D.	อัตราการใช้แบตเตอรี่ (%/s)	S.D.
DroneBlocks	110.01	1.74	0.161	0.017
Scratch	79.10	3.18	0.186	0.066
Tello SDK	94.56	1.02	0.170	0.022

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการบิน พบว่า DroneBlocks ใช้เวลามากที่สุด (110.01 ± 1.74 วินาที) รองลงมาคือ Tello SDK (94.56 ± 1.02 วินาที) และ Scratch ใช้เวลาน้อยที่สุด (79.10 ± 3.18 วินาที)



ภาพที่ 3 แสดงค่าการเปรียบเทียบระยะเวลาในการบินของโดรนจากการทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

จากการเปรียบเทียบอัตราการใช้แบตเตอรี่ (%/s) พบว่า Scratch มีการใช้พลังงานสูงที่สุด (0.186 ± 0.066 %/s) รองลงมาคือ Tello SDK (0.170 ± 0.022 %/s) และ DroneBlocks ใช้พลังงานต่ำที่สุด (0.161 ± 0.017 %/s)



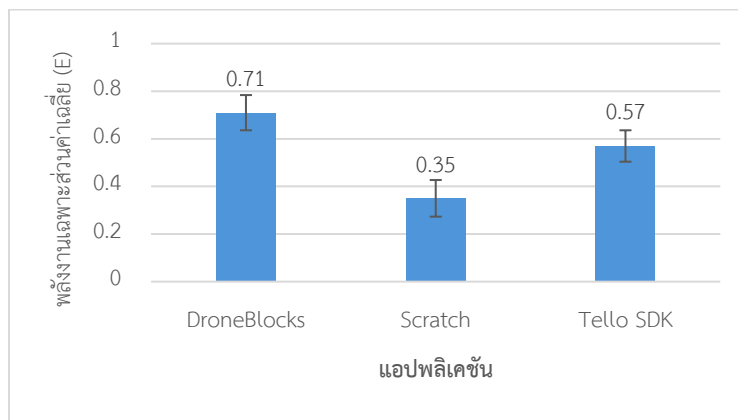
ภาพที่ 4 แสดงค่าการเปรียบเทียบอัตราการใช้แบตเตอรี่ของโดรนจากการทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

ตอนที่ 4 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยรวมของพลังงานเฉพาะส่วนเฉลี่ยและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโดรนจากการ ทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

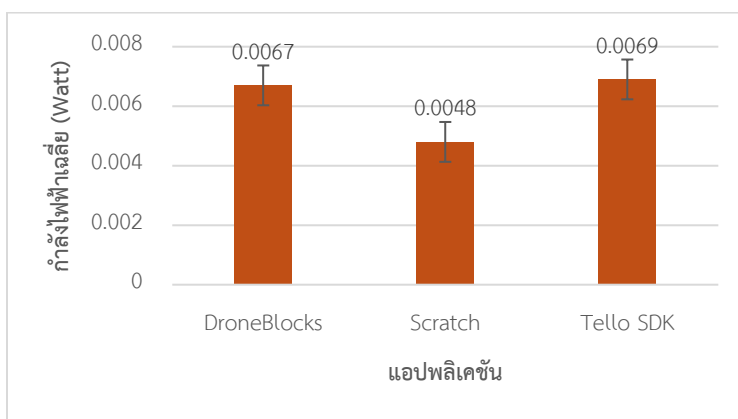
แอปพลิเคชัน	พลังงานเฉพาะส่วนเฉลี่ย (E)	S.D.	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P)	S.D.
DroneBlocks	0.71	0.074	0.0067	0.0771
Scratch	0.35	0.077	0.0048	0.0309
Tello SDK	0.57	0.066	0.0069	0.0973

จากการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าเฉพาะส่วนเฉลี่ย (E) พบว่า DroneBlocks มีค่าสูงสุด (0.71 ± 0.074) รองลงมาคือ Tello SDK (0.57 ± 0.066) และ Scratch มีค่าต่ำที่สุด (0.35 ± 0.077)



ภาพที่ 5 แสดงค่าการเปรียบเทียบพลังงานเฉพาะส่วนค่าเฉลี่ยของโดรนจากการทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

จากการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P) พบว่า Tello SDK มีค่าสูงสุด (0.0069 ± 0.0973 Watt) รองลงมาคือ DroneBlocks (0.0067 ± 0.0771 Watt) และ Scratch มีค่าต่ำที่สุด (0.0048 ± 0.0309 Watt)



ภาพที่ 6 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของโดรนจากการทดลองทำบินทั้งหมด เมื่อควบคุมด้วยแอปพลิเคชัน DroneBlocks, Scratch และ Tello SDK

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด พบว่าทำบินที่ 1-8 มีความถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดทุกกรณี โดยให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 แสดงว่ารูปแบบทำบินมีความเหมาะสมสำหรับใช้ประเมินสมรรถนะการบินของโดรน และสามารถนำไปใช้ทดสอบได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฉลิมชาติ ไพโรศรีสวัสดิ์ และวชิรศักดิ์ วานิชชา (2561) ที่พบว่ากำหนดยกน้ำหนักและรูปแบบการบินที่ชัดเจนช่วยให้โดรนบินได้ตรงตามเงื่อนไขและมีความแม่นยำในการเคลื่อนที่

ตอนที่ 2 เพื่อออกแบบโปรแกรมและทดสอบการบินรูปแบบต่าง ๆ ของอากาศยานไร้คนขับฝึกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด จากตารางที่ 1 พบว่าโปรแกรมที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตรงตามเงื่อนไขของภาพที่ 1-8 โดยทดสอบซ้ำ 3 ครั้งและให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ทุกกรณี แสดงว่าโปรแกรมสามารถควบคุมการบินได้ถูกต้องและมีความเสถียร สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sattar and Nawaz (2023) ที่ระบุว่ากำหนดยกน้ำหนักและรูปแบบการบินที่ชัดเจนช่วยให้อากาศยานไร้คนขับบินเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดและนำไปใช้ในการฝึกหรือการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบินของอากาศยานไร้คนขับ พบว่า DroneBlocks มีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานดีที่สุด โดยมีอัตราการใช้แบตเตอรี่ต่ำที่สุด (0.161 %/s) แม้ใช้ระยะเวลาในการบินมากที่สุด แสดงถึงการควบคุมที่มีความต่อเนื่องและลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น ขณะที่ Scratch มีความรวดเร็วในการบินสูงสุด (79.10 วินาที) แต่มีอัตราการใช้พลังงานสูงสุด (0.186 %/s) และมีความแปรปรวนสูง ซึ่งอาจเกิดจากความหน่วงของการประมวลผลคำสั่ง (delay) ทำให้โดรนต้องปรับสมดุลการบินบ่อยครั้ง ส่งผลให้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Tello SDK มีอัตราการใช้พลังงานระดับปานกลาง (0.170 %/s) แต่มีความสม่ำเสมอของการควบคุมสูงสุด (S.D. = 1.02) เนื่องจากสามารถควบคุมในระดับ low-level ทำให้คำสั่งมีความแม่นยำและต่อเนื่อง ลดการปรับสมดุลซ้ำซ้อนของระบบ ส่งผลให้มีเสถียรภาพในการบินมากที่สุด

ตอนที่ 4 เพื่อคำนวณและวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของแบตเตอรี่ จากตารางที่ 3 พบว่า DroneBlocks มีค่าพลังงานเฉพาะส่วนเฉลี่ยสูงสุด (0.71 ± 0.074) แสดงถึงการให้พลังงานรวมในการบินมากที่สุด ขณะที่

Scratch มีค่าพลังงานเฉพาะส่วนเฉลี่ยต่ำที่สุด (0.35 ± 0.077) และมีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำที่สุด (0.0048 ± 0.0309) แต่มีความผันผวนสูง สะท้อนถึงความไม่สม่ำเสมอของการใช้พลังงาน ส่วน Tello SDK มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุด (0.0069 ± 0.0973) แต่มีความแปรปรวนต่ำที่สุด (S.D. = 0.066) แสดงถึงความเสถียรของการใช้พลังงาน ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่า Scratch มีการใช้พลังงานไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการประมวลผลแบบ block-based ที่มีความหน่วง (delay) ทำให้โดรนต้องปรับแรงขับของใบพัดบ่อยครั้ง ส่งผลให้ค่าพลังงานมีความผันผวนสูง ในขณะที่ DroneBlocks แม้ใช้พลังงานรวมสูง แต่มีรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ต่อเนื่องมากกว่า จึงทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพในเชิงการควบคุม

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการงานการเปรียบเทียบการใช้พลังงานแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด จากรูปแบบการบินในแอปพลิเคชันต่าง ๆ สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนอุปกรณ์ และโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ที่ช่วยให้ค่าปรึกษาและให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับเอกสารวิชาการที่ใช้สำหรับการค้นคว้างาน ตลอดจนข้อเสนอนแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- จตุรพร เียนศิริ. (2563). การวิเคราะห์พลังงานต่อน้ำหนักของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมพอลิเมอร์สำหรับอากาศยานไร้คนขับปีกบินขนาดเล็กแบบสี่ใบพัด. <https://dspace.dti.or.th/jspui/handle/123456789/4629?mode=full>
- เฉลิมชาติ ไพโรศรีสวัสดิ์ และวชิรศักดิ์ วานิชชา. (2561). การพัฒนาระบบควบคุมโดรนบินในอาคารแบบอัตโนมัติโดยใช้สัญลักษณ์แถบสี. https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=526181&query
- ประสพโชค ภูมมา, ไวยาร์ด สายทอง, และ สุรเดช ตันตระกูลรัตน์. (2568). การศึกษาเปรียบเทียบการสร้างแบบจำลองแบตเตอรี่ระหว่างวงจรสมมูลและโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับอากาศยานไร้คนขับโดยใช้ข้อมูลการบินจริง. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 21(3), 16-28. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jit_journal/article/view/265174
- Benotsmane, R., & Vásárhelyi, J. (2022). *Towards optimization of energy consumption of Tello quad-rotor with MPC model implementation*. *Energies*, 15(23), 9207. <https://doi.org/10.3390/en15239207>
- Ghazi, G., & Voyer, J. (2024). *Use of a DJI Tello drone as an educational platform in the field of control engineering*. <https://doi.org/10.24908/pceea.2023.17061>
- JdeRobot. (n.d.). *Real drone Tello square*. https://jderobot.github.io/RoboticsAcademy/exercises/Drones/drone_tello?utm_source
- Levin, J. M., Nahon, M., & Paranjape, A. A. (2016). *Aggressive turn-around manoeuvres with an agile fixed-wing UAV*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.09.042>
- Maloney, J., Resnick, M., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). *Scratch: Programming for all*. <http://doi.acm.org/10.1145/1592761.1592779>

- McAllister, D. A., & Glidden, J. L. (2023). *Assessing the programming efficacy of teachers through workshop learning combining drones and STEM activities*. <https://scholar.utc.edu/research-dialogues/2023/proceedings/15/>
- Olivares Cruz, A., Espinoza, E. S., Ramos Velasco, L. E., García Alcántara, O. A., Garcia Carrillo, L. R., & Rubio Scola, I. (2024). *Biologically-inspired self-tuning neuromorphic PID control for real-time trajectory tracking of a UAS*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.10.206>
- Ryze Tech. (n.d.). *Tello EDU specifications*. <https://www.ryzerobotics.com/tello-edu/specs>
- Sattar, F., & Nawaz, M. (2023). *Developing computational thinking in STEM education with drones*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125117>
- SKYbrary Aviation Safety. (n.d.). *Bernoulli's principle*. <https://skybrary.aero/articles/bernoullis-principle>
- Vida, G., Melegh, G., Süveges, Á., Wenzsky, N., & Török, Á. (2023). *Analysis of UAV flight patterns for road accident site investigation*. *Drones*, 5(4), 93. <https://doi.org/10.3390/vehicles5040093>
- Zhao, T., Zhang, Y., Wang, M., Feng, W., Cao, S., & Wang, G. (2025). *A critical review on the battery system reliability of drone systems*. *Drones*, 9(8), 539. <https://doi.org/10.3390/drones9080539>

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดตารางสอบ โดยใช้ตัวแบบ
กำหนดการเชิงจำนวนเต็มและปัญญาประดิษฐ์
A Comparative Study of Examination Timetabling Performance
Using Integer Programming and Artificial Intelligence

วรเวทย์ ลีลาอภิรดี

Worrawate Leela-apiradee

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
worrawate@mathstat.sci.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สร้างตัวแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (IP) สำหรับปัญหาการจัดตารางสอบ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตัวแบบ เราได้ยกเอารายวิชาที่เปิดสอนในภาคการศึกษาที่ 1/2568 ของหลักสูตร DTI สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1-3 และหลักสูตร CS สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ลำปาง ซึ่งประกอบด้วย 17 รายวิชาที่แตกต่างกัน ข้อจำกัดด้านรายวิชา ได้แก่ จำนวนชั่วโมงสอบในแต่ละวิชา วิชาที่ห้ามสอบวันเดียวกัน วิชาของนักศึกษาชั้นปีหนึ่ง ๆ ที่ควรสอบเพียงวิชาเดียวในหนึ่งวัน และวิชาที่ต้องสอบวันและเวลาเดียวกัน เพื่อประหยัดทรัพยากรบุคคลที่ใช้ในการคุมสอบ เรายังกำหนดเป้าหมายด้วยจำนวนช่วงเวลาในการจัดสอบให้น้อยที่สุด จากการรันหาค่าตอบภายใน 0.98 วินาทีด้วยโปรแกรมซีเพล็กซ์พบว่า ตัวแบบสามารถจัดตารางสอบได้สอดคล้องทุกข้อจำกัด และใช้เพียง 7 ช่วงเวลาการจัดสอบใน 5 วัน หากเปรียบเทียบกับโมเดลเอไอ อย่าง เจมีไนน์ โพร สามารถจัดตารางสอบได้อย่างถูกต้องทุกข้อจำกัด และได้จำนวนช่วงเวลาในการจัดสอบ 8 ช่วงเวลา ซึ่งใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบ IP อย่างไรก็ตาม โมเดลแซทจิพีที ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ละเมิดข้อจำกัดเกี่ยวกับวิชาที่ควรสอบเพียงวิชาเดียวในหนึ่งวัน ในขณะที่ตารางสอบที่ได้จากโมเดลโคลดอร์ มีความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด กล่าวคือ ไม่สามารถจัดตารางสอบให้อยู่ภายใน 5 วันได้ อีกทั้งยังมีบางรายวิชาสำหรับนักศึกษาชั้นปีเดียวกันที่มีช่วงเวลาสอบซ้อนทับกันอยู่

คำสำคัญ: การหาค่าเหมาะที่สุด ตัวแบบกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม ซีเพล็กซ์ ปัญหาการจัดตารางสอบ ปัญญาประดิษฐ์

Abstract

This research developed an Integer Programming (IP) model for the examination timetabling problem. To test the efficiency of the model, we selected courses offered in the first semester of the 2025 academic year for the DTI program for first- to third-year students and the CS program for fourth-year students at the Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Lampang Center. The selection consisted of 17 different courses. Course-related constraints included the number of exam hours for each course, courses that must not

be scheduled on the same day, courses of students in a particular year that should have only one exam per day, and courses that must be scheduled for the same date and time. To conserve personnel resources for exam supervision, we also set the objective to minimize the number of exam time slots. Running the CPLEX program to find a solution within 0.98 seconds showed that the model could schedule exams meeting all constraints and using only 7 exam time slots over 5 days. Compared to AI models, such as Gemini Pro, which can also correctly schedule exams according to all constraints, it required 8 exam time slots, which is close to the results obtained from the IP model. However, the ChatGPT model still produces results that violate the restriction of taking only one subject per day, while the exam schedule generated by the Claude model has the highest deviation, meaning it is not possible to arrange the exam schedule within 5 days. Moreover, there are some subjects for students of the same year that have overlapping exam times.

Keywords: Optimization, Integer Programming Model, CPLEX, Examination Timetabling Problem, Artificial Intelligence

แบบจำลองปฏิสัมพันธ์ระหว่าง PM2.5 และความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพมหานครด้วยพลวัตผู้ล่า-เหยื่อ

Mathematical Modeling of PM2.5 and Relative Humidity Interactions in Bangkok via Predator-Prey Dynamics

วัศพล แสงเจริญถาวร^{1*}, อธิเทพ นวาระสุจิตร์¹, ศิริลักษณ์ เรืองรุ่งโรจน์²

Watsapon Saengcharoenthaworn^{1*}, Itthithev Navarasuchitr¹, Siriluk Ruangrungrote²

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹ Department of Mathematics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, watsapon.saeng@g.swu.ac.th

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of Physics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

บทคัดย่อ

การศึกษานี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แนวคิดแบบจำลองผู้ล่า-เหยื่อ เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) รายวัน โดยกำหนดให้ PM2.5 เป็น "เหยื่อ" และความชื้นสัมพัทธ์เป็น "ผู้ล่า" เพื่ออธิบายอิทธิพลของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อการลดลงหรือการสะสมของมลพิษทางอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้สร้างสมการเชิงอนุพันธ์เพื่ออธิบายอัตราการเปลี่ยนแปลงของ PM2.5 โดยคำนึงถึงอัตราการเพิ่มขึ้นตามธรรมชาติและผลกระทบเชิงยับยั้งจากความชื้นซึ่งส่งผลต่อการแพร่กระจายและการตกตะกอนของฝุ่นละออง สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้นระหว่างความชื้นและ PM2.5 แบบจำลองได้ประยุกต์ใช้ Holling Type III functional response ที่สะท้อนว่าความเข้มข้นของ PM2.5 ต่ำ ผลกระทบของความชื้นต่อการลด PM2.5 จะเกิดช้ากว่าที่ความเข้มข้นสูง ทำให้สามารถจับพฤติกรรมของฝุ่นละอองในสถานการณ์จริงได้แม่นยำยิ่งขึ้น แบบจำลองนี้ได้รับการปรับปรุงจากแบบจำลองพื้นฐาน และค่าพารามิเตอร์ถูกประมาณโดยใช้ข้อมูลจริงรายวันในฤดูหนาว (พฤศจิกายน 2567 – มกราคม 2568) พร้อมตรวจสอบเสถียรภาพของแบบจำลอง ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโมเดลสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและฝุ่นละอองในช่วงวิกฤตฝุ่นได้ดี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) 16.2400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับ PM2.5 และ 4.9400% สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์คุณภาพอากาศล่วงหน้า เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: PM2.5 ความชื้นสัมพัทธ์ แบบจำลองผู้ล่า-เหยื่อ การพยากรณ์รายวัน

Abstract

This study presents a novel application of the predator-prey model to analyze and forecast daily concentrations of particulate matter (PM2.5). In this framework, PM2.5 is characterized as the "prey," while relative humidity is defined as the "predator." This approach aims to explain the influence of meteorological factors on the reduction or accumulation of air pollutants in the Bangkok metropolitan area. The researchers developed a

differential equation to describe the rate of change in PM2.5 levels, accounting for natural growth rates and the suppressive effects of humidity on aerosol dispersion and deposition. To capture the nonlinear inhibitory effect of humidity on PM2.5, the model incorporates a Holling Type III functional response, meaning that the suppressive impact of humidity increases slowly at low PM2.5 concentrations and accelerates as PM2.5 levels rise. The model was refined and adapted from the fundamental predator-prey equations, with parameters estimated using actual daily observational data collected during the winter season (November 2024 - January 2025) along with the stability analysis. Preliminary results indicate that the model effectively explains the relationship between humidity and PM2.5 during peak pollution periods, maintaining a Root Mean Square Error (RMSE) 16.2400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM2.5 and 4.9400% for humidity. The insights gained from this research can be further developed into an early warning forecasting tool for sustainable urban environmental management.

Keywords: PM2.5, Relative Humidity, Predator-Prey Model, Daily Forecasting

การพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษา โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง : กรณีศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี

Dropout Risk Prediction for Vocational Students Using Machine Learning

Udon Thani Vocational College

ทศพล พรหมท้าว^{1*}, กริช สมกันธา²

Todsaphon Phromtaw^{1*}, Krit Somkantha²

^{1,2}สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

^{1,2}Department of Data Science and Information Technology, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University

Corresponding Author E-mail : 63120604209@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษา และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ข้อมูลที่ใช้คือข้อมูลพฤติกรรมกรเข้าเรียนและข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนระดับ ปวช. จำนวน 3,405 รายการ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยกระบวนการทำเหมืองข้อมูล โดยเตรียมข้อมูลและคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Information Gain พบปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ 1) จำนวนครั้งที่ขาดเรียน 2) จำนวนครั้งที่เข้าเรียนตามปกติ และ 3) จำนวนครั้งที่ลา จึงนำคุณลักษณะที่ผ่านการคัดเลือก 7 คุณลักษณะ มาสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค Decision Tree, Random Forest และ Naïve Bayes และประเมินผลด้วย Stratified 10-Fold Cross-validation ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลอง Random Forest มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 97.12 ความแม่นยำร้อยละ 97.10 ความระลึกร้อยละ 97.10 และความว่างตุลร้อยละ 97.10 รองลงมาคือแบบจำลอง Decision Tree ร้อยละ 95.71 และ Naive Bayes ร้อยละ 88.61 สรุปได้ว่าเทคนิค Random Forest มีความเหมาะสมสูงสุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกลไกหลักในระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System) เพื่อคัดกรองและเฝ้าระวังผู้เรียนกลุ่มเสี่ยงของสถานศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ: การออกกลางคัน การเรียนรู้ของเครื่อง ป่าแห่งการทำนาย การทำเหมืองข้อมูล อาชีวศึกษา

Abstract

This research aimed to 1) predict the dropout risk of vocational education students and 2) compare the performance of machine learning models. The dataset consisted of 3,405 records encompassing attendance behaviors and basic information of vocational students. The methodology involved data mining processes, utilizing the Information Gain technique for feature selection. The top three significant features influencing dropout risk were 1) total absences, 2) normal attendances, and 3) total leaves. Seven selected features were used to construct predictive models using Decision Tree, Random Forest, and Naïve Bayes algorithms.

Performance was evaluated via Stratified 10-Fold Cross-validation. The results indicated that the Random Forest model yielded the highest performance, achieving 97.12% accuracy, 97.10% precision, 97.10% recall, and 97.10% F-measure. This was followed by the Decision Tree model (95.71% accuracy) and the Naïve Bayes model (88.61% accuracy). In conclusion, the Random Forest technique is highly efficient and suitable for practical application as a core mechanism in developing an Early Warning System to screen and monitor at-risk students in educational institutions.

Keywords: Dropout risk, Machine learning, Random forest, Data mining, Vocational education

1. บทนำ

การพัฒนาทุนมนุษย์ถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาประเทศและการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (องค์การยูนิเซฟ ประเทศไทย, 2567) การจัดการอาชีวศึกษามีบทบาทสำคัญยิ่งในการผลิตและพัฒนากำลังคนระดับกลางเพื่อป้อนเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังคงเผชิญปัญหาความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาและการหลุดออกจากระบบของผู้เรียน ซึ่งจากรายงานสถานการณ์ล่าสุดพบว่าเด็กและเยาวชนไทยอยู่นอกระบบการศึกษากว่า 1.02 ล้านคน (กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา, 2567) รัฐบาลจึงได้ขับเคลื่อนนโยบายเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้ จากข้อมูลสถิติของกลุ่มตัวอย่างในวิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี พบว่ามีแนวโน้มผู้เรียนออกกลางคันหรือมีสถานภาพความเสี่ยงสูงถึงร้อยละ 20.94 ซึ่งส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการของสถานศึกษา ในบริบทนี้ การมีระบบคัดกรองและแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System) ที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นกลไกสำคัญในการช่วยเหลือและป้องกันผู้เรียนออกกลางคันก่อนเวลาอันควร อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลพฤติกรรมผู้เรียนมาวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงจริยธรรมข้อมูลส่วนบุคคล (Data Privacy) โดยดำเนินการตัดข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนได้ออกจากชุดข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องและเป็นไปตามหลักการของพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล (PDPA) อย่างเคร่งครัด

ปัจจุบัน การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลการศึกษา (Educational Data Mining: EDM) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ได้รับความนิยมและพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพสูงในการพยากรณ์พฤติกรรมผู้เรียน จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกกลางคันมีหลากหลายมิติ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) ฐานะทางเศรษฐกิจและครอบครัว รวมถึงพฤติกรรมมารยาท (ชาลินี นาคทอง และคณะ, 2566; วันชัย โพธิงาม และนพพร ยงคดิพันธ์, 2565) และจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า อัลกอริทึมในกลุ่มต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) นาอิวเบย์ (Naive Bayes) และโดยเฉพาะเทคนิคการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม (Ensemble Learning) เช่น ป่าแห่งการทำนาย (Random Forest) เป็นตัวแบบที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าให้ความแม่นยำสูงในการจำแนกสถานะผู้เรียน (Alenezi et al., 2022; Krüger et al., 2023) นอกจากนี้ กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยลดความซ้ำซ้อนของปัจจัยนำเข้า และช่วยเพิ่มความถูกต้องแม่นยำของตัวแบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อมูลประวัติพื้นฐานและพฤติกรรมการศึกษาของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี มาวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองพยากรณ์ความเสี่ยง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษา และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาาระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System) ที่มีความแม่นยำ ซึ่งจะช่วยให้ครูที่ปรึกษาและสถานศึกษาสามารถเข้าช่วยเหลือและเฝ้าระวังผู้เรียนกลุ่มเสี่ยงได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทำการพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษาอย่างแม่นยำด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อวางแผนการดูแลและช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องที่เหมาะสมในการพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยประยุกต์เชิงปริมาณ โดยดำเนินการตามกระบวนการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining Process) ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องมือและวิธีดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ทุกชั้นปีและทุกสาขาวิชา ในปีการศึกษา 2565 - 2568 จำนวนทั้งสิ้น 3,897 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ข้อมูลประวัติและพฤติกรรมกรเข้าเรียนของนักเรียนระดับ ปวช. วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี จำนวน 3,405 รายการ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคัดเลือกจากชุดข้อมูลที่มีประวัติการเข้าเรียนสมบูรณ์ในระบบ EDR และมีการยืนยันสถานะการศึกษาที่ชัดเจน ในปีการศึกษา 2565 - 2568

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ภาษา Python บน Google Colab สำหรับการทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) และการสร้างคุณลักษณะใหม่

3.2.2 โปรแกรมสำเร็จรูป WEKA สำหรับกระบวนการทำเหมืองข้อมูลและการประเมินแบบจำลอง

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำกระบวนการทำเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญดังนี้

3.3.1 การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ผู้วิจัยทำการส่งออกข้อมูลทุติยภูมิจากระบบเช็คชื่อออนไลน์ (EDR) ของวิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์โครงสร้างตาราง (Excel) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลประวัติการเข้าเรียน ข้อมูลพื้นฐาน และสถานภาพของผู้เรียน

3.3.2 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) นำชุดข้อมูลดิบเข้าโปรแกรม Google Colab โดยใช้ภาษา Python ร่วมกับไลบรารี Pandas ในการจัดการข้อมูล เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของชุดข้อมูล ดำเนินการจัดการข้อมูลที่สูญหาย (Missing Values) กำจัดข้อมูลที่ซ้ำซ้อน และแปลงชนิดข้อมูล (Data Type Casting) ให้อยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้

3.3.3 การเตรียมข้อมูลและการสร้างคุณลักษณะใหม่ (Feature Engineering) ผู้วิจัยได้ดำเนินการเตรียมข้อมูลภายใต้เงื่อนไขที่เคร่งครัด (Strict Mode) โดยใช้ชุดคำสั่งในภาษา Python เพื่อสร้างตัวแปรอัตราส่วนการเข้าเรียนจริง (Real Attendance Percent) ซึ่งเป็นการคำนวณร้อยละของการมาเรียนตามปกติ โดยไม่นับรวมการลาพักและลาป่วย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนพฤติกรรมความรับผิดชอบที่แท้จริงของผู้เรียนอย่างแม่นยำ

3.3.4 การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) นำชุดข้อมูลที่ผ่านการทำความสะอาดและสร้างคุณลักษณะใหม่เข้าสู่โปรแกรม WEKA เพื่อคัดกรองตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงสุดด้วยเทคนิค Information Gain ผลการดำเนินการสามารถลดทอน

ความซ้ำซ้อนของข้อมูล จากคุณลักษณะตั้งต้น 11 คุณลักษณะ คัดกรองเหลือคุณลักษณะนำเข้าที่เหมาะสมที่สุดจำนวน 7 คุณลักษณะ ได้แก่ เพศ สาขาวิชา จำนวนคาบเรียนทั้งหมด จำนวนครั้งที่เข้าเรียนตามปกติ จำนวนครั้งที่ขาดเรียน จำนวนครั้งที่ลา จำนวนครั้งที่เข้าเรียนสาย และคลาสเป้าหมาย 1 คลาส ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดคุณลักษณะข้อมูล (Data Dictionary) ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

ชื่อคุณลักษณะ(Attribute)	ความหมาย	ชนิดข้อมูล
Gender	เพศของผู้เรียน (ชาย, หญิง)	Nominal
Major	สาขาวิชาที่กำลังศึกษา	Nominal
Total_Classes	จำนวนคาบเรียนทั้งหมดในภาคเรียน	Numeric
Total_Present	จำนวนครั้งที่เข้าเรียนตามปกติ	Numeric
Total_Absent	จำนวนครั้งที่ขาดเรียน	Numeric
Total_Leave	จำนวนครั้งที่ลาพักและลาป่วย	Numeric
Total_Late	จำนวนครั้งที่เข้าเรียนสาย	Numeric
Status (Target)	สถานภาพผู้เรียน (Normal, Dropout)	Nominal

จากตารางที่ 1 คุณลักษณะข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยข้อมูลประเภทตัวเลข (Numeric) ที่สะท้อนพฤติกรรมการเข้าเรียนโดยตรง ได้แก่ จำนวนคาบเรียนทั้งหมด จำนวนครั้งที่เข้าเรียนตามปกติ จำนวนครั้งที่ขาดเรียน จำนวนครั้งที่ลา และจำนวนครั้งที่เข้าเรียนสาย ร่วมกับข้อมูลประเภทแจกแจงกลุ่ม (Nominal) ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ เพศ และสาขาวิชา

โดยมีคุณลักษณะเป้าหมาย (Target Class) ในการพยากรณ์คือ สถานภาพของผู้เรียน (Status) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 คลาส ได้แก่ ผู้เรียนที่มีสถานภาพปกติ (Normal) และผู้เรียนที่มีความเสี่ยงออกกลางคัน (Dropout) ซึ่งการจัดเตรียมรูปแบบข้อมูลและกำหนดคลาสเป้าหมายที่ชัดเจนนี้ เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องสามารถค้นหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ และสร้างกฎเกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

3.4 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

ผู้วิจัยนำชุดข้อมูลที่ผ่านการเตรียมความพร้อม ไปสร้างแบบจำลองพยากรณ์การออกกลางคันด้วยอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง 3 เทคนิค ได้แก่ Decision Tree, Naive Bayes และ Random Forest โดยในส่วนของแบบจำลอง Random Forest ผู้วิจัยได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ (Hyperparameters) ที่สำคัญในโปรแกรม WEKA ได้แก่ การกำหนดจำนวนรอบในการสร้างต้นไม้ (numIterations) เท่ากับ 100 ต้น จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธีทดสอบแบบสลับกลุ่มข้อมูล Stratified 10-Fold Cross-validation ร่วมกับการใช้ตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) โดยใช้มาตรวัดประสิทธิภาพเชิงสถิติ 4 ตัวชี้วัด ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

3.4.1 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือ ร้อยละของการทำนายข้อมูลทั้งหมดได้อย่างถูกต้อง

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

3.4.2 ค่าความแม่นยำ (Precision): คือ สัดส่วนของข้อมูลที่ทำนายว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงและเป็นกลุ่มเสี่ยงจริง เทียบกับข้อมูลที่ทำนายว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงทั้งหมด

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

3.4.3 ค่าความระลึก (Recall): คือ สัดส่วนของข้อมูลที่ทำนายว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงและเป็นกลุ่มเสี่ยงจริง เทียบกับข้อมูลกลุ่มเสี่ยงที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมด

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

3.4.4 ค่าความถ่วงดุล (F-Measure): คือ ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกที่ผสมผสานระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความระลึก เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวม

$$F-Measure = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

โดยที่ TP (True Positive) คือ จำนวนนักเรียนออกกลางคันที่ทำนายถูกต้อง, TN (True Negative) คือ จำนวนนักเรียนปกติที่ทำนายถูกต้อง, FP (False Positive) คือ จำนวนนักเรียนปกติที่ทำนายผิดว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงออกกลางคัน และ FN (False Negative) คือ จำนวนนักเรียนกลุ่มเสี่ยงออกกลางคันที่ทำนายผิดว่าเป็นปกติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษา

เพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคัน ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยเทคนิค Information Gain เพื่อประเมินค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดังแสดงผลพธีในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการออกกลางคันด้วยเทคนิค Information Gain

ลำดับ	ชื่อคุณลักษณะ (Attribute)	ความหมาย	ค่าน้ำหนัก (Information Gain)
1	Total_Absent	จำนวนครั้งที่ขาดเรียน	0.32572
2	Total_Present	จำนวนครั้งที่มาเรียนตามปกติ	0.12394
3	Total_Leave	จำนวนครั้งที่ลาพักและลาป่วย	0.10294
4	Major	สาขาวิชาที่กำลังศึกษา	0.03051

ตารางที่ 2 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการออกกลางคันด้วยเทคนิค Information Gain (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อคุณลักษณะ (Attribute)	ความหมาย	ค่าน้ำหนัก (Information Gain)
5	Total_Classes	จำนวนคาบเรียนทั้งหมด	0.02106
6	Total_Late	จำนวนครั้งที่เข้าเรียนสาย	0.02049
7	Gender	เพศ	0.00617

จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ จำนวนครั้งที่ขาดเรียน จำนวนครั้งที่มาเรียนตามปกติ และจำนวนครั้งที่ลา ผู้วิจัยจึงได้คัดกรองเหลือ 7 คุณลักษณะนำเข้าที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นนำไปสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิค Decision Tree, Random Forest และ Naïve Bayes โดยได้นำเสนอประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลผ่านตาราง Confusion Matrix ดังแสดงในตารางที่ 3 ถึง 5

ตารางที่ 3 ตาราง Confusion Matrix ของแบบจำลองเทคนิค Decision Tree

สถานภาพจริง (Actual)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มเสี่ยง (Predicted Dropout)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มปกติ (Predicted Normal)
กลุ่มเสี่ยง (Dropout)	629 (TP)	84 (FN)
กลุ่มปกติ (Normal)	62 (FP)	2,630 (TN)

ตารางที่ 4 ตาราง Confusion Matrix ของแบบจำลองเทคนิค Random Forest

สถานภาพจริง (Actual)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มเสี่ยง (Predicted Dropout)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มปกติ (Predicted Normal)
กลุ่มเสี่ยง (Dropout)	648 (TP)	65 (FN)
กลุ่มปกติ (Normal)	33 (FP)	2,659 (TN)

ตารางที่ 5 ตาราง Confusion Matrix ของแบบจำลองเทคนิค Naïve Bayes

สถานภาพจริง (Actual)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มเสี่ยง (Predicted Dropout)	ทำนายว่าอยู่ในกลุ่มปกติ (Predicted Normal)
กลุ่มเสี่ยง (Dropout)	459 (TP)	254 (FN)
กลุ่มปกติ (Normal)	134 (FP)	2,558 (TN)

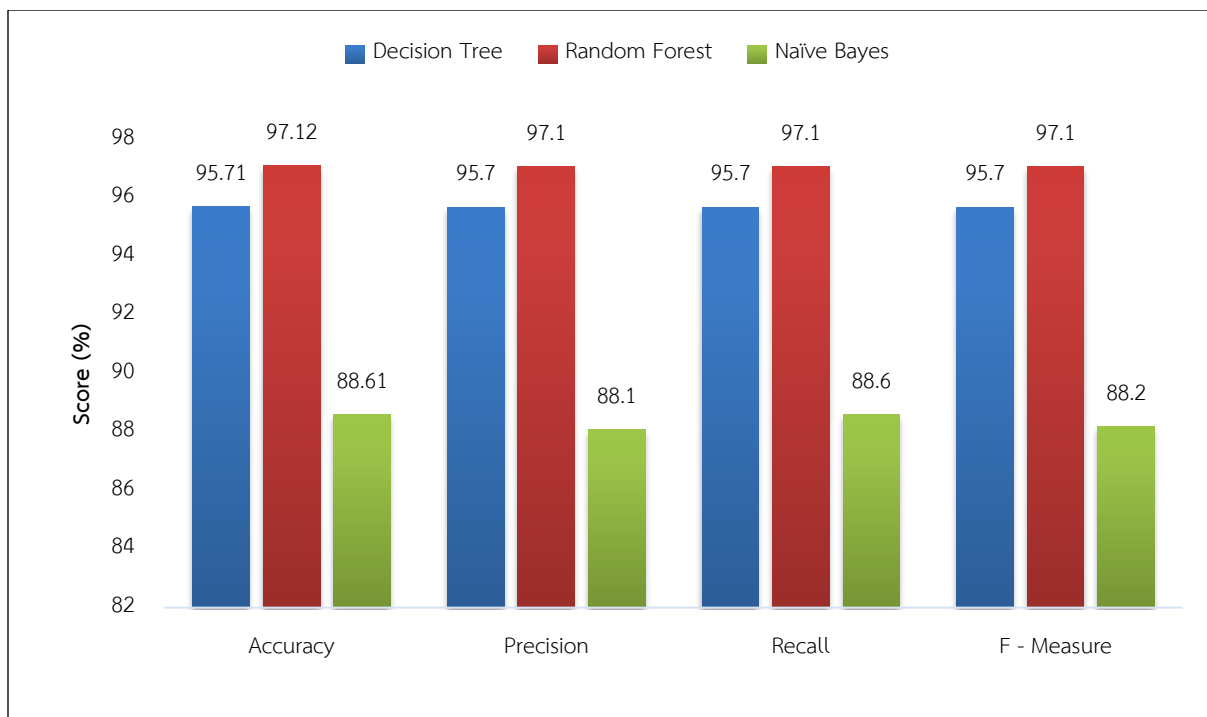
จากตาราง Confusion Matrix ทั้ง 3 ตาราง พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการทำนายกลุ่มเป้าหมายที่มีความเสี่ยง แบบจำลอง Random Forest (ตารางที่ 4) มีความสามารถในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนออกกลางคันได้อย่างถูกต้อง (True Positive) สูงที่สุดถึง 648 รายการ และมีจำนวนความผิดพลาดในการทำนายกลุ่มเสี่ยงว่าเป็นปกติ (False Negative) ต่ำที่สุดเพียง 65 รายการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความแม่นยำในการพยากรณ์กลุ่มเป้าหมายหลักได้ดีกว่าอัลกอริทึมอื่นอย่างชัดเจน

4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ประเมินผลการทดสอบด้วยวิธี Stratified 10-Fold Cross-validation โดยพิจารณาจากค่าสถิติ 4 ตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F-Measure) ดังแสดงผลในตารางที่ 6 และภาพที่ 1

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองพยากรณ์ความเสี่ยงทั้ง 3 เทคนิค

แบบจำลอง (Models)	ความถูกต้อง (Accuracy %)	ความแม่นยำ (Precision %)	ความระลึก (Recall %)	ความถ่วงดุล (F-Measure %)
Decision Tree	95.71	95.7	95.7	95.7
Random Forest	97.12*	97.1	97.1	97.1
Naïve Bayes	88.61	88.1	88.6	88.2



ภาพที่ 1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 3 เทคนิค

จากตารางที่ 5 และภาพที่ 1 ยืนยันผลการเปรียบเทียบว่า แบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิค Random Forest มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุดในทุกตัวชี้วัด โดยสามารถจำแนกสถานะผู้เรียนได้ถูกต้องแม่นยำถึงร้อยละ 97.12 รองลงมาคือแบบจำลอง Decision Tree และ Naïve Bayes ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า เทคนิค Random Forest เป็นอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสมสูงสุดในการจัดการกับความซับซ้อนของข้อมูล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นระบบแจ้งเตือนล่วงหน้า (Early Warning System) เพื่อช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิค Random Forest มีประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์ความเสี่ยงการออกกลางคัน (ความถูกต้องร้อยละ 97.12) เหตุผลหลักที่แบบจำลองนี้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าเทคนิคอื่น เนื่องจาก Random Forest เป็นอัลกอริทึมในกลุ่มการเรียนรู้แบบ Ensemble Learning ที่ทำงานโดยการสุ่มสร้างต้นไม้ตัดสินใจขึ้นมาจำนวนมากและนำผลลัพธ์มาโหวตหาข้อสรุปร่วมกัน กลไกนี้ทำให้แบบจำลองมีความทนทานต่อข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) และสามารถจัดการกับความซับซ้อนของข้อมูลพฤติกรรมกรเข้าเรียนที่มีความผันผวนสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alenezi et al. (2022) และ Niyogisubizo et al. (2022) ที่ระบุว่าเทคนิค Ensemble Learning ช่วยลดปัญหาการ Overfitting ของโมเดล และให้ผลการทำนายที่แม่นยำกว่าอัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจแบบเดี่ยวอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การประยุกต์ใช้เทคนิค Information Gain ในกระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ยังช่วยให้แบบจำลองสามารถโฟกัสไปที่ปัจจัยหลักได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยจากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อความเสี่ยงในการออกกลางคัน 3 อันดับแรก ล้วนเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรเข้าเรียน ได้แก่ จำนวนครั้งที่ขาดเรียน จำนวนครั้งที่มาเรียนตามปกติ และจำนวนครั้งที่ลา ทั้งนี้ สามารถอภิปรายได้ว่า พฤติกรรมกรเข้าชั้นเรียนเป็นดัชนีชี้วัดที่สะท้อนถึงความรับผิดชอบ แรงจูงใจ และความผูกพันต่อสถานศึกษาของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรมที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาลินี นาคทอง และคณะ (2566) ที่ระบุว่าพฤติกรรมกรเรียนและการเข้าชั้นเรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับแนวโน้มการออกกลางคันของนักเรียนอาชีวศึกษา

อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ต้องคำนึงถึง ประการแรก ข้อมูลตัวแปรนำเข้าที่ใช้ในการวิเคราะห์ยังจำกัดอยู่เพียงข้อมูลพฤติกรรมกรเข้าเรียนและประวัติพื้นฐาน ซึ่งอาจทำให้แบบจำลองมีความลำเอียง (Bias) และอธิบายบริบทการออกกลางคันได้ไม่รอบด้าน เนื่องจากขาดปัจจัยสำคัญเชิงพฤติกรรมและสังคม เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) ฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว หรือแรงจูงใจในการเรียน ประการที่สอง ชุดข้อมูลที่ใช้มาจากกระบวนการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากสถานศึกษาเพียงแห่งเดียว ซึ่งอาจส่งผลให้แบบจำลองเกิดการเรียนรู้ที่ติดติดกับบริบทเฉพาะของวิทยาลัยแห่งนี้ (Overfitting) และมีข้อจำกัดในการนำไปสรุปอ้างอิงกับสถานศึกษาในบริบทอื่น

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาและต่อยอดดังนี้

1. ควรมีการบูรณาการข้อมูลในมิติอื่น ๆ เพิ่มเติมเป็นปัจจัยนำเข้า เช่น ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) ข้อมูลด้านจิตวิทยา หรือสถานะทางเศรษฐกิจและครอบครัว เพื่อให้แบบจำลองสามารถวิเคราะห์บริบทของผู้เรียนได้รอบด้านยิ่งขึ้น
2. ควรขยายขอบเขตการทดสอบแบบจำลองไปยังกลุ่มตัวอย่างในระดับชั้นอื่น เช่น ระดับ ปวส. หรือสถานศึกษาอาชีวศึกษาแห่งอื่น เพื่อทดสอบความเสถียร และความสามารถในการสรุปอ้างอิงของแบบจำลอง
3. ควรทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับอัลกอริทึมขั้นสูงกลุ่มอื่น ๆ เช่น เครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) หรือ XGBoost เพื่อพัฒนาตัวแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการนำไปสร้างระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ (Real-time Early Warning System) ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กริช สมกันธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ขอขอบคุณวิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน (EDR) เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ ตลอดจนขอขอบคุณคณะครูและบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วง และเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา. (2567). *รายงานสถานการณ์เด็กและเยาวชนนอกระบบการศึกษา ประจำปี 2567*. กองทุนเพื่อความเสมอภาคทางการศึกษา.
- ชนิดาภา บุญประสม และ จรรย์ แสนราช. (2561). การวิเคราะห์การทำนายการลาออกกลางคันของนักเรียนระดับปริญญาตรีโดยใช้เทคนิควิธีการทำเหมืองข้อมูล. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 9(1), 99-105.
- ชาลินี นาคทอง, ชาตรีย์ สุโครต, ปิรัชญ์ บุญเพชร และอุไรวรรณ แสงแก้ว. (2566). รูปแบบการทำนายและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกกลางคันของนักเรียนอาชีวศึกษา โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง. *วารสารนวัตกรรมและการศึกษาอาชีวศึกษา*, 5(1), 89-102.
- ชีโซลิตา ศรีวิโรบล. (2565). การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการจำแนกกลุ่มนักศึกษาเพื่อลดปัญหาการออกกลางคัน. *วารสารการศึกษาและนวัตกรรมสังคม*, 10(2), 70-85.
- วันชัย โพธิงาม และ นพพร ยงคิตพันธ์. (2565). เทคนิคการเลือกตัวแปรคุณสมบัติสำหรับการทำนายการออกกลางคันของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์. *วารสารนวัตกรรมและเทคโนโลยีประยุกต์*, 7(1), 45-58.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2566). *รายงานสถานการณ์และการพัฒนาการอาชีวศึกษา ประจำปีการศึกษา 2565-2566*. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- องค์การยูนิเซฟ ประเทศไทย. (2567). *การพัฒนาทุนมนุษย์ในประเทศไทย: การศึกษาช่องว่าง อุปสรรค และทางเลือกเชิงนโยบาย*. องค์การยูนิเซฟ ประเทศไทย.
- Alenezi, M., Alshammari, A., & Alshammari, N. (2022). Ensemble machine learning approach for predicting student performance. *IEEE Access*, 10, 43048-43058. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3168742>
- Baranyi, P., & Csapó, Á. B. (2021). Educational data mining: A review of the state of the art in the application of machine learning methods. *Heliyon*, 7(11), e08307. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08307>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- Krüger, C. B., Wessner, M., & Seufert, S. (2023). An explainable machine learning approach for student dropout prediction. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-9>
- Niyogisubizo, J., Liao, L., Nziyumva, E., Murwanashyaka, E., & Nshuti, J. P. (2022). Predicting student's dropout in university classes using two-stage ensemble machine learning approach: A novel mixed approach. *IEEE Access*, 10, 34166-34177. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3162771>

ผลการจัดการเรียนรู้เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

The Learning Outcomes on the Topic of Dimensional relationships of geometric shapes
using the GPAS 5 Steps Learning Model Combined with the Minecraft Game

กฤษฎา จันทร์โกมล¹, สุพัตรา จารีย์², กัญยากร ฮอลเฮง³, เมษิยา แยมเจอร์ญิกิจ^{4*}, กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล⁵
Kitsada Chankomon¹, Supattra Jaree², Kanyakorn Holaiheng³, Maysiya Yamjaroenkit^{4*},
Kanokrat Jirasatjanukul⁵

¹สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹ Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University,

E-mail: kitsada.cha@mail.pbru.ac.th

²กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา

² Banlaemwittaya School, E-mail: supattra.jar@mail.pbru.ac.th

³กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา

³ Banlaemwittaya School, E-mail: 679187202@mail.pbru.ac.th

⁴สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

⁴Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University,

E-mail: maysiya.yam@mail.pbru.ac.th

⁵สาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

⁵Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University,

E-mail: kanokrat.jir@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft (2) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft (3) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft กับเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 30 คน ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 6 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ (1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที (t test) ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft มีค่าดัชนีประสิทธิภาพ E1/E2 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ (80/80) และดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.65 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูง (2) ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (4) ความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ผลการเรียนรู้ มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps, Minecraft

Abstract

This research aimed to (1) develop a lesson plan on Dimensional relationships of geometric shapes using the GPAS 5 Steps teaching method in conjunction with Minecraft game, (2) compare the learning outcomes of students before and after learning using the GPAS 5 Steps teaching method in conjunction with Minecraft game, (3) compare the learning outcomes of students after learning using the GPAS 5 Steps teaching method in conjunction with Minecraft game with the 70% development criterion set, and (4) study the satisfaction of students with the GPAS 5 Steps teaching method in conjunction with Minecraft game. The sample group was 30 students in the first year of secondary school at Ban Laem Wittaya School, Phetchaburi Province. The research was conducted in the first semester of the 2025 academic year for 6 hours. The tools used to collect data were (1) an achievement test and (2) a satisfaction questionnaire. The statistics used to analyze the data were mean and standard deviation. And the t-test results found that (1) the effectiveness of the learning management plan using the GPAS 5 Steps learning management with Minecraft game had an efficiency index value $E1/E2$ higher than the set criteria (80/80) and an effectiveness index (E.I.) equal to 0.65, indicating that the developed learning management plan has high effectiveness. (2) the students' mathematics learning results after the GPAS 5 Steps learning management with Minecraft game were significantly higher than before the learning management at the .05 statistical level. (3) the students' mathematics learning results after the GPAS 5 Steps learning management with Minecraft game were significantly higher than the 70% development criteria at the .05 statistical level. (4) the students' satisfaction after the GPAS 5 Steps learning management with Minecraft game was at the highest level.

Keywords: Learning outcomes, Dimensional relationships of geometric shapes, GPAS 5 Steps learning management, Minecraft

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถือเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผลเชิงตรรกะ และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อหาเรื่อง ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของทรงเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งเป็นหัวข้อที่ต้องอาศัยความสามารถด้านจินตนาการเชิงมิติ (spatial visualization) และความสามารถในการรับรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงในมุมมองที่แตกต่างกัน (ปัทมาพร ศรีนวล, 2563) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าผู้เรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการทำความเข้าใจเนื้อหาดังกล่าว เนื่องจากไม่สามารถเชื่อมโยงภาพสามมิติในจินตนาการกับภาพสองมิติที่ปรากฏบนระนาบได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้เกิดความสับสนในการตีความโจทย์ และไม่สามารถสร้างหรืออธิบายภาพตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รุ่งนภา มั่นคง, 2562)

ปัญหาดังกล่าวส่วนหนึ่งอาจเกิดจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ยังคงเน้นการถ่ายทอดความรู้โดยครูเป็นศูนย์กลาง โดยครูผู้สอนส่วนใหญ่มักใช้วิธีการบรรยายประกอบการยกตัวอย่างตามแบบเรียน และมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นหลัก ซึ่งอาจไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงมิติและการสร้างความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ของผู้เรียนในปัจจุบัน

ตามแนวทางการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 การพัฒนาผู้เรียนจำเป็นต้องมุ่งเน้นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) แนวทางหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ GPAS 5 Steps ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล คิดวิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติ สร้างองค์ความรู้ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการสื่อสารอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบริบทการศึกษาปัจจุบัน

นอกจากนี้ การนำสื่อเทคโนโลยีและเกมเพื่อการเรียนรู้ (Game-Based Learning) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกม Minecraft ซึ่งเป็นเกมเสมือนจริงแบบสามมิติที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสร้างและสำรวจวัตถุในมุมมองที่หลากหลายได้อย่างอิสระ ลักษณะของเกมดังกล่าวจึงเอื้อต่อการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตสามมิติ และช่วยส่งเสริมการมองเห็นภาพเชิงมิติของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ณัฐชา วิริยะกุล, 2564) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังพบว่า การใช้เกม Minecraft ในการเรียนรู้ด้านเรขาคณิตสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการมองภาพเชิงมิติของผู้เรียน รวมทั้งส่งเสริมทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการวิจัยเรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft เพื่อพัฒนาผลการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น ตลอดจนส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงมิติและสร้างแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทและความสนใจของผู้เรียนในยุคดิจิทัล

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักเรียน หลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft กับเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยดำเนินการศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และการวัดประเมินผล จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แล้วนำผลการประเมินมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง การวิจัยครั้งนี้ยึดกรอบแนวคิด 3 ประการ ได้แก่ ทฤษฎี Constructivism ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง แนวคิด Game-Based Learning ที่ใช้เกมเป็นสื่อกระตุ้นแรงจูงใจและการมีส่วนร่วม และแนวคิด Spatial Visualization ที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการมองและจัดการรูปทรงเชิงมิติ กรอบแนวคิดทั้งสามถูกนำมาบูรณาการผ่านการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ซึ่งมีสภาพแวดล้อมสามมิติที่เอื้อให้ผู้เรียนสำรวจ สร้าง และมองรูปเรขาคณิตได้จากหลายมุมมองในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนเชื่อมโยงแนวคิดนามธรรมด้านมิติสัมพันธ์เข้ากับประสบการณ์ที่จับต้องได้อย่างเป็นรูปธรรม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย 2 ชนิด ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ใช้วัดผลการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียน โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ โดยค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 และตรวจสอบคุณภาพด้านความยากง่าย โดยความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.39 ถึง 0.92 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.89 และความเชื่อมั่น (KR 20) เท่ากับ 0.5196 และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียนเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ เพื่อสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

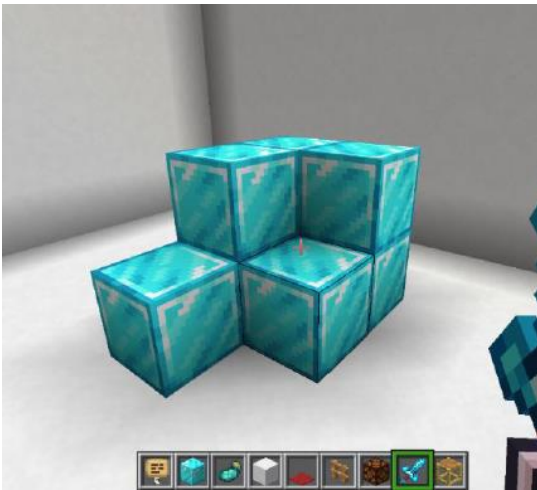
ระยะที่ 1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยร่างแผนการจัดการเรียนรู้ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้น นำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มนำร่อง เพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีคุณภาพก่อนนำไปใช้จริง

ระยะที่ 2 การนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนที่พัฒนาขึ้น โดยในระหว่างการจัดกิจกรรม ผู้วิจัยทำการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยสังเกตพฤติกรรมการมีส่วนร่วมและกระบวนการคิดของนักเรียน และทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบคู่ขนาน โดยกำหนดเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 ตามแนวทางของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งถือเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำของการบรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า t

3.5 ภาพตัวอย่างทรงเรขาคณิตที่ประกอบจากลูกบาศก์โดยใช้เกม Minecraft



ภาพที่ 1 ตัวอย่างทรงเรขาคณิตที่ประกอบจากลูกบาศก์โดยใช้เกม Minecraft

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ผลการวิจัยเป็นดังนี้

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

แผนการจัดการเรียนรู้ที่/เรื่อง	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
แผนที่ 1 เรื่อง การวาดหรือสร้างรูปเรขาคณิต	15	12.19	81.29
แผนที่ 2 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ	15	12.10	80.65
แผนที่ 3 เรื่อง หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ	20	14.97	74.84
แผนที่ 4 เรื่อง ภาพด้านหน้า ภาพด้านข้าง และภาพด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ	15	12.23	81.51
แผนที่ 5 เรื่อง ภาพด้านหน้า ภาพด้านข้าง และภาพด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ	15	12.23	81.51
แผนที่ 6 เรื่อง รูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบจากลูกบาศก์	20	16.39	81.94
รวมผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างเรียน	100	80.10	80.10
ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้หลังเรียน (ผลการเรียน)	30	25.47	84.89
$E1/E2 = 80.10/84.89$			

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft มีค่าดัชนีประสิทธิภาพ $E1/E2$ เท่ากับ $80.10/84.89$ สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ($80/80$)

ตารางที่ 2 ผลสรุปประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.)

ผลการทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย (Mean)	SD	ค่าดัชนีประสิทธิผล
ก่อนเรียน	30	30	17.00	3.72	0.65
หลังเรียน	30	30	25.47	3.72	

จากตารางที่ 2 พบว่า ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.65 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3 ผลการเรียนรู้เรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

ลักษณะการเรียน	Mean	SD	t	df	p-value
รวม ก่อนเรียน	16.97	3.69	73.932	29	0.000
หลังเรียน	25.47	3.72			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft กับเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้

ลักษณะการเรียนรู้	Mean	SD	t	df	p-value
เกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70	-	-	6.575	29	0.000
หลังเรียน	25.47	3.72			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$)

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft

รายการ	Mean	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.57	0.57	มากที่สุด
2. บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.73	0.45	มากที่สุด
3. มีกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิด ได้อภิปรายซักถามและแสดงความคิดเห็น	4.63	0.61	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft น่าสนใจและเร้าใจให้อยากเรียนรู้	4.50	0.68	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์จากการลงมือปฏิบัติจริง	4.57	0.68	มากที่สุด
ความพึงพอใจในภาพรวม	4.60	0.60	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D.=0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจที่สูงที่สุดคือ บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ($\bar{X} = 4.73$, S.D.=0.45) รองลงมาคือ มีกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดได้อภิปราย ซักถามและแสดงความคิดเห็น ($\bar{X} = 4.63$, S.D.=0.61) ลำดับถัดมาคือ บรรยากาศของการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ($\bar{X} = 4.57$, S.D.=0.57) กิจกรรมการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์จากการลงมือปฏิบัติจริง และกิจกรรมการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft น่าสนใจและเร้าใจให้อยากเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.50$, S.D.=0.68) ตามลำดับ

5. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft มีค่าดัชนีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 80.10/84.89 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 และมีค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.65 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้

เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด GPAS 5 Steps ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล การประมวลผลข้อมูล การประยุกต์ใช้ความรู้ และการสื่อสารนำเสนอช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ประกอบกับการใช้เกม Minecraft ซึ่งเป็นสื่อการเรียนรู้เชิงโต้ตอบ (interactive learning media) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองของรูปร่างลักษณะในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมของมิติสัมพันธ์กับประสบการณ์การลงมือปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม จึงทำให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดังกล่าวสามารถพัฒนาความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหามิติสัมพันธ์ของรูปร่างลักษณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจ สร้างและทดลองจัดวางรูปร่างลักษณะในสภาพแวดล้อมของเกมซึ่งช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดเชิงมิติสัมพันธ์ อีกทั้งลักษณะของเกมยังช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของทิพย์วิมล วังแก้วศิริ และคณะ (2566) ที่ใช้ GPAS 5 Steps ร่วมกับสื่อประสมและพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสนับสนุนว่ากระบวนการ GPAS 5 Steps เอื้อต่อการสร้างความเข้าใจเชิงลึกตามแนวคิด Constructivism ของ Vygotsky ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจริง

3. ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft สูงกว่าเกณฑ์การพัฒนาร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจาก กิจกรรมการเรียนรู้ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหา มิติสัมพันธ์ ซึ่งต้องอาศัยการมองภาพสามมิติ การหมุนหรือการเปลี่ยนมุมมองของรูปร่างลักษณะ การใช้เกม Minecraft ซึ่งมีลักษณะเป็นโลกสามมิติ (3D environment) ช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นและจัดการกับรูปร่างลักษณะในหลายมุมมอง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงนิเทศน์ได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้

4. ความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย=4.60, S.D.=0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจที่สูงที่สุดคือ บรรยากาศของการเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน (ค่าเฉลี่ย=4.73, S.D.=0.45) รองลงมาคือ มีกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดได้อย่างมีประสิทธิผล ชักถามและแสดงความคิดเห็น (ค่าเฉลี่ย=4.63, S.D.=0.61) รวมถึงการเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม (ค่าเฉลี่ย=4.57, S.D.=0.57) สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานกระบวนการเรียนรู้เชิงรุกกับสื่อเกมดิจิทัลสามารถสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ท้าทาย และกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจากเกม Minecraft ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

6. ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับเกม Minecraft ต่อทักษะอื่น ๆ ของผู้เรียน เช่น ทักษะการคิดเชิงมิติสัมพันธ์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม หรือทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ของการจัดการเรียนรู้ในหลายมิติ

2. ควรมีการพัฒนาและศึกษารูปแบบกิจกรรมหรือภารกิจการเรียนรู้ภายในเกม Minecraft ให้มีความหลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้เกมในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์
3. สำหรับโรงเรียนที่มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สามารถปรับประยุกต์ใช้สื่อทดแทนได้ เช่น การใช้แอปพลิเคชัน Minecraft Education Edition บนแท็บเล็ต การใช้ซอฟต์แวร์ 3D แบบฟรีแวร์ เช่น GeoGebra 3D หรือการใช้สื่อสิ่งพิมพ์จับต้องได้ (manipulatives) เพื่อให้ผู้เรียนยังคงได้สัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้เชิงมิติสัมพันธ์ในรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน
4. งานวิจัยในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังโรงเรียนหลายแห่งและบริบทที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงทั่วไปของผลการวิจัย

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนสนับสนุนการนำนวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียน ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารโรงเรียนบ้านแหลมวิทยาที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ซึ่งเป็นกำลังใจสำคัญและแรงสนับสนุนให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

- ชาญชัย ลิ่มถาวร. (2563). การจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้โมเดล GPAS 5 ขั้น. *วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา*, 11(3), 15–28.
- ณัฐนันท์ จุยก้าวงค์ และ ณัฐธินุช จุยก้าวงค์. (2565). ผลการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน GPAS 5 Steps แบบออนไลน์ ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิจัย มข. สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 10(2), 113–125.
- ทิพย์วิมล วังแก้วหิรัญ, และคณะ. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รอบรู้รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับสื่อประสม. *วารสารครุศาสตร์ ราชภัฏเชียงใหม่*, 10(1), 1-13.
- ปัญญาวุฒิ สุทธิการ และ ชุตินา สุทธิสาร. (2567). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ร่วมกับการ์ดเกมกลยุทธ์. *วารสารสมาคมพัฒนาวิชาชีพการบริหารการศึกษา*, 5(1), 22-38.
- วรรณาสว่าง. (2561). บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps ที่มีต่อการพัฒนาทักษะการคิด. *วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 18(1), 101-115.
- วรสาร จักรพงษ์. (2564). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดขั้นสูงเชิงระบบ GPAS 5 Steps เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- วาวรินทร์ พงษ์พัฒน์. (2561). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็น โดยการจัดการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศิริวรรณ สุรตม. (2568). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานร่วมกับกระบวนการเรียนรู้แบบ GPAS 5 Steps เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมัชญา วัฒนเสน และ เพชร วิจิตรนาวิน. (2567). ผลของการใช้วิธีการเรียนรู้ GPAS 5 Steps ที่มีต่อความสามารถในการอ่านวรรณคดีอย่างมีวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Interdisciplinary Academic and Research Journal*, 5(5), 1143–1158.

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียด
ของนักเรียนโครงการพิเศษ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
The Relationship Between Mobile Phone Usage Duration and Stress Levels
Among Special Program High School Students at PhichitPittayakom School

ฐาปนพงศ์ แท้มครู¹, ณัฐภัทร หอมชื่นจิตร², ภูธิป นาคจันทร์³, มาโนชญ์ แสงศิริ^{4*}
Thapanapong Tamkroo¹, Nattapat Homchunchit², Puthip Nakchan³, Manoch Sangsiri^{4*}

¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

¹Phichit Pittayakom School; khawoat0802721686@gmail.com

²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

²Phichit Pittayakom School; pangpond301152@gmail.com

³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

³Phichit Pittayakom School; puthipnakchan@gmail.com

⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

⁴Phichit Pittayakom School; sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดของนักเรียนห้องโครงการพิเศษระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม มีวัตถุประสงค์ คือ ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียนโครงการพิเศษระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตอนที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยจำแนกตามเพศ ระดับชั้น และประเภทโครงการพิเศษ ประชากรที่ใช้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการพิเศษ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ปีการศึกษา 2568 จำนวน 318 คน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซีและมอร์แกน (Krejcie and Morgan) จำนวน 175 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) และการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม จำนวน 2 ส่วน ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ และแบบวัดระดับความเครียดมีความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับมีค่า Cronbach's Alpha เท่ากับ .87 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ t-test, ANOVA และ Pearson's Correlation Coefficient ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มือถือนานกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยเพศหญิงมีแนวโน้มใช้โทรศัพท์มือถือมากกว่าเพศชาย นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเครียดอยู่ในระดับ "ปานกลาง" โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีระดับความเครียดเฉลี่ยสูงที่สุด นักเรียนเพศหญิงมีระดับความเครียดเฉลี่ยสูงกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีระดับความเครียดสูงกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับระดับความเครียด

คำสำคัญ: การใช้โทรศัพท์มือถือ ความเครียด นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

This research project aimed to examine the stress levels of upper secondary students enrolled in special programs, to study the duration of mobile phone usage among these students, and to compare their stress levels classified by gender, grade level, and type of programs. Consisted of 318 upper secondary students in special programs at Phichit Pittayakom School, Phichit, during the 2025 academic year. The sample size was determined using the Krejcie and Morgan table, resulting in a sample of 175 students. The sampling methods used were stratified random sampling and simple random sampling. The research instrument was a questionnaire consisting of two parts: general information of respondents and a stress level measurement scale. The overall reliability of the questionnaire, measured by Cronbach's Alpha, was .87. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential statistics, including t-test, ANOVA, and Pearson's Correlation Coefficient. Revealed that most students used mobile phones for more than 6 hours per day, with female students tending to use mobile phones more than male students. Most students had a "moderate" level of stress. Grade 12 students had the highest average stress level. Female students had significantly higher average stress levels than male students, and Grade 12 students had significantly higher stress levels than Grade 10 students. Additionally, the duration of mobile phone usage showed a moderate positive correlation with stress levels.

Keywords: Mobile phone usage, Stress, Upper secondary school students

1. บทนำ

ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมาก จนถูกมองว่าเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของการใช้ชีวิตในยุคดิจิทัล เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการค้นหาข้อมูล การติดต่อสื่อสาร หรือการสร้างความบันเทิง ส่งผลให้โทรศัพท์มือถือได้รับความนิยมในทุกช่วงวัย โดยเฉพาะกลุ่มวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางร่างกาย อารมณ์ และสังคม (สุรตนา เหล่าไชย และคณะ, 2561) จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2566) พบว่าประชากรไทยส่วนใหญ่มีโทรศัพท์มือถือใช้งานในชีวิตประจำวัน และผู้ใช้อินเทอร์เน็ตจำนวนมากเข้าถึงเครือข่ายผ่านโทรศัพท์มือถือ สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของอุปกรณ์ดังกล่าวในสังคมปัจจุบัน โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ใช้โทรศัพท์มือถือทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสารกับผู้อื่น และการพักผ่อน อย่างไรก็ตาม การใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเวลานานหรือใช้งานอย่างต่อเนื่องโดยขาดการควบคุม อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งด้านร่างกายและจิตใจ โดยเฉพาะความเครียด ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในวัยรุ่น

งานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่าการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์กับระดับความเครียด เช่น การใช้งานในช่วงเวลากลางคืนที่รบกวนการนอนหลับ การรับสื่อที่ก่อให้เกิดความกดดันทางอารมณ์ หรือการใช้โทรศัพท์ในกิจกรรมที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ นอกจากนี้ นักเรียนในโครงการพิเศษมักมีภาระด้านการเรียนสูงกว่านักเรียนทั่วไป ทั้งการเรียนในห้องเรียน การค้นคว้าข้อมูล และการทำโครงการ ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเครียดมากขึ้น อีกทั้งยังต้องใช้โทรศัพท์มือถือเพื่อการเรียนออนไลน์และการสื่อสารเป็นประจำ หากไม่มีการจำกัดระยะเวลาในการใช้งาน อาจก่อให้เกิดผลกระทบทางจิตใจ เช่น ความเหนื่อยล้า สมาธิลดลง หรือความวิตกกังวล นอกจากนี้ แนวคิดความเหนื่อยล้าจากสื่อสังคมออนไลน์ อธิบายว่าการใช้งานสื่อสังคมอย่างต่อเนื่องอาจทำให้ผู้ใช้เกิดความเหนื่อยล้าและความเครียด โดยมีสาเหตุจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ ปัจจัยส่วน

บุคคล แรงกดดันทางสังคม และปริมาณข้อมูลที่มีมากเกินไป ซึ่งส่งผลต่อความอ่อนล้าทางจิตใจและระดับความเครียดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ระดับความเครียดเพิ่มสูงขึ้น (Zheng & Ling, 2021) ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโครงการพิเศษจึงมีความสำคัญ เนื่องจากจะช่วยให้เข้าใจรูปแบบการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียน รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพจิต ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม การดูแลสุขภาพทางจิต และช่วยให้ครูที่ปรึกษาและผู้บริหารสถานศึกษาสามารถวางแผนดูแลนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2.2 เพื่อศึกษาระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียนห้องโครงการพิเศษ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยจำแนกตามเพศ ระดับชั้น และประเภทโครงการพิเศษ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการพิเศษ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 318 คน

2) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการพิเศษ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซีและมอร์แกน (Krejcie and Morgan) ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 175 คน ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 58 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 58 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 59 คน

3.2 ตัวแปรของการศึกษา

- 1) ตัวแปรต้น เพศของนักเรียน ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ
- 2) ตัวแปรตาม ระดับความเครียดของนักเรียน

3.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) ในการศึกษาค้างนี้ ศึกษาเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ (ชั่วโมงต่อวัน) กับระดับความเครียดของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินภาวะเครียดของคนไทย (Thai Stress Test: TST-20)
- 2) ในการศึกษาค้างนี้ ใช้ประชากรซึ่งเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการพิเศษ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร ทั้งหมดจำนวน 318 คน
- 3) ในการศึกษาค้างนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โครงการพิเศษ โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครซีและมอร์แกน (Krejcie and Morgan) การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิตามสัดส่วน (Stratified Random Sampling) และการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

3.4 เครื่องมือและการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นและเลือกใช้แบบวัดมาตรฐานเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เป็นคำถามแบบเลือกตอบ (Checklist) ได้แก่ เพศ ระดับชั้น และเวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์มือถือต่อวัน

2) แบบวัดระดับความเครียด

คณะผู้จัดทำได้สร้างขึ้นโดยปรับปรุงแก้ไข ดัดแปลงแบบสอบถามจากแบบวัดความเครียด (SPST - 20) กรมสุขภาพจิต (2564) ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 20 ข้อ แบ่งเป็น 2 ด้านหลัก ได้แก่ อาการแสดงของความเครียด (10 ข้อ) กลไกการเผชิญความเครียด (10 ข้อ) ผู้ตอบประเมินตนเองในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา โดยให้คะแนน 0-3 ตามความถี่ของอาการหรือพฤติกรรม (0 = ไม่มีเลย, 1 = มีเล็กน้อย, 2 = มีปานกลาง, 3 = มีมาก) การแปลผลคะแนนรวม

0-23 คะแนน = ระดับความเครียดน้อย

24-41 คะแนน = ระดับความเครียดปานกลาง

42 คะแนนขึ้นไป = ระดับความเครียดสูง

คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือเป็นแบบสอบถามเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษารูปแบบในการสร้างแบบสอบถาม

3) ดำเนินการสร้างแบบสอบถามให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัย ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บ รวบรวม ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

4) นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบเพื่อหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขให้เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าสิ่งที่ประเมินมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสิ่งที่ประเมินมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

5) รวบรวมสรุปข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำมาปรับปรุงแก้ไขและหาความสอดคล้องตาม ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา (Index of item- Objective congruence : IOC) ช่วงของค่า IOC ที่ได้ของแต่ละข้อ อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 โดยค่าความเชื่อมั่นรวมทั้งฉบับเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงว่าแบบสอบถามมีความสอดคล้องภายในที่ดี เหมาะสำหรับการใช้เก็บข้อมูลในการวิจัย

6) นำแบบสอบถาม ไปทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ได้ด้วยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Coefficient Alpha) ของครอนบาค (Cronbach)

3.5 การรวบรวมข้อมูล

คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ขออนุญาตจากผู้อำนวยการโรงเรียนและอาจารย์ที่ปรึกษา

2) แจกคิวอาร์โค้ดให้กับกลุ่มตัวอย่าง

3) ตรวจสอบความสมบูรณ์ในระบบ Google form เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผู้จัดทำได้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS (Statistical Package for the Social Science) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปและระดับความเครียด ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพื้นฐานส่วนบุคคลกับคะแนนความเครียด ใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ใช้ t-test แบบอิสระ (independent sample t-test) เปรียบเทียบความเครียดระหว่างเพศ
3. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้มือถือกับระดับความเครียด ใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient)

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ใช้โทรศัพท์มือถือ เวลาเฉลี่ยในแต่ละวัน จำแนกตามเพศ

เวลาใช้โทรศัพท์มือถือ/วัน	ชาย (คน)	ร้อยละ	หญิง (คน)	ร้อยละ	รวม (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 2 ชั่วโมง	-	-	1	1.00	1	0.57
2-4 ชั่วโมง	21	28.00	8	8.00	29	16.57
4-6 ชั่วโมง	20	26.67	35	35.00	55	31.43
มากกว่า 6 ชั่วโมง	34	45.33	56	56.00	90	51.43
รวม	75	100.00	100	100.00	175	100.00

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชายส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มือถือ มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 51.43 รองลงมาคือกลุ่มที่ใช้โทรศัพท์ 4-6 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 55 คน ร้อยละ 31.43 สำหรับนักเรียนหญิง พบว่ามีสัดส่วนการใช้โทรศัพท์ มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน มากที่สุดเช่นกัน ร้อยละ 56.00 ขณะที่นักเรียนชาย มีร้อยละ 45.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพศหญิงมีแนวโน้มใช้โทรศัพท์มือถือในระยะเวลา นานกว่าเพศชาย

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ใช้โทรศัพท์มือถือ เวลาเฉลี่ยในแต่ละวัน จำแนกตามระดับชั้น (N=175)

ระดับชั้น	น้อยกว่า 2 ชม.	ร้อยละ	2-4 ชม.	ร้อยละ	4-6 ชม.	ร้อยละ	มากกว่า 6 ชม.	ร้อยละ
มัธยมศึกษาปีที่ 4	1	1.72	14	24.14	18	31.03	25	43.10
มัธยมศึกษาปีที่ 5	-	0.00	4	6.90	26	44.83	28	48.28
มัธยมศึกษาปีที่ 6	-	0.00	11	18.64	11	18.64	37	62.71
รวม	1	0.57	29	16.57	55	31.43	90	51.43

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนทุกระดับชั้นส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยเฉพาะชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีสัดส่วนสูงสุดที่ ร้อยละ 62.71 รองลงมาคือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ร้อยละ 48.28 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร้อยละ 43.10

ในทางกลับกัน นักเรียนที่ใช้โทรศัพท์น้อยกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1.72) เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับชั้นสูงขึ้น นักเรียนมีแนวโน้มใช้โทรศัพท์มือถืออยู่ในระยะเวลานานขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 3 ระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำแนกตามเพศ

ระดับความเครียด	ชาย (คน)	ร้อยละ	หญิง (คน)	ร้อยละ	รวม (คน)	ร้อยละ
ต่ำ (0-23 คะแนน)	25	33.33	30	30.00	55	31.43
ปานกลาง (24-41 คะแนน)	48	64.00	67	67.00	115	65.71
สูง (42-60 คะแนน)	2	2.67	3	3.00	5	2.86
ร้อยละ	75	100.00	100	100.00	175	100.00

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเครียดอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 115 คน ร้อยละ 65.71 รองลงมาคือกลุ่มที่มีระดับความเครียดต่ำ จำนวน 55 คน ร้อยละ 31.43 และมีเพียง 5 คน ร้อยละ 2.86 ที่มีระดับความเครียดสูง เมื่อพิจารณาแยกตามเพศ พบว่า นักเรียนหญิงมีแนวโน้มมีระดับความเครียดปานกลางมากกว่าเพศชาย ส่วนนักเรียนเพศชายมีสัดส่วนผู้ที่มีระดับความเครียดต่ำมากกว่าเพศหญิง สรุปได้ว่าโดยภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่ทั้งชายและหญิงมีภาวะเครียดอยู่ในระดับปานกลาง โดยเพศหญิงมีแนวโน้มความเครียดสูงกว่าเล็กน้อย

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t	df	P-value
ชาย	75	27.10	6.45			
หญิง	100	30.20	7.85	-2.79	173	0.006*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 จากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test แบบกลุ่มอิสระ พบว่า นักเรียนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยระดับความเครียดสูงกว่านักเรียนเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t = -2.79$, $P\text{-value} = 0.006$)

ตารางที่ 5 ระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำแนกตามระดับชั้น

ระดับความเครียด	ม.4 (คน)	ร้อยละ	ม.5 (คน)	ร้อยละ	ม.6 (คน)	ร้อยละ	รวม (คน)	ร้อยละ
ต่ำ (0-23 คะแนน)	19	32.76	21	36.21	15	25.42	55	31.43
ปานกลาง (24-41 คะแนน)	39	67.24	34	58.62	42	71.19	115	65.71
สูง (42-60 คะแนน)	-	-	3	5.17	2	3.39	5	2.86
ร้อยละ	58	100.00	58	100.00	59	100.00	175	100.00

จากตารางที่ 5 นักเรียนทุกระดับชั้นส่วนใหญ่มีระดับความเครียด อยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 115 คน ร้อยละ 65.71 รองลงมาคือระดับความเครียดต่ำ จำนวน 55 คน ร้อยละ 31.43 และมีเพียง 5 คน ร้อยละ 2.86 ที่มีระดับความเครียดสูง เมื่อพิจารณาแยกตามระดับชั้นพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีสัดส่วนความเครียดระดับปานกลางสูงที่สุด ร้อยละ 71.19 รองลงมาคือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ร้อยละ 58.62 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ร้อยละ 67.24 โดยสรุป นักเรียนทุกระดับชั้นส่วนใหญ่มีภาวะเครียดอยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อระดับชั้นสูงขึ้น มีแนวโน้มที่ภาวะเครียดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำแนกตามระดับชั้น

แหล่งที่มาของความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P-value
ระหว่างกลุ่ม	935.62	2	467.81	8.95	0.000*
ภายในกลุ่ม	8937.40	172	51.96		
รวม	9873.02	174			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

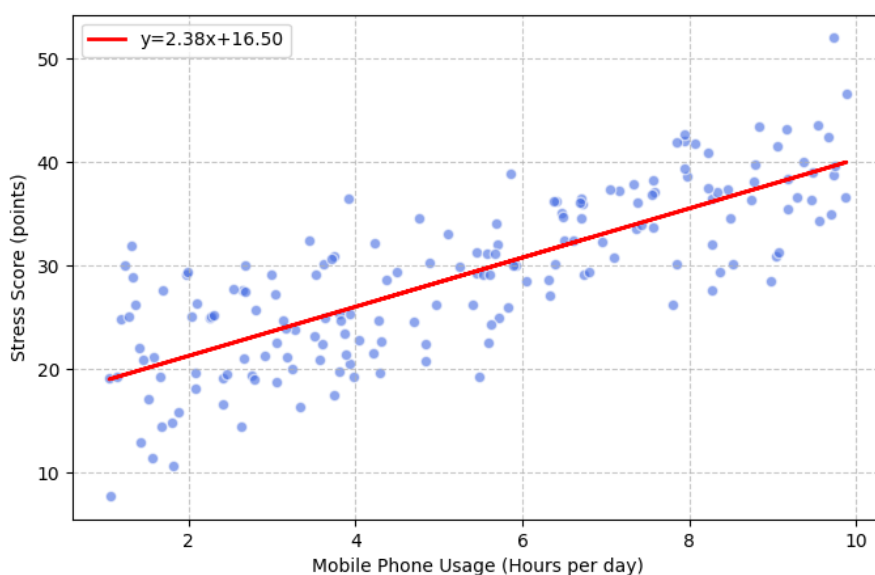
จากตารางที่ 6 พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มัธยมศึกษาปีที่ 5 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีระดับความเครียดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($F = 8.95, p = 0.000^*$) ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปร	N	r	P-value
ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ ↔ ระดับความเครียด	175	0.482	0.000*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 7 พบว่า ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01* กล่าวคือ นักเรียนที่ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นระยะเวลานานต่อวัน มีแนวโน้มที่จะมีระดับความเครียดสูงขึ้น ในขณะที่ผู้ที่ใช้โทรศัพท์มือถือระยะเวลาน้อย มีแนวโน้มระดับความเครียดต่ำกว่า



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียด

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 175 คน สรุปตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานได้ว่า ระดับความเครียดโดยรวม นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเครียดอยู่ในระดับ ปานกลาง (ร้อยละ 65.71) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมคือ 29.52 (S.D. = 7.29) ซึ่งอยู่ในช่วงระดับปานกลาง (24–41 คะแนน) ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ นักเรียนส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มือถือ มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน (ร้อยละ 51.43) โดยมีระยะเวลาเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 5.54 ชั่วโมงต่อวัน

1. การเปรียบเทียบระดับความเครียดจำแนกตามเพศ

จากผลการวิเคราะห์ นักเรียนเพศชายและเพศหญิงมีระดับความเครียด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยระดับความเครียดสูงกว่าเพศชาย (หญิง \bar{X} = 30.20 ชาย \bar{X} = 27.10) ผลการทดสอบสมมติฐาน: ยอมรับ สมมติฐานที่ 1: นักเรียนเพศชายและเพศหญิงมีระดับความเครียดที่แตกต่างกัน

2. การเปรียบเทียบระดับความเครียดจำแนกตามระดับชั้น

จากผลการวิเคราะห์ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 มีระดับความเครียด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนชั้น ม.6 มีระดับความเครียดสูงกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความเครียดสูงกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยความเครียดสูงที่สุด (\bar{X} = 30.60) ผลการทดสอบสมมติฐาน: ยอมรับ สมมติฐานที่ 2: นักเรียนที่อยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 มีระดับความเครียดแตกต่างกัน

3. การเปรียบเทียบระดับความเครียดจำแนกตามแผนการเรียน

จากผลการวิเคราะห์ นักเรียนจำแนกตามแผนการเรียน มีระดับความเครียด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนแผนการเรียน Special Program มีความเครียดเฉลี่ยสูงกว่าแผน วิทย-คณิต (พลังสืบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.012^*$) แผนการเรียน Special Program มีค่าเฉลี่ยความเครียดสูงที่สุด (\bar{X} = 31.25) ผลการทดสอบสมมติฐาน: ยอมรับ สมมติฐานที่ 3: นักเรียนที่อยู่แผนการเรียนต่างกัน มีระดับความเครียดแตกต่างกัน

4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียด

จากผลการวิเคราะห์ ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 ($r = 0.482, p < 0.001^*$) กล่าวคือ นักเรียนที่ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นระยะเวลานานต่อวัน มีแนวโน้มที่จะมีระดับความเครียดสูงขึ้น ผลการทดสอบสมมติฐาน: ยอมรับ สมมติฐานที่ 4: ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์กับระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากสรุปผลการศึกษาข้างต้นสามารถนำมาอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ โดยเชื่อมโยงกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

ระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์มือถือ นานกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 5.83 ชั่วโมงต่อวัน รองลงมาคือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของเยาวชนในยุคปัจจุบันที่มีการพึ่งพาโทรศัพท์มือถือในชีวิตประจำวัน ทั้งในด้านการเรียน การสื่อสาร และความบันเทิง เมื่อระดับชั้นสูงขึ้น นักเรียนมักมีความรับผิดชอบทางการเรียนและภาระทางสังคมมากขึ้น จึงอาจใช้โทรศัพท์มือถือเพื่อค้นคว้าข้อมูล หรือคลายความเครียดมากขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญจวิมล ชุมภูอินทร์ (2567) ที่พบว่า ระยะเวลาในการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียน โดยส่วนมากแล้วอยู่ในระยะเวลามากกว่า 5 ชั่วโมง ต่อวัน รองลงมาคือ 3 - 5 ชั่วโมงต่อวัน 1 - 3 ชั่วโมงต่อวัน และ 0 - 1 ชั่วโมงต่อวัน ตามลำดับ

ระดับความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ระดับความเครียดตามเพศ : พบว่านักเรียนหญิงมีระดับความเครียดสูงกว่านักเรียนชาย สอดคล้องกับงานวิจัยหลายชิ้นที่ชี้ว่าเพศหญิงมักรายงานความเครียดสูงกว่าเพศชาย อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางชีวภาพ การตอบสนองต่อสถานการณ์ทางสังคม หรือแรงกดดันจากบทบาททางเพศที่ต้องแสดงออกด้านอารมณ์มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงดาว (2565) ที่พบว่า เพศหญิงมีแนวโน้มมีความเครียดสูงกว่าเพศชาย เนื่องจากความไวต่ออารมณ์และแรงกดดันทางสังคม

ระดับความเครียดตามระดับชั้น : พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีระดับความเครียดสูงสุด และความเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับชั้น ชี้ให้เห็นว่าภาระและความกดดันด้านการเรียนรู้ การเตรียมสอบเข้ามหาวิทยาลัย หรืออนาคตการศึกษาที่เข้มข้นขึ้นในชั้นปีที่สูงขึ้น เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดความเครียด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพงษ์ (2564) ที่พบว่า นักเรียนระดับชั้นสูงมีความเครียดมากขึ้นจากแรงกดดันด้านการสอบเข้าศึกษาต่อ

ระดับความเครียดตามแผนการเรียน : ผลที่พบว่า นักเรียน Special Program มีความเครียดสูงกว่าแผนอื่น อาจเป็นผลมาจากหลักสูตรที่เข้มข้นกว่า ความคาดหวังที่สูงกว่า และการแข่งขันในกลุ่มนักเรียนห้องโครงการพิเศษ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดความเครียดทางวิชาการได้ง่าย ซึ่งอาจแตกต่างจากงานวิจัยของ ณัฐพงษ์ (2564) ที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแผนการเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของ Special Program ในการวิจัยครั้งนี้มีความเข้มข้นทางวิชาการสูงและมีการแข่งขันมาก

ความสัมพันธ์กับระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือ : การค้นพบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.482^*$) ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือที่เพิ่มขึ้น กับระดับความเครียดที่สูงขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าการใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเวลานาน (เฉลี่ย 5.54 ชั่วโมงต่อวัน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ใช้มากกว่า 6 ชั่วโมงต่อวันอาจนำไปสู่ผลกระทบทางอารมณ์และจิตใจ ซึ่งอาจเกิดจากการรบกวนการนอนหลับ และเวลาพักผ่อน การเปรียบเทียบตนเองกับผู้อื่นในโซเชียลมีเดีย การสูญเสียเวลาในการทำกิจกรรมที่มีคุณค่าอื่น ๆ หรือการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพงษ์ พัฒน์ไชยพูน และ ณัฐภูมิ อรินทร์ (2564) พบว่า พฤติกรรมการใช้สมาร์ทโฟนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

($r = 0.416$) และมีอิทธิพลต่อความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\beta = .416$) โดยสามารถทำนายความเครียดได้ร้อยละ 17.3 นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ การใช้สมาร์ทโฟนมีความเกี่ยวข้องกับความเครียดดังนี้ 1) การเสพยาสูบ 2) การใช้สมาร์ทโฟนอย่างต่อเนื่อง 3) การคาดหวังการตอบรับ และ 4) การเปรียบเทียบตนเองกับสังคม จะเห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเครียดของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.482$) โดยมีค่าสูงกว่างานวิจัยของ ณัฐพงษ์ (2564) เล็กน้อย ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนโครงการพิเศษซึ่งมีความกดดันทางการเรียนสูงกว่า สรุป พฤติกรรมการใช้สมาร์ทโฟนมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อความเครียด และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของดวงดาว อุบลรัมย์ และคณะ (2565) พบว่าพฤติกรรมการติดสมาร์ทโฟนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเครียด และภาวะซึมเศร้าในระดับปานกลาง

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลลัพธ์ไปใช้

5.3.1 เสนอแนะให้นักเรียนรู้จักการใช้โทรศัพท์มือถืออย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการจำกัดเวลาใช้ในช่งก่อนนอนและระหว่างเรียน

5.3.2 ควรจัดกิจกรรมแนะแนวหรือเวิร์กช็อปเกี่ยวกับ “การจัดการความเครียด” เพื่อให้นักเรียนสามารถปรับตัวกับแรงกดดันทางการเรียนได้ดีขึ้น

5.3.3 งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเครียด เช่น การนอนหลับ การรับรู้ตนเอง หรือการสนับสนุนจากครอบครัว

5.3.4 โรงเรียนควรมีนโยบายควบคุมการใช้โทรศัพท์มือถือในช่วงเวลาเรียน

5.3.5 ครูที่ปรึกษาและผู้ปกครองควรติดตามพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์ของนักเรียนอย่างใกล้ชิดและให้คำแนะนำเชิงบวกในการปรับสมดุลระหว่างการใช้โทรศัพท์กับการเรียนรู้

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.1 ควรขยายขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมนักเรียนในระดับชั้นหรือประเภทโรงเรียนที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถอ้างอิงไปยังประชากรได้กว้างขึ้น

5.4.2 ควรใช้เครื่องมือหรือวิธีการเก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น เช่น การบันทึกเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือจากแอปพลิเคชันจริง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการประเมินตนเอง

5.4.3 ควรศึกษาตัวแปรเพิ่มเติม ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการใช้โทรศัพท์มือถือ เช่น เพื่อการเรียน เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อสื่อสารออนไลน์ เนื่องจากวัตถุประสงค์การใช้งานอาจมีผลต่อระดับความเครียดที่แตกต่างกัน แม้ระยะเวลาการใช้งานเท่ากัน เพื่อให้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดมีความชัดเจนและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

5.4.4 กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความเครียดสูงมีจำนวนค่อนข้างน้อย ($n = 5$) ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเฉพาะในด้านความเท่าเทียมของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ควรพิจารณาด้วยความระมัดระวัง และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีการกระจายตัวที่เหมาะสมมากขึ้นในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการใช้โทรศัพท์มือถือกับระดับความเครียดของนักเรียนโครงการพิเศษระดับมัธยมศึกษาตอนปลายฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนอย่างดียิ่งจากหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมสุขภาพจิต. (2564). *เช็กบิลความเครียด*. สืบค้นจาก <https://dmh.go.th/news/view.asp?id=2301>
- กัณทวุฒิ ชุมภูอินทร์. (2567). *พฤติกรรมการใช้โทรศัพท์มือถือของนักเรียน ปวช. 1 ปวช. 3 แผนกช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสันกำแพง ปีการศึกษา 2567* (รายงานการวิจัย). เชียงใหม่: วิทยาลัยเทคนิคสันกำแพง
- ณัฐพงษ์ พัฒน์ไชยพูน และ ณัฐวุฒิ อรินทร์. (2564). *พฤติกรรมการใช้สมาร์ทโฟนกับความเครียดในนักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. *วารสารจิตวิทยาคลินิก*, 52(1), 1-15.
- ดวงดาว อุบลแย้ม, นุสรานา นามเดช, และ นงคาร รวงแดง (2565). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์มือถือกับภาวะสุขภาพจิตของนักศึกษาพยาบาล ในสังกัดสถาบันพระบรมราชชนก*, *วารสารการพยาบาลและการศึกษา*, 15(1), 76-94.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2566). *การสำรวจการมี การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2566*. สืบค้นจาก https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2024/20240426085756_92752.pdf
- สุรัตน์า เหล่าไชย, ปภาวี รัตนธรรม, และ อติศักดิ์ พลະສາ. (2561). *การศึกษาพฤติกรรมการใช้ โทรศัพท์มือถือที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของนักศึกษาสาธารณสุขชุมชนจังหวัดมหาสารคาม* (รายงานการวิจัย). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- Zheng, H., & Ling, R. (2564). Drivers of social media fatigue: A systematic review. *Telematics and Informatics*, 64, 101696. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101696>

ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด

Problem-Solving Skills in Mathematics of Grade 4 Students' by Open Approach.

รอฮานา สะแม^{1*}, สุวรรณณี เปลี๋ยมรัมย์² และ เกษม เปรมประยูร³
Rohana Samae^{1*}, Suwannee Plianram² and Kasem Premprayoon³

^{1*}สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

^{1*}Mathematics and Science Teaching, Faculty of Education, Thaksin University, 6719950023@tsu.ac.th

²สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

²Mathematics and Science Teaching, Faculty of Education, Thaksin University, suwannee@tsu.ac.th

³สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

³Mathematics and Science Teaching, Faculty of Education, Thaksin University, prkasem@tsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การหารด้วยเลข 2 หลัก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/5 จำนวน 28 คน การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ทั้งหมด 4 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน 2) เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ใบกิจกรรม เครื่องบันทึกเสียง วิเคราะห์ข้อมูลตามกรอบแนวคิดของวิลสัน และคณะ (1993) วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analytics) สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การหารด้วยเลข 2 หลัก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่สะท้อนทักษะการแก้ปัญหาครอบคลุมทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผล ส่วนประเด็นสำคัญที่พบ คือ ทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนมีลักษณะเป็นพลวัต โดยเฉพาะในขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตนเองที่นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนทางความคิดผ่านการวาดภาพและสื่อรูปธรรมเพื่อเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดสู่โมเดลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ กระบวนการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดในชั้นเรียนยังกระตุ้นให้เกิดการสะท้อนคิด ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบและเรียนรู้จากข้อผิดพลาดจนนำไปสู่การสรุปเชื่อมโยงความรู้ได้อย่างมีเหตุผล ผลการวิจัยจึงยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างยั่งยืน มากกว่าเพียงการหาคำตอบที่ถูกต้องตามลำดับขั้นปกติ

คำสำคัญ: การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

Abstract

The objective of this research was to study the mathematical problem-solving skills of Grade 4 students regarding division by two-digit numbers using the Open Approach. The target group consisted of 28 students from Grade 4/5. This study was conducted as Classroom Action Research (CAR) following the four-cycle PAOR framework. The research instruments included: 1) Data collection tools, namely four lesson plans, and 2) Analytical tools, including activity sheets and voice recordings. Data were analyzed based on Wilson et al.'s (1993) framework using descriptive analytics, Data were analyzed using arithmetic mean and percentage. The results indicated that the mathematical problem-solving skills of Grade 4 students through the Open Approach were reflected across all four stages: understanding the problem, devising a plan, carrying out the plan, and looking back. A key finding was the dynamic nature of the students' problem-solving skills, particularly during the self-learning stage. Students were able to construct mental representations through drawings and concrete materials, systematically linking open-ended problem situations to mathematical concepts. Furthermore, classroom discussions and ideas exchange stimulated reflection, enabling students to analyze, compare, and learn from mistakes, eventually leading to logical knowledge synthesis. These findings confirm that the Open Approach enhances sustainable mathematical problem-solving competency beyond merely following steps to find correct answers.

Keywords: Mathematical Problem Solving, Open Approach

1. บทนำ

ทักษะการแก้ปัญหา เป้าหมายหนึ่งที่สำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งหลักสูตรคณิตศาสตร์ได้ระบุว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหิต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล ส่งเสริมให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาความสามารถในการเผชิญและจัดการกับปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพในอนาคต ดังนั้นการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จึงเป็นทักษะสำคัญที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนา เนื่องจากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการนี้ช่วยให้นักเรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย ปลูกฝังนิสัยความกระตือรือร้น ความไม่ย่อท้อ และเสริมสร้างความมั่นใจในการแก้ปัญหิต่าง ๆ ทั้งในและนอกห้องเรียน นอกจากนี้ ยังถือเป็นพื้นฐานสำคัญที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหิต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างยั่งยืน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

การแก้ปัญหิต่างทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการค้นหาวិธีทางในการหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา โดยมุ่งเน้นการหาวิธีการจัดอุปสรรคที่เผชิญอยู่ เพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม กระบวนการนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในทันทีทันใด แต่ต้องอาศัยความพยายามและการคิดอย่างเป็นระบบ (Polya, 1945) ทักษะการแก้ปัญหิต่างทางคณิตศาสตร์จึงหมายถึงความสามารถของ

นักเรียนในการวิเคราะห์ปัญหา วางแผนเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม ดำเนินการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบได้อย่างเป็นระบบ (Lester, 1980) เมื่อนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์ มีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถเผชิญกับปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมั่นใจ และมีความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ไขสถานการณ์ที่ซับซ้อน (Schoenfeld, 1992)

การวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่า การใช้วิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การศึกษาของกัลย์ภัทร์ เฉลิมศรี (2567) พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา นอกจากนี้ การวิจัยของวันทนีย์ ทองมี และ กอบสุข คงมนัส (2566) แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสถานการณ์จำลอง สามารถพัฒนาความฉลาดรู้ทางการเงินและทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนต่าง ๆ ของวิธีการแบบเปิด มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียน เช่น ในขั้นตอนการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด นักเรียนจะได้ฝึกการสังเกตและแยกแยะปัญหา ส่วนในขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย ดังนั้น การนำวิธีการสอนแบบเปิดมาใช้ในห้องเรียน จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียนและการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ทั้งหมด 4 วงจร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การหารด้วยเลข 2 หลัก โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด จำนวน 4 แผน
2. เครื่องบันทึกวิดีโอ
3. เครื่องบันทึกเสียง

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ไบโกลแกรม
2. เครื่องบันทึกเสียง

3.2 การหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 ซึ่งถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ และได้ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้จริง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การดำเนินการก่อนเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดกลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่ง จังหวัดสงขลา มีจำนวนนักเรียน 28 คน
2. สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนจัดการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การหารเลข 2 หลัก โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 4 แผน จำนวน 8 คาบ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

3.4.2 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จะมีการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อนำข้อมูลจากการสะท้อนผลมาใช้ในการปรับปรุง และแก้ไขแผนการสอนในครั้งต่อไป

3.4.3 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และใบกิจกรรมรายบุคคล เพื่อนำมาตรวจให้คะแนนและบันทึกคะแนนของนักเรียน และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การหารด้วยเลข 2 หลัก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดผ่าน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

เป็นขั้นที่ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิด พบว่านักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา เมื่อครูนำเสนอรูปภาพที่เชื่อมโยงสถานการณ์ปลายเปิด และใช้คำถามกระตุ้นนักเรียน เพื่อแสดงพฤติกรรมโดยมีการโต้ตอบ และเมื่อครูเขียนสถานการณ์ปัญหาทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การหารด้วยเลข 2 หลัก (1)



ครู : จากรูปภาพ นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้าง

นักเรียน : เด็ก, กล้อง, ลูกอม, เด็ก 20 คน

ครูเล่าสถานการณ์

ครู : จากสถานการณ์ที่ครูเล่ามา นักเรียนได้ทราบอะไรบ้าง

S128 : มีลูกอม 60 เม็ด

S106 : มีเด็ก 20 คน

S121 : แบ่งลูกอมให้เด็ก 20 คน

ภาพที่ 1 นำเสนอสถานการณ์ปลายเปิดและบทสนทนา

จากบทสนทนาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปลายเปิดประกอบกับคำถามกระตุ้นนักเรียน นักเรียนพยายามสังเกตรูปภาพ และแสดงความคิดที่หลากหลาย **นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา** นั่นคือ **นักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่าสิ่งที่โจทย์ต้องการคืออะไร มีเงื่อนไขอย่างไรบ้าง และมีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง** นอกจากนี้ยัง สามารถเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง สะท้อนให้เห็นถึงนักเรียนมีการทำความเข้าใจปัญหาของสถานการณ์ปัญหาข้างต้น

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

ในขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนได้แสดงออกถึงทักษะแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เด่นชัด ดังนี้

1) การทำความเข้าใจปัญหา

บทสนทนา S113 : เป็นการหารแน่เลย เพราะต้องแบ่งให้เด็ก 20 คน S112 : ต้องเอาลูกอมแต่ละมารวมก่อนรีเปล่า แล้วค่อยเอามาหารกัน
--

จากบทสนทนาข้างต้น เห็นได้ชัดว่า นักเรียนมีการทำความเข้าใจปัญหาว่าสถานการณ์ที่ให้มาต้องอะไร

2) การวางแผนการแก้ปัญหา

บทสนทนา S127 : เขียนลูกอม 60 เม็ด จะได้แบ่งง่าย S106 : วาดจำนวนเด็กให้ครบ 20 คน แล้วแบ่งให้คนละเม็ด จนได้เท่า ๆ กัน
--


จากบทสนทนาข้างต้น เห็นได้ชัดว่า นักเรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้วิธีการใดในการหาคำตอบ

3) การดำเนินการแก้ปัญหา

2 คำสั่ง ให้นักเรียนหา "วิธีการ" (How to) คำแนะนำ เด็กแต่ละคน จะได้รับลูกอมคนละเท่าไร

แนวคิด $\begin{array}{r} 3 \\ 20 \overline{)60} \\ \underline{60} \\ 00 \end{array}$	วิธีจำไว้เปล่า
--	-----------------------

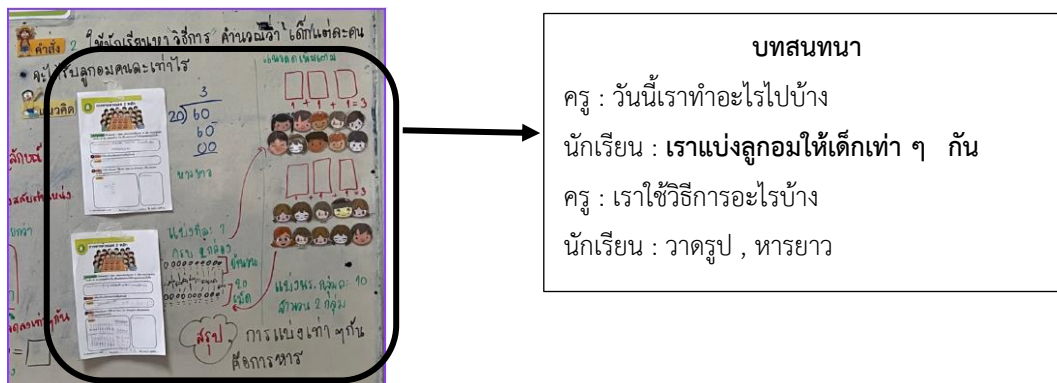
2 คำสั่ง ให้นักเรียนหา "วิธีการ" (How to) คำแนะนำ เด็กแต่ละคน จะได้รับลูกอมคนละเท่าไร

แนวคิด 	วิธีจำไว้เปล่า
---	-----------------------

ภาพที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน

จากการศึกษาสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล พบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้าน ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เด่นชัด ผ่านกระบวนการเปลี่ยนรูปความคิดจากนามธรรมสู่รูปธรรม โดยนักเรียนเลือกใช้กลยุทธ์ การสร้างตัวแทนเชิงทัศน์ หรือ การเขียนภาพแทนจำนวนเพื่อเป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจโครงสร้างของปัญหา

ขั้นที่ 4 การสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน



ภาพที่ 5 แนวคิดนักเรียนและบทสนทนา

พบว่าหลังจากนักเรียนนำเสนอและอภิปรายแนวคิดพร้อมทั้งขั้นแล้ว นักเรียนได้ร่วมแลกเปลี่ยนแนวคิด ที่นำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยมีการสรุปคำตอบที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนตรวจสอบคำตอบของตนเองกับเพื่อน มีความแตกต่างความเหมือนอย่างไร ตรวจสอบข้อผิดพลาดของตนเอง

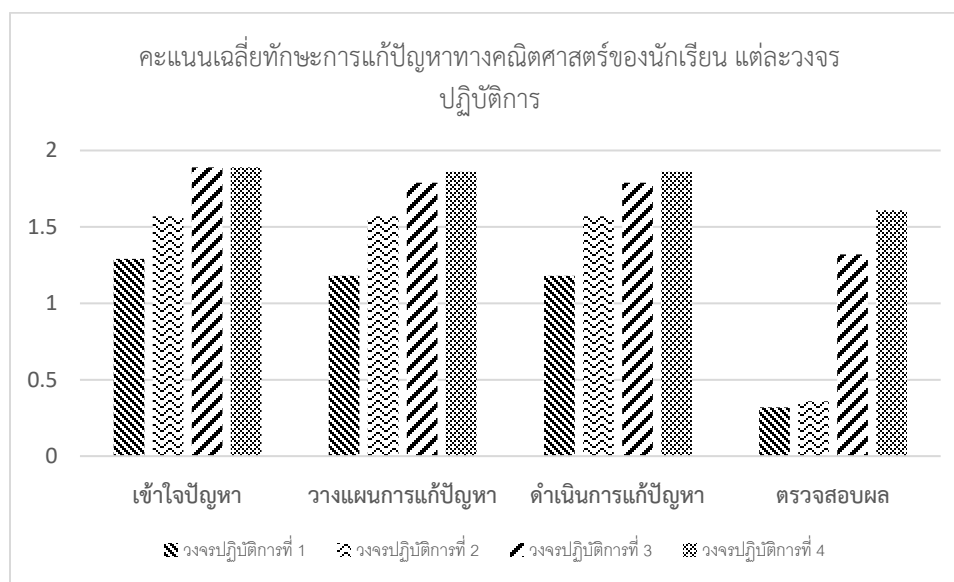
4. ผลการวิจัย

จากการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องการหารด้วยเลข 2 หลัก โดยการจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ พบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามวัตถุประสงค์การวิจัย กระบวนการทักษะการแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นในการสอนวิธีการแบบเปิด ดังตารางตารางที่ 1 สรุปการเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้วิธีการแบบเปิด

ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด			
	ขั้นที่ 1 การนำเสนอ สถานการณ์ปัญหา ปลายเปิด	ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน	ขั้นที่ 3 การอภิปราย และเปรียบเทียบแนวคิดทั้งชั้น	ขั้นที่ 4 การสรุป เชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ทำความเข้าใจปัญหา	✓	✓	✓	
วางแผนการแก้ปัญหา		✓		
ดำเนินการแก้ปัญหา		✓		
ตรวจสอบผล		✓	✓	✓

จากผลการวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ในตาราง พบว่า 1) ทำความเข้าใจปัญหาจะปรากฏพฤติกรรมพัฒนาในชั้น การสอนการนำเสนอสถานการณ์ปลายเปิด ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน และขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดทั้งชั้น ผ่านการที่นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาปลายเปิด 2) วางแผนการแก้ปัญหา และ 3) ดำเนินการแก้ปัญหาก็ปรากฏพฤติกรรมพัฒนาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการที่นักเรียนคิดยุทธวิธีวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และลงมือ

ดำเนินการแก้ปัญหา 4) ตรวจสอบผลจะปรากฏการพัฒนาในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ชั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบแนวทั้งชั้น และชั้นการสรุปเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผ่านการที่ได้แย้งของนักเรียนร่วมการตรวจสอบแนวคิดที่สมบูรณ์ และเหมาะสมกับการแก้ปัญหา ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนข้างต้นไม่ได้ดำเนินไปตามลำดับขั้นที่ตายตัว หากแต่มีการหมุนเวียนและตรวจสอบย้อนกลับตามกรอบแนวคิดของ Wilson et al. (1993) ประเด็นนี้สะท้อนให้เห็นว่า นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้แบบ Open Approach มีส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดระดับสูงและผลักดันให้เกิด ทักษะการแก้ปัญหายังเป็นระบบตามหลักคณิตศาสตร์ โดยจากการประเมินผลสามารถแสดงคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ชั้น ของนักเรียน แต่ละวงจรปฏิบัติการ ได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 คะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน แต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 6 ทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 ชั้น ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูลจะเห็นได้ว่า 1) ทำความเข้าใจปัญหา มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.29 วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.57 วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.89 และวงจรปฏิบัติการที่ 4 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.89 2) วางแผนการแก้ปัญหา และ 3) ดำเนินการแก้ปัญหา มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.18 วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.57 วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.79 และวงจรปฏิบัติการที่ 4 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.86 และ 4) ตรวจสอบผล มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนเฉลี่ย คือ 0.32 วงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนเฉลี่ย คือ 0.36 วงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.32 และวงจรปฏิบัติการที่ 4 คะแนนเฉลี่ย คือ 1.61

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยและร้อยละในแต่ละกระบวนการทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4
 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการ	ทำความเข้าใจปัญหา		วางแผนการแก้ปัญหา		ดำเนินการแก้ปัญหา		ตรวจสอบผล	
	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
วงจรปฏิบัติการที่ 1	1.29	0.64	1.18	0.79	1.18	0.95	0.32	0.95
วงจรปฏิบัติการที่ 2	1.57	0.59	1.57	0.79	1.57	0.89	0.36	0.93
วงจรปฏิบัติการที่ 3	1.89	0.59	1.79	0.79	1.79	0.89	1.32	0.93
วงจรปฏิบัติการที่ 4	1.89	0.16	1.86	0.18	1.86	0.66	1.61	0.80

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะใน ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและพิจารณาเงื่อนไขที่โจทย์ต้องการได้ดี สอดคล้องกับแนวคิดของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2553) ที่ระบุว่าปัญหาปลายเปิดจะช่วยให้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและใช้ความรู้พื้นฐานเดิมมาเชื่อมโยงเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย ประเด็นสำคัญที่พบจากการวิจัยครั้งนี้คือ **ทักษะการแก้ปัญหานักเรียนมีลักษณะเป็นพลวัต และไม่เป็นเส้นตรง** โดยนักเรียนไม่ได้ดำเนินการกระบวนการแก้ปัญหาไปตามลำดับขั้นที่ตายตัว แต่มีการหมุนเวียนและตรวจสอบย้อนกลับ ระหว่างขั้นตอนทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Wilson et al. (1993) และแตกต่างจากการแก้ปัญหามาแบบเดิมที่เน้นเพียงการทำตามขั้นตอนในหนังสือเรียน ลักษณะดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าวิธีการแบบเปิดช่วยเปิดพื้นที่ทางความคิดให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดระดับสูงในการกำกับตนเอง ซึ่งในขั้นตอนที่ 2 นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง พบพฤติกรรมที่เด่นชัดคือ นักเรียนมีการใช้กลยุทธ์ การวาดภาพแทนจำนวนเด็กหรือลูกอมเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างของปัญหาการหาร กระบวนการนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Polya (1945) ที่เน้นว่าการวางแผนและการเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสมเป็นหัวใจสำคัญของการหาสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา การที่นักเรียนสามารถเปลี่ยนรูปความคิดจากนามธรรมสู่รูปธรรมได้เอง สะท้อนถึงการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหที่แท้จริงซึ่งไม่ใช่เพียงการจดจำสูตรหรือวิธีการหารที่ครูบอก และขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการตรวจสอบผล การแลกเปลี่ยนแนวคิดหน้าชั้นเรียนทำให้นักเรียนได้เปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับเพื่อน เห็นข้อผิดพลาด และปรับปรุงโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยาภัทร์ เฉลิมศรี (2567) ที่พบว่าวิธีการแบบเปิดช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ครูควรประเมินความยากของสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด หากเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง ควรจัดสรรเวลาในขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงศักยภาพในการแก้ปัญหาอย่างเต็มที่
2. ควรมีการศึกษาวิจัยการใช้วิธีการแบบเปิดในเนื้อหาอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อนหรือเป็นนามธรรมสูง
3. ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นหรือในบริบทโรงเรียนที่หลากหลาย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่สนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ

7. เอกสารอ้างอิง

กัลย์ภัทร์ เฉลิมศรี. (2567). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิดต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาของนักเรียน.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์*, 23(6), 62-74.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551: กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สสวท.

ไผตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2553). *การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแบบเปิด*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วันทนี้อย่างมี และ กอบสุข คงมนัส. (2566). การใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับสถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้ทางการเงิน

และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารการศึกษาและนวัตกรรมการเรียนรู้*, 15(2), 45-60.

Inprasitha, M. (2011). One feature of adaptive lesson study in Thailand: Learning unit. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(1), 47–66.

Lester, F. K. (1980). Mathematical problem solving: Issues in research. *Educational Studies in Mathematics*, 11(2), 143-158

Polya, G. (1945). How to solve it: A new aspect of mathematical method. *Princeton, NJ: Princeton University Press*.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). Macmillan.

Wilson, M., Martinez, M., & Sindelar, P. T. (1993). Mathematical problem solving. *Allyn and Bacon*.

การจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนของผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยใช้เทคนิคการ
จัดกลุ่มข้อมูล : กรณีศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี

Clustering Learning Competencies of High Vocational Certificate Students Using Data
Clustering Techniques: A Case Study of Udon Thani Vocational College

ธนวัชร คำสิทธิบรรณ^{1*}, กริช สมกันธา²

Thanawat Khamsittiban^{1*}, Krit Somkantha²

^{1,2}สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

^{1,2}Department of Data Science and Information Technology, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University

Corresponding Author E-mail : 65120604102@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) จัดกลุ่มผู้เรียนตามสมรรถนะทางการเรียน และ 2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือข้อมูลผลการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ปีการศึกษา 2568 จำนวน 579 คน โดยใช้ตัวแปรเกรดเฉลี่ยสมรรถนะ 3 ด้าน ได้แก่ สมรรถนะด้านทักษะชีวิต สมรรถนะด้านวิชาชีพพื้นฐาน และสมรรถนะด้านวิชาชีพเฉพาะ ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ 3 อัลกอริทึม ได้แก่ K-Means Clustering, Hierarchical Clustering และ DBSCAN ผลการวิจัยพบว่า อัลกอริทึม DBSCAN มีประสิทธิภาพทางสถิติสูงสุด โดยมีค่าความชัดเจนในการแยกกลุ่ม (Silhouette) สูงสุดที่ 0.6546 และค่าความผิดพลาดในการรวมกลุ่ม (DBI) ต่ำสุดที่ 0.2975 ซึ่งสามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มหลัก และแยกผู้เรียนที่หลุดกลุ่ม (Noise) ออกมาได้อย่างชัดเจน ในขณะที่อัลกอริทึม K-Means และ Hierarchical Clustering สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มหลักที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: การจัดกลุ่มข้อมูล สมรรถนะทางการเรียน เหมืองข้อมูล นักศึกษาอาชีวศึกษา

Abstract

This research aimed to 1) cluster students based on their learning competencies, and 2) compare the efficiency of data clustering techniques. The data used in this study consisted of the academic records of 579 High Vocational Certificate students at Udon Thani Vocational College in the 2025 academic year. The variables analyzed included the grade point averages (GPA) across three competency areas life skills, basic professional skills, and specific professional skills. The researcher applied data mining techniques to analyze and compare three algorithms K-Means Clustering, Hierarchical Clustering, and DBSCAN. The findings revealed that the DBSCAN algorithm demonstrated the highest statistical efficiency, yielding the highest Silhouette Coefficient at 0.6546 and the lowest Davies-Bouldin Index (DBI) at 0.2975. This algorithm effectively classified the students into two

main groups while clearly identifying outliers (noise). In contrast, both K-Means and Hierarchical Clustering algorithms classified the students into four main groups with similar characteristics.

Keywords: Data Clustering, Learning Competencies, Data Mining, Vocational Students

1. บทนำ

การจัดการอาชีวศึกษามีบทบาทสำคัญยิ่งในการผลิตและพัฒนากำลังคนระดับกลางในการขับเคลื่อนภาคเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ (สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, 2561) เพื่อก้าวไปสู่การเป็นนวัตกรรมที่มีฝีมือชน หรือ Super Worker เพื่อตอบสนองความต้องการของสถานประกอบการที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (ณรงค์ แผ้วพลสง, 2562) ป้อนเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ระบบการวัดและประเมินผลผู้เรียนแบบดั้งเดิมที่อาศัยเพียง ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPA) เพียงตัวเลขเดียว ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวมักจะเป็นการนำเอาผลสัมฤทธิ์จากรายวิชาที่หลากหลาย ทั้งวิชาสามัญ วิชาพื้นฐาน และวิชาชีพเฉพาะ มารวมและหารเฉลี่ยกัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2564) วิธีการนี้อาจทำให้เกิดภาพลวงตา ที่บดบังสมรรถนะที่แท้จริงของผู้เรียนที่บดบังสมรรถนะและความถนัดเฉพาะด้านของผู้เรียน ส่งผลให้สถานศึกษาและสถานประกอบการอาจสูญเสียโอกาสในการค้นพบและพัฒนาผู้เรียน กลุ่มถนัดวิชาชีพซึ่งเป็นผู้ที่มีทักษะการปฏิบัติงานเป็นเลิศแต่มีผลสัมฤทธิ์ในหมวดวิชาพื้นฐานอยู่ในเกณฑ์พอใช้หรือดี การประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลการศึกษา (EDM) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยเฉพาะเทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) ใช้ในการค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า อัลกอริทึมในกลุ่มการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) เช่น K-Means Clustering, Hierarchical Clustering และ DBSCAN สามารถจำแนกพฤติกรรมและจัดกลุ่มผู้เรียนตามลักษณะเด่น นอกจากนี้ กระบวนการเตรียมข้อมูล Data Preprocessing ยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลนำเข้า และเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทุกรายวิชาของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี มาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลเพื่อจัดกลุ่มเป็นตัวแปรเกรดเฉลี่ยสมรรถนะ 3 ด้าน ได้แก่ 1) สมรรถนะด้านทักษะชีวิต ซึ่งหมายถึงกลุ่มวิชาแกนกลางที่เสริมสร้างทักษะทางสังคม การสื่อสาร และการปรับตัวในชีวิตประจำวัน 2) สมรรถนะด้านวิชาชีพพื้นฐาน หมายถึงกลุ่มวิชาทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นที่เป็นรากฐานสำคัญของสายงานอาชีพ และ 3) สมรรถนะด้านวิชาชีพเฉพาะ หมายถึงกลุ่มวิชาที่เน้นการลงมือปฏิบัติและทักษะความเชี่ยวชาญเฉพาะทางที่นำไปสู่การประกอบอาชีพจริง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนตามสมรรถนะทางการเรียน และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการจัดกลุ่มข้อมูล อันจะนำไปสู่การสร้างฐานข้อมูลสารสนเทศที่สำคัญสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบรายบุคคล (Personalized Learning) และการแนะแนวอาชีพเชิงลึก ซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนและสถานศึกษาสามารถส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม และเตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดแรงงานได้อย่างตรงกับสมรรถนะที่แท้จริง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล (Data Clustering)

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ K-Means Clustering, Hierarchical Clustering และ DBSCAN

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กระบวนการค้นหาความรู้ในฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Databases : KDD) ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ทุกสาขาวิชา ในปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 1,170 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี ปีการศึกษา 2568 ที่สำเร็จการศึกษาจำนวน 579 คน รวมทั้งสิ้น 18,728 ระเบียบ (โดยการผ่านเกณฑ์วิชาการและวิชาชีพที่กำหนดภายใน 2 ปี (หรือ 2 ปี 1 ภาคเรียนฤดูร้อน) โดยผู้เรียนต้องผ่านเกณฑ์หน่วยกิตสะสม, มีคะแนนเฉลี่ย (GPA) ไม่ต่ำกว่า 2.00, ผ่านการประเมินมาตรฐานวิชาชีพ, ฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และทำกิจกรรมเสริมหลักสูตรครบถ้วน)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 Google Colaboratory (Colab) เป็นแพลตฟอร์มในการประมวลผลข้อมูลผ่านภาษา Python โดยอาศัยไลบรารีที่สำคัญ ได้แก่ Pandas และ NumPy สำหรับจัดการข้อมูล, Scikit-learn สำหรับสร้างโมเดลจัดกลุ่มและประเมินประสิทธิภาพ, SciPy สำหรับการสร้างแผนภาพต้นไม้ (Dendrogram) และ Plotly/Matplotlib สำหรับการสร้างภาพข้อมูล (Data Visualization)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทำความสะอาดและเตรียมข้อมูล ข้อมูลดังกล่าวยังคงเป็นรายวิชาที่กระจัดกระจายและมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสาขาวิชา ใช้วิธี Min-Max Scaler ในการปรับช่วงค่าของข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในสเกลมาตรฐานเดียวกันคือระหว่าง 0 ถึง 1 กระบวนการนี้ทำเพื่อลดความลำเอียงของน้ำหนักข้อมูล ป้องกันไม่ให้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งส่งผลกระทบต่อค่าคำนวณระยะห่างของอัลกอริทึมมากเกินไป เพื่อแปลงข้อมูลดิบให้กลายเป็น ตัวแปรตัวแทนสมรรถนะ ที่เปรียบเทียบกันได้ระหว่างกลุ่มรายวิชา

ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มรายวิชาและคำนวณหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted GPA) โดยมีเกณฑ์หรือทฤษฎีอ้างอิงในการจัดกลุ่มรายวิชาตามโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 3 ตัวแปรหลัก ดังนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดตัวแปรคุณลักษณะ (Features) ที่ใช้ในกระบวนการจัดกลุ่ม

ชื่อตัวแปร (Feature Name)	ชื่อภาษาไทย (Description)
LifeSkills_GPA	สมรรถนะด้านทักษะชีวิต
Basic_Skills_GPA	สมรรถนะด้านวิชาชีพพื้นฐาน
Specific_Skills_GPA	สมรรถนะด้านวิชาชีพเฉพาะ

3.4 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ผ่านการแปลงเรียบร้อยแล้ว เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยเลือกใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้อัลกอริทึม 3 รูปแบบที่มีกลไกการทำงานแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบและค้นหาแบบจำลองที่เหมาะสมกับธรรมชาติของข้อมูล การศึกษามากที่สุด พร้อมระบุเหตุผลในการเลือกใช้ ดังนี้

1. K-Means Clustering เลือกใช้เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ (Scalability) และมีจุดเด่นในการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนชัดเจน (Spherical clusters) ใช้วิธีการแบ่งกลุ่มโดยกำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ล่วงหน้า และจัดข้อมูลเข้ากลุ่มโดยพิจารณาจากระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของกลุ่ม (Centroid) ที่น้อยที่สุด ในการกำหนดจำนวนกลุ่มมีความเที่ยงตรงและสอดคล้องกับลักษณะโครงสร้างของข้อมูลตามความเป็นจริง ผู้วิจัยได้ใช้วิธีเอลโบว์ (Elbow Method) ในการหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม (Optimal Number of Clusters)

2. Hierarchical Clustering เลือกใช้เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมที่แสดงผลความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปแบบโครงสร้างลำดับขั้น (Dendrogram) ทำให้ผู้วิจัยสามารถมองเห็นการรวมกลุ่มย่อยของผู้เรียนจากระดับล่างขึ้นบนได้อย่างเป็นรูปธรรมโดยไม่ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มล่วงหน้า วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้นชนิดรวมกลุ่ม (Agglomerative Hierarchical Clustering) พิจารณาความคล้ายคลึงของข้อมูลจากล่างขึ้นบน ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีวัดระยะห่างระหว่างกลุ่มแบบวอร์ด (Ward's Method) ร่วมกับการวัดระยะทางแบบยูคลิดีเนียน (Euclidean Distance) เป็นวิธีที่ช่วยลดความแปรปรวนภายในกลุ่มให้น้อยที่สุด ส่งผลให้กลุ่มที่ได้มีขนาดใกล้เคียงกันและเหมาะสมกับข้อมูลผู้เรียน

3. DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) เลือกใช้เนื่องจากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมักมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นทรงกลมและมีผู้เรียนบางส่วนที่มีผลการเรียนผิดปกติ (Outliers) DBSCAN ซึ่งเป็นเทคนิคที่อิงตามความหนาแน่น (Density-based) จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการตรวจจับข้อมูลที่มีรูปร่างอิสระและสามารถแยกข้อมูลรบกวน (Noise) ออกจากการจัดกลุ่มได้อย่างแม่นยำ เป็นวิธีการจัดกลุ่มโดยพิจารณาความหนาแน่นของข้อมูล มีจุดเด่นในการจัดการกับข้อมูลที่มีรูปร่างซับซ้อนและสามารถแยกข้อมูลรบกวน (Noise) ออกจากการจัดกลุ่มได้ ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ รัศมีรอบจุดข้อมูล (Epsilon ϵ) และจำนวนจุดข้อมูลขั้นต่ำ (MinPts) ผู้วิจัยใช้วิธีการวิเคราะห์กราฟระยะห่าง (K-Distance Graph) เพื่อหาจุดที่กราฟมีการเปลี่ยนแปลงความชันอย่างรวดเร็ว (Knee Point) เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดรัศมี ϵ ทำให้สามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนที่มีสมรรถนะเกาะกลุ่มกันหนาแน่นออกจากผู้เรียนที่มีสมรรถนะโดดเด่นหรือผิดปกติ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สร้างแบบจำลองด้วยอัลกอริทึม 3 วิธี (K-Means, Hierarchical และ DBSCAN) โดยผู้วิจัยได้ทำการประเมินคุณภาพของการจัดกลุ่ม (Cluster Validation) เพื่อยืนยันความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์การแบ่งกลุ่มทางสถิติ โดยใช้สถิติในการประเมินประสิทธิภาพ 2 ค่า ได้แก่

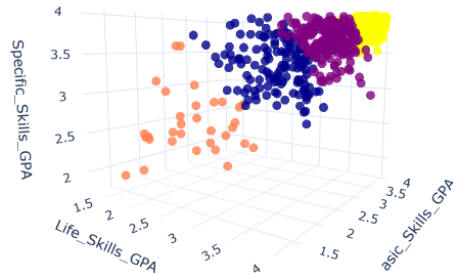
1) ค่าสัมประสิทธิ์ซิลูเอท (Silhouette Coefficient) เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อมูลภายในกลุ่มเดียวกัน และการแยกตัวออกจากกลุ่มอื่นอย่างชัดเจน (ค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึงการจัดกลุ่มมีคุณภาพดีเยี่ยม)

2) ค่าดัชนีเดวีส์-โบลดีน (Davies-Bouldin Index : DBI) เพื่อวัดความหนาแน่นและระยะห่างระหว่างกลุ่ม (ค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงแบบจำลองสามารถแยกกลุ่มได้กระชับและมีความผิดพลาดต่ำสุด)

4. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์เพื่อจำแนกสมรรถนะผู้เรียนใน 3 ด้าน (ทักษะชีวิต วิชาชีพพื้นฐาน และวิชาชีพเฉพาะ) ปรากฏผลดังนี้

4.1 ผลการจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนด้วยเทคนิค K-Means Clustering



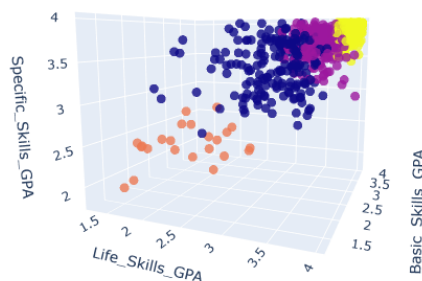
ภาพที่ 1 แสดงผลการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม K-Means Clustering

ตารางที่ 2 แสดงผลสรุปของการจัดกลุ่มแบบ K-Means

จำนวนกลุ่ม	จำนวน นักศึกษา (579)	สมรรถนะด้าน ทักษะชีวิต	สมรรถนะด้าน วิชาชีพพื้นฐาน	สมรรถนะด้าน วิชาชีพเฉพาะ	ลักษณะกลุ่ม
0	143	3.0035	2.8013	3.3648	กลุ่มถนัดวิชาชีพ
1	32	2.1000	2.1456	2.5772	กลุ่มพื้นฐาน
2	196	3.4422	3.3953	3.6737	กลุ่มเรียนดี
3	208	3.8277	3.8397	3.8810	กลุ่มศักยภาพสูง

จากตารางที่ 2 พบว่าการจัดกลุ่มแบบ K-Means Clustering จากการหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม Determining the Optimal Number of Clusters ด้วย Elbow Method แบ่งได้จำนวน 4 กลุ่ม 0 คือ กลุ่มถนัดวิชาชีพ จำนวน 143 คน 1 คือกลุ่มพื้นฐาน จำนวน 32 คน 2 คือกลุ่มเรียนดี จำนวน 196 คน และ 3 คือกลุ่มศักยภาพสูง จำนวน 208 คน

4.2 ผลการจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนด้วยเทคนิค Hierarchical Clustering



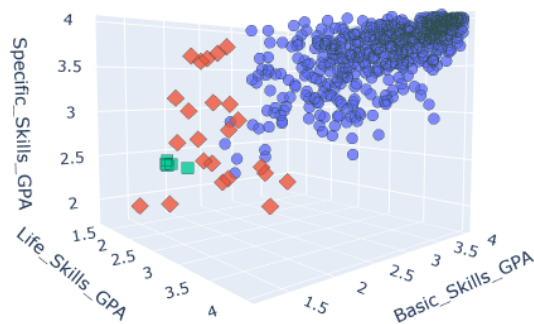
ภาพที่ 2 แสดงผลการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม Hierarchical Clustering

ตารางที่ 3 แสดงผลสรุปของการจัดกลุ่มแบบ Hierarchical

กลุ่มสมรรถนะ (Cluster Profiles)	จำนวน (579)	ทักษะชีวิต	วิชาชีพพื้นฐาน	วิชาชีพเฉพาะ
0 กลุ่มศักยภาพสูง	199	3.8395	3.8484	3.8780
1 กลุ่มเรียนดี	169	3.4838	3.4659	3.6836
2 กลุ่มพื้นฐาน	23	2.0235	2.2152	2.3743
3 กลุ่มถนัดวิชาชีพ	188	3.0222	2.8236	3.4153

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางการเรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะชีวิต วิชาชีพพื้นฐาน และ วิชาชีพเฉพาะ เพื่อจัดทำลักษณะเด่น ของผู้เรียนจำนวน 579 คน โดยแบบจำลองสามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ กลุ่มที่ 0 กลุ่มศักยภาพสูง มีจำนวนผู้เรียน 199 คน คิดเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนมากที่สุด โดยผู้เรียนกลุ่มนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยในระดับสูงเยี่ยมทุกมิติ (ทักษะชีวิต 3.8395, วิชาชีพพื้นฐาน 3.8484 และวิชาชีพเฉพาะ 3.8780) กลุ่มที่ 1 กลุ่มเรียนดี มีจำนวนผู้เรียน 169 คน เป็นกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีและมีความสมดุลในทุกด้าน (ทักษะชีวิต 3.4838, วิชาชีพพื้นฐาน 3.4659 และวิชาชีพเฉพาะ 3.6836) กลุ่มที่ 2 กลุ่มพื้นฐาน มีจำนวนผู้เรียน 23 คน ถือเป็นกลุ่มที่มีขนาดเล็กที่สุด แต่มีความสำคัญในเชิงการกำกับดูแล เนื่องจากผู้เรียนกลุ่มนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกมิติ (ทักษะชีวิต 2.0235, วิชาชีพพื้นฐาน 2.2152 และวิชาชีพเฉพาะ 2.3743) กลุ่มที่ 3 กลุ่มถนัดวิชาชีพ มีจำนวนผู้เรียน 188 คน ผู้เรียนกลุ่มนี้มีลักษณะเด่นที่น่าสนใจและสะท้อนเอกลักษณ์ของผู้เรียนสายอาชีพศึกษาได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ มีสมรรถนะด้านการปฏิบัติงานหรือวิชาชีพเฉพาะในระดับดี (3.4153) แต่กลับมีผลสัมฤทธิ์ด้านวิชาชีพพื้นฐาน/ทฤษฎี (2.8236) และทักษะชีวิต (3.0222)

4.3 ผลการจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนด้วยเทคนิค DBSCAN Clustering


ภาพที่ 3 แสดงผลการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม DBSCAN Clustering

ตารางที่ 4 แสดงผลสรุปของการจัดกลุ่มแบบ DBSCAN

ชื่อกลุ่ม	ทักษะชีวิต	วิชาชีพพื้นฐาน	วิชาชีพเฉพาะ
0	3.4632	3.4065	3.6579
1	1.6500	1.8260	2.3920
Noise (หลุดกลุ่ม)	2.2209	2.0543	2.7600

จากตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสมรรถนะทางการเรียน 3 ด้าน (ทักษะชีวิต, วิชาชีพพื้นฐาน และวิชาชีพเฉพาะ) ที่ได้จากการจัดกลุ่มด้วยอัลกอริทึม DBSCAN ซึ่งเป็นเทคนิคที่อิงตามความหนาแน่นของข้อมูล ผลการวิเคราะห์สามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มหลัก และ 1 กลุ่มข้อมูลรบกวน (Noise) โดยมีรายละเอียดลักษณะเด่น ดังนี้ กลุ่มที่ 0 กลุ่มประชากรหลัก เป็นกลุ่มที่มีความหนาแน่นของข้อมูลสูงที่สุด ผู้เรียนในกลุ่มนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ ดีถึงดีมากในทุกมิติ (ทักษะชีวิต 3.4632, วิชาชีพพื้นฐาน 3.4065 และวิชาชีพเฉพาะ 3.6579) ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นธรรมชาติของข้อมูลผลการเรียนที่มักจะกระจุกตัวเกาะกลุ่มกันอย่างหนาแน่นในระดับคะแนนปานกลางถึงสูง ทำให้แบบจำลองมองเห็นผู้เรียนส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างกลุ่มขนาดใหญ่เพียงกลุ่มเดียว กลุ่มที่ 1 กลุ่มเสียงที่กระจุกตัว แม้จะมีจำนวนสมาชิกไม่มาก แต่แบบจำลองสามารถแยกผู้เรียนกลุ่มนี้ออกมาเป็นอีกหนึ่งกลุ่มได้ เนื่องจากผู้เรียนมีรูปแบบผลสัมฤทธิ์ที่ต่ำมากอย่างคล้ายคลึงกัน (ทักษะชีวิต 1.6500, วิชาชีพพื้นฐาน 1.8260 และวิชาชีพเฉพาะ 2.3920) ถือเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีภาวะวิกฤตทางวิชาการในทุกมิติ โดยเฉพาะทักษะชีวิตและวิชาชีพพื้นฐานที่อยู่ในเกณฑ์ก้ำกัبدูแลเพิ่ม กลุ่ม Noise (หลุดกลุ่ม) กลุ่มเผ่าระวังความผิดปกติ กลุ่มนี้คือผู้เรียนที่ผลการเรียนกระจายตัวอยู่นอกกลุ่มประชากรหลัก ไม่สามารถจัดเข้าเป็นกลุ่มที่มีความหนาแน่นได้ โดยมีผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยค่อนข้างต่ำ (ทักษะชีวิต 2.2209, วิชาชีพพื้นฐาน 2.0543 และวิชาชีพเฉพาะ 2.7600)

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพดัชนีชี้วัดของแบบจำลองการจัดกลุ่มข้อมูล

อัลกอริทึม	จำนวนกลุ่ม	Silhouette	Davies-Bouldin
	(k)	Coefficient	Index (DBI)
K-Means Clustering	4	0.3469	1.0348
Hierarchical Clustering	4	0.3076	0.9976
DBSCAN	2 (+Noise)	0.6546	0.2975

จากตารางที่ 5 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมทั้ง 3 รูปแบบ สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้ DBSCAN มีประสิทธิภาพทางสถิติสูงสุด โดยให้ความชัดเจนในการแยกกลุ่ม (Silhouette) สูงสุดที่ 0.6546 และค่าความกระชับภายในกลุ่ม (DBI) ต่ำที่สุดที่ 0.2975 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากอัลกอริทึมจัดผู้เรียนส่วนใหญ่รวมไว้ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อค้นหาผู้เรียนที่หลุดกลุ่ม (Noise) มากกว่าการใช้แบ่งกลุ่มทักษะ การเปรียบเทียบ K-Means และ Hierarchical Clustering (k=4) เมื่อพิจารณาแบบจำลองที่สามารถแบ่งผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มตามวัตถุประสงค์การวิจัย พบว่า K-Means โดดเด่นด้านการแยกกลุ่มให้ขาดจาก

กัน (Silhouette ดีกว่าที่ 0.3469) ในขณะที่ Hierarchical โดดเด่นด้านความหนาแน่นและคล้ายคลึงกันของสมาชิกในกลุ่ม (DBI ดีกว่าที่ 0.9976)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า เทคนิค DBSCAN ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเนื่องจากลักษณะข้อมูลสมรรถนะผู้เรียนมีการกระจายตัวแบบไม่เป็นรูปทรงกลม (Non-spherical distribution) และมีข้อมูลส่วนน้อยที่เป็นค่าผิดปกติ (Outliers) ซึ่ง DBSCAN สามารถแยกจุดข้อมูลเหล่านี้ออกเป็นกลุ่มสัญญาณรบกวน (Noise) ได้โดยไม่นำมาบิดเบือนค่าเฉลี่ยของกลุ่มหลัก ต่างจาก K-Means ที่บังคับให้ทุกจุดต้องสังกัดกลุ่มส่งผลให้ความชัดเจนของขอบเขตกลุ่มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบเชิงสถิติที่ DBSCAN ให้ค่า Silhouette Coefficient สูงสุดที่ 0.6546 และค่า DBI ต่ำที่สุดที่ 0.2975 ยืนยันถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้จัดกลุ่มสมรรถนะในงานวิจัยนี้

5.1 การทลายข้อจำกัดภาพลวงตาทางการศึกษา (GPA Illusion) และการค้นพบสมรรถนะที่แท้จริง ผลการวิจัยพบว่าการใช้เทคนิค K-Means และ Hierarchical Clustering สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็น 4 กลุ่มหลัก โดยจุดเด่นสำคัญคือการค้นพบ “กลุ่มถนัดวิชาชีว” (กลุ่มที่มีเกรดวิชาชีวเฉพาะสูง แต่ทักษะชีวิตและวิชาชีพื้นฐานอยู่ในระดับปานกลาง) ซึ่งผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดของ วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562) ที่ระบุว่า การประเมินผลแบบดั้งเดิมที่อาศัยเพียงคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPAX) มักสร้างภาพลวงตาทางการศึกษาที่บดบังความถนัดเฉพาะด้านของผู้เรียน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Andini et al. (2025) และ Alawi et al. (2023) ที่ยืนยันว่าอัลกอริทึมการจัดกลุ่มข้อมูลสามารถแยกแยะระดับสมรรถนะ (Student Competencies) ที่ซ่อนอยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ช่วยให้สถานศึกษามองเห็นศักยภาพที่แท้จริงของนักศึกษาอาชีวศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.2 ประสิทธิภาพของแบบจำลองกับธรรมชาติของข้อมูลทางการศึกษา เมื่อพิจารณาในเชิงเทคนิค พบว่าอัลกอริทึม DBSCAN มีประสิทธิภาพทางสถิติสูงสุด (Silhouette = 0.6546, DBI = 0.2975) เหนือกว่า K-Means และ Hierarchical เนื่องจากธรรมชาติของข้อมูลผลการเรียนมักมีการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปทรงกลมสมมาตร (Non-spherical) และมีความหนาแน่นกระจุกตัวสูงในบางช่วงคะแนน ทฤษฎีการจัดกลุ่มแบบอิงความหนาแน่น (Density-Based Clustering) ของ DBSCAN จึงสามารถโอบล้อมและจำแนกกลุ่มผู้เรียนตามความเป็นจริงได้ดีกว่า สอดคล้องกับงานของ Liu et al. (2022) ที่พบว่า DBSCAN มีความทนทานต่อข้อมูลที่ซับซ้อนและโดดเด่นในการคัดกรองข้อมูลรบกวน (Noise) ออกจากการจัดกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับข้อค้นพบของ เบญจพร ลิ้มธรรมาภรณ์ (2563) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเลือกอัลกอริทึมที่สอดคล้องกับลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการจำแนกผลสัมฤทธิ์

5.3 การจัดการเรียนรู้เชิงแตกต่างและการเตรียมความพร้อมสู่ตลาดแรงงาน (Transition to Work) ข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากการจัดกลุ่มถือเป็นฐานข้อมูลสำคัญที่สถานศึกษาสามารถนำไปเชื่อมโยงกับแนวคิด การจัดการเรียนรู้เชิงแตกต่าง (Differentiated Instruction) เพื่อให้ผู้สอนสามารถออกแบบเนื้อหาและวิธีการสอนให้ยืดหยุ่นตามความพร้อมของแต่ละกลุ่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jiménez-Macías et al. (2024) ที่ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมเพื่อยกระดับการสอน (Enhance Teaching) นอกจากนี้ การค้นพบกลุ่มเสี่ยงยังเป็นประโยชน์ต่องานแนะแนวในการสร้างกลไกการดูแลช่วยเหลือได้อย่างทันทั่วถึง ตามแนวทางของ กุลธิดา ท้วมสุข (2563) และ ปารีชาติ ดอนเมือง (2562) สถานศึกษาสามารถนำลักษณะเด่น (Profiles) ของผู้เรียนแต่ละกลุ่มไปใช้เป็นระบบคัดกรองเพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่ตลาดแรงงาน โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

5.3.1 การจับคู่ตำแหน่งงานตามลักษณะเด่น (Job Placement) กลุ่มศักยภาพสูงและกลุ่มเรียนดี ควรส่งเสริมเข้าสู่องค์กรขนาดใหญ่ หรือสนับสนุนให้ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นเพื่อก้าวสู่การเป็นวิศวกรหรือผู้บริหาร

5.3.2 กลุ่มถนัดวิชาชีพ ควรจับคู่กับสถานประกอบการที่เน้นทักษะการปฏิบัติงานฝีมือขั้นสูง (Hands-on) เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้จุดแข็งเฉพาะด้านอย่างเต็มศักยภาพ

5.3.3 การแนะแนวอาชีพเชิงลึกรายบุคคล (Personalized Career Coaching) สำหรับกลุ่มข้อมูลรบกวน (Noise) เนื่องจากผู้เรียนกลุ่มนี้มีรูปแบบสมรรถนะที่แตกต่างจากประชากรส่วนใหญ่ การแนะแนวอาชีพตามกระแสหลักอาจไม่ตอบโจทย์ สถานศึกษาจึงควรใช้การให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลเพื่อค้นหา ทักษะแฝง (Hidden Talents) และแนะนำเส้นทางอาชีพทางเลือก (Alternative Careers) เช่น การประกอบอาชีพอิสระ (Freelance) หรืออาชีพในกลุ่มเศรษฐกิจแบบรับจ้างอิสระ (Gig Economy) และงานในรูปแบบโปรเจกต์ (Project-based) ที่เน้นทักษะเฉพาะทาง ซึ่งอาจสอดคล้องกับรูปแบบการใช้ชีวิตและความถนัดของกลุ่มนี้มากกว่าการทำงานในระบบองค์กรทั่วไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กริช สมกันธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ขอขอบคุณวิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลจากระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน (EDR) เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ ตลอดจนขอขอบคุณคณะครูและบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วง และเกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบการศึกษาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2564). *ระเบียบกระทรวงศึกษาธิการ ว่าด้วยการจัดการศึกษาและการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2564*. กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2558). *เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- กุลธิดา ท้วมสุข. (2563). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกลางคันของผู้เรียนอาชีวศึกษา. *วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา*, 15(2), 45-58.
- คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี. (2566). *รายงานการวิจัยเรื่อง แบบจำลองการเรียนรู้ผลการสอบภาษาอังกฤษโดยเทคนิค K-Means*. อุตรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- ณรงค์ แผ้วพลสง. (2562). *นโยบายการขับเคลื่อนอาชีวศึกษายกกำลังสองสู่การปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- นุชจรินทร์ แจ่มสากล. (2561). *การจัดกลุ่มคุณภาพผู้เรียนจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐาน (O-NET)*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เบญจพร ลิ้มธรรมมาภรณ์. (2563). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมในการจำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 10(1), 15-25.

- ปาริชาติ ดอนเมือง. (2562). *การวิเคราะห์จัดกลุ่มการเผชิญปัญหาและพื้นผ้าอุปสรรคของนักเรียนอาชีวศึกษา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ฝ่ายงานศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรธานี. (2568). *รายงานสรุปข้อมูลระบบบริหารสถานศึกษาอาชีวศึกษา (EDR). อุตรธานี: งานศูนย์ข้อมูลสารสนเทศ วิทยาลัยอาชีวศึกษาอุตรธานี.*
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนา. (2562). *การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงเพื่อพัฒนาผู้เรียน*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผู้นำนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2563). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563*. กรุงเทพฯ: หน่วยงานศึกษานิเทศก์.
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567*. กรุงเทพฯ: หน่วยงานศึกษานิเทศก์.
- สำนักงานเลขาธิการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. (2561). *ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 (ฉบับย่อ)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.
- สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2562). *มาตรฐานการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2562*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2567). *มาตรฐานการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2567*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.
- Alawi, S. J. S., Shaharane, I. N. M., & Jamil, J. M. (2023). Clustering student performance data using K-means algorithms. *Journal of Computational Innovation and Analytics*, 2(1), 1–15.
- Andini, R. F. D., Liantoni, F., & Budianto, A. (2025). Clustering student competencies using the K-means algorithm. *Ultimatics: Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 45–50.
- Jiménez-Macías, A., Muñoz-Merino, P. J., & Kloos, C. D. (2024). Student clustering through K-means to enhance teaching. In *Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (TAE)* (pp. 1–6). Malaga, Spain.
- Liu, J., Qin, H., & Liu, Z. (2022). A density-based spatial clustering of application with noise algorithm and its empirical research. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 15, 15–22.
- Shetty, P., & Singh, S. (2021). Hierarchical clustering: A survey. *International Journal of Applied Research*, 7(4), 132–135.

การเสริมโปรตีนจากฝ้ายในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ Enhancing the Nutritional Value of Oat Flour Banana Cake through Protein Fortification with Wolffia

นันทน์ภัส พุกอตุ¹, ปริมาภรณ์ สุขวิถิ², โรจนศักดิ์ สุขเรือง³, มาโนชญ์ แสงศิริ^{4*}

Nannaphus Phukut¹, Porramaphon Sookwiti², Rotchanasak Sukrueang³, Manoch Sangsiri^{4*}

¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

¹Phichit Pittayakom School; nannaphusphukut@gmail.com

²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

²Phichit Pittayakom School; paramaphon2551@gmail.com

³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

³Phichit Pittayakom School; Ballrochanasak.26@gmail.com

⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

⁴Phichit Pittayakom School; sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษา “การเสริมโปรตีนจากฝ้ายในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ” แบ่งการศึกษาเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การออกแบบและพัฒนาสูตรเค้กกล้วยหอมแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากฝ้าย ตอนที่ 2 การศึกษาปริมาณโปรตีนจากฝ้ายที่ได้จากการเลี้ยง และตอนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 37 คน ได้จากการสุ่มแบบอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากฝ้ายทั้งหมด 5 สูตร และแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการทดลองตอนที่ 1 ฝ้ายพันธุ์ Globosa เหมาะสำหรับการเสริมโปรตีนในเค้กกล้วยหอม เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่ปลอดภัย หาได้ง่าย ตอนที่ 2 ปริมาณโปรตีนของฝ้ายที่ได้จากการเลี้ยงคือ ร้อยละ 21.9 ของฝ้ายอบแห้ง 50 กรัม ซึ่งได้ต่ำกว่างานวิจัย อาจเกิดจากวิธีวิเคราะห์สภาพแวดล้อม และข้อจำกัดของการทดลอง ตอนที่ 3 พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ในระดับมากถึงมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 สูตร พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{x} = 4.57, s.d. = 0.36) รองลงมาคือ สูตรที่ 1, สูตรที่ 4, สูตรที่ 5 และสูตรที่ 3 ซึ่งมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการเสริมโปรตีนจากฝ้ายในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : โปรตีน กล้วยหอม ข้าวโอ๊ต ฝ้าย

Abstract

This research studied “Enhancing the Nutritional Value of Oat Flour Banana Cake through Protein Fortification with Wolffia” and was divided into three phases. Phase 1 Designing and developing a banana cake recipe with oat flour fortified with wolffia protein. Phase 2 Studying the protein content of wolffia obtained from cultivation and Phase 3 Evaluating consumer satisfaction. The sample group consisted of 37 students selected using simple random sampling. The tools used included five experimental cake recipes and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using means and standard deviations. The results of Phase 1 showed that Globosa wolffia is suitable for fortifying protein in banana cake due to its high nutritional value and its availability as a safe and easily accessible local ingredient. Phase 2 indicated that the protein content of wolffia obtained from cultivation was 21.9% of 50 grams of dried wolffia, which was lower than previous research and may be due to the analysis methodology, environmental conditions, and limitations of the experiment. Phase 3 showed that consumers were highly satisfied with the product. Considering all five recipes, recipe number 2 had the highest average satisfaction score. The highest level of satisfaction was found with formulas 1, 4, 5, and 3 ($\bar{x} = 4.57$, S.D. = 0.36), followed by formulas 1, 4, 5, and 3, all showing a high level of satisfaction. This demonstrates that supplementing protein from wolffia in oat flour banana cake can enhance nutritional value and remains acceptable to consumers.

Keywords: Protein, Banana, Oats flour, Wolffia

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น เนื่องจากความกังวลต่อโรคร้ายและความต้องการมีชีวิตที่ยืนยาว ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เช่น การออกกำลังกาย ดูแลร่างกาย และเลือกกินอาหารที่มีประโยชน์ โดยเค้กกล้วยหอมแม้จะเป็นเมนูยอดนิยม แต่ยังมีปริมาณโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ผ่าเป็นพืชน้ำพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะโปรตีนที่มากถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนักแห้ง สูงกว่าถั่วเหลือง ไข่ และเนื้อสัตว์ มีรายงานการวิจัยถึงประโยชน์ เช่น ด้านอนุมูลอิสระด้านการติดเชื้อ และช่วยรักษาภาวะโลหิตจาง (ภาชณูมาศ ทองคำ, 2562) ผ่าเพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้เวลาสั้น ให้ผลผลิตสูง ต้นทุนต่ำ และแมลงศัตรูพืชน้อย จึงเหมาะแก่การส่งเสริมให้บริโภคและผลิตในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญคือ ความไม่สม่ำเสมอของปริมาณโปรตีน ข้อกังวลด้านสุขอนามัยจากการเพาะเลี้ยงในแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงผ่าเป็นพืชที่มีผนังเซลล์บางทำให้เน่าเสียเร็วหากไม่ได้แช่เย็น ส่งผลต่อการตลาด ดังนั้นแนวทางแก้ไขคือ การแปรรูปเป็นผ่าแห้ง ซึ่งเก็บรักษาง่ายและสะดวกต่อการจำหน่ายมากกว่า (ภาชณูมาศ ทองคำ, 2562) เมื่อมนุษย์บริโภคโปรตีนจากพืชและสัตว์เป็นอาหาร โปรตีนจะถูกย่อยด้วยกรดและเอนไซม์จนได้กรดอะมิโน ซึ่งจะถูกนำไปสร้างเป็นโปรตีนเพื่อใช้ทำหน้าที่ต่าง ๆ ในร่างกาย แต่การสร้างโปรตีนจำเป็นต้องมีกรดอะมิโนครบทั้ง 20 ชนิด ดังนั้นการเลือกบริโภคอาหารเพื่อให้ได้กรดอะมิโนจำเป็นครบจึงต้องบริโภคให้หลากหลาย โดยบริโภคพืชกับเนื้อสัตว์ ถ้าผู้ที่บริโภคมังสวิรัตินควรได้รับโปรตีนจากพืชร่วมกัน 2-3 ชนิด การที่ร่างกายได้รับโปรตีนเพียงพอหรือไม่สามารถทราบได้จากการศึกษาสมดุลไนโตรเจน ผลของสมดุลไนโตรเจนทำให้บุคลากรทางการแพทย์นำมาใช้วางแผนการรักษาผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ร่างกายทำงานได้อย่างสมบูรณ์จึงไม่ควรบริโภคโปรตีนมากหรือน้อยเกินไป ผลของการบริโภคโปรตีนมาก

หรือน้อยเกินไปส่งผลให้อวัยวะในร่างกายทำงานผิดปกติจนทำให้เกิดโรคได้ (ฉัตรภา หัตถโกศล และ มณีรัตน์ เตชะวิเชียร, 2563) ซึ่งฝำ (Wolffia globosa) หรือไข่น้ำ เป็นพืชน้ำที่เพาะเลี้ยงได้ง่ายในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารสูง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียม การเพาะเลี้ยงในระบบเปิดที่มีการกวนด้วยใบพัด (3,500 รอบ/นาที) และให้อากาศร่วมกับการสเปรย์น้ำด้านบน ช่วยให้ฝำเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ผลผลิตที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน 48.2%, ไขมัน 9.6%, และ โยอาหาร 14.5% อีกทั้งยังมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่ำ จึงเหมาะสำหรับนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภค (วนิดา ปานอุทัย, 2563) แค็กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโยอาหารและโปรตีน เมื่อนำมาเสริมด้วยผงไข่น้ำซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากธรรมชาติ จะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุในผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเหมาะเป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นและได้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารการเสริมโปรตีนจากฝำในแค็กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภค

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาการเสริมโปรตีนจากฝำในแค็กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต
- 2.2 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนของฝำที่ได้จากการเลี้ยง
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อแค็กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากฝำ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อออกแบบและพัฒนาการเสริมโปรตีนจากฝำในแค็กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต

- 1.1 ศึกษาข้อมูลก่อนการเลี้ยง
 - 1.1.1 ศึกษาชนิดของฝำที่เหมาะสมต่อการนำมาเพาะเลี้ยง
 - 1.1.2 ศึกษาปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงฝำ
 - 1.1.3 ศึกษาวิธีการเลี้ยงฝำที่ถูกต้อง
- 1.2 การเตรียมบ่อเลี้ยง
 - 1.2.1 ทำฝาปิดวงบ่อซีเมนต์ 2 บ่อ ใช้ลวดยาว 240 เซนติเมตร นำสแตนมาคลุมใช้สายเคเบิลไทร์รัด
 - 1.2.3 ทำโดมคลุมบ่อ โดยทำโครงจากท่อ PVC และนำพลาสติกมาคลุม เพื่อป้องกันฝนและแมลง
- 1.3 การเตรียมน้ำและปุ๋ย
 - 1.3.1 เตรียมน้ำประปาและพักไว้ 3 วัน เพื่อให้คลอรีนระเหย กรณีเป็นน้ำกรองสามารถนำมาใช้ได้เลย
 - 1.3.2 เตรียมปุ๋ยสูตร A, ปุ๋ยสูตร B และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง
- 1.4 การใส่น้ำและปุ๋ยลงบ่อ
 - 1.4.1 เติมน้ำลงบ่อซีเมนต์ให้มีระดับสูง 30 เซนติเมตร
 - 1.4.2 แบ่งบ่อเป็น 2 บ่อ ได้แก่ บ่อ A และบ่อ B

บ่อ A : ใส่ปุ๋ยสูตร A 130 มิลลิลิตร + ปุ๋ยสูตร B 130 มิลลิลิตร + จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 130 มิลลิลิตร

บ่อ B : ใส่ปุ๋ยสูตร A 130 มิลลิลิตร + ปุ๋ยสูตร B 130 มิลลิลิตร
 - 1.4.3 คนส่วนผสมให้เข้ากัน

1.5 การใส่ผ้าและดูแลบ่อ

1.5.1 ใส่ผ้า 100 กรัมลงในแต่ละบ่อ

1.5.2 เติมหอกซิเจนลงไปทั้ง 2 บ่อ โดยใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์

1.5.3 ปิดฝาบ่อและคลุมด้วยโดม

1.5.4 ในกรณีที่ไม่มีแดดติดต่อกัน 2 วัน ให้คนผ้าทุก ๆ วัน เพื่อเพิ่มออกซิเจน

1.6 การเลี้ยงต่อเนื่อง

1.6.1 ทำซ้ำขั้นตอนการใส่ปุ๋ยและการดูแล (ข้อ 1.3 – 1.4) ทุก ๆ 7 วัน

1.6.2 แยกฝ้อออกบางส่วนสำหรับการนำไปอบแห้งในแต่ละครั้ง

1.7 ออกแบบและพัฒนาการเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต

1.8 การเตรียมฝ้ออบแห้ง

การเตรียมฝ้ออบแห้งเริ่มจากการเลือกผ้าจากที่เลี้ยงไว้ แล้วล้างให้สะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง ขึ้นไปเพื่อล้างสิ่งสกปรกออก จากนั้นสะเด็ดน้ำโดยใช้เครื่องสลัดน้ำหรือกระชอน แล้วนำไปเกลี่ยบาง ๆ บนตะแกรงที่รองกระดาษไข นำเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง โดยกลับด้านทุก ๆ 3 ชั่วโมง เมื่อแห้งกรอบดีแล้วจึงนำออกจากตู้อบ ถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการ (wishyouwell, 2025)

1.9 การเตรียมกล้วยหอม

วัตถุดิบของกล้วยหอมที่ใช้ คือ เนื้อของกล้วยหอม เริ่มจากการปอกเปลือก แยกเปลือกและเนื้อออกจากกัน จากนั้นนำเนื้อส่วนหนึ่งไปบดให้ละเอียดและอีกส่วนหนึ่งนำไปหั่นโดยมีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อเตรียมวางด้านบนของเค้กกล้วยหอม แล้วนำส่วนที่บดละเอียดไปใส่ในส่วนผสมของเค้กกล้วยหอม

1.10 วิธีการทำเค้กกล้วยหอมแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า

นำแป้งข้าวโอ๊ตมาปั่นในเครื่องปั่นเป็นเวลา 60 วินาที ผสมกับไข่ไก่แล้วใส่กล้วยที่บดเสร็จแล้วลงไป ตามด้วยน้ำตาลทรายขาว เบคกิ้งโซดา น้ำมันพืช นมสด กลิ่นวนิลา ผงฟู น้ำมันมะนาวและฝ้ออบแห้ง

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบในการผลิตและการเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต ปรับปรุงสูตรจาก (ภาขณุมาศ ทองคำ, 2562)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)	สูตรที่ 4 (กรัม)	สูตรที่ 5 (กรัม)
แป้งข้าวโอ๊ต	150	240	180	240	180
ฝ้ออบแห้ง	7.5	12	9	12	6
ผงฟู	7.5	8	8	8	6
กล้วยหอมทอง	150	240	180	240	120
น้ำมันมะนาว	5	0	0	0	0

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบในการผลิตและการเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต ปรับปรุงสูตรจาก (ภาชณูมาศ ทองคำ, 2562) (ต่อ)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)	สูตรที่ 4 (กรัม)	สูตรที่ 5 (กรัม)
ไข่ไก่	120	100	100	100	50
น้ำตาลทรายขาว	30	200	150	200	100
น้ำมันพืช	15	120	120	120	80
นมสด	50	0	120	0	120
กลีเซอรีน	5	5	0	0	0
เกลือ	1.25	0	0	0	0
เบคกิ้งโซดา	0	5	0	0	3

(ในแต่ละสูตรจะใช้สัดส่วนที่ต่างกัน) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน วอร์มเตาอบที่อุณหภูมิ 175-180 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที ทาน้ำมันลงในพิมพ์ด้วยกระดาษแล้วเทส่วนผสมทั้งหมดลงในพิมพ์และตกแต่งตามใจชอบ นำเข้าเตาอบเป็นเวลา 35 นาที ด้วยอุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส (bbiereee, 2025)

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนของผ้าที่ได้จากการเลี้ยง

2.1 ขั้นตอนการทำผ้าอบแห้ง (ภาชณูมาศ ทองคำ, 2562)

- 2.1.1 นำผ้าแต่ละบ่อมาล้างน้ำสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกและเศษต่าง ๆ
- 2.1.2 นำผ้าที่ล้างแล้วมาสะเด็ดน้ำออก และตากแดดให้แห้ง
- 2.1.3 นำผ้าที่แห้งแล้วมาวางบนถาดโดยตรงด้วยผ้าขาวบางไว้แล้วเกลี่ยบาง ๆ เพื่อให้ความร้อนเข้าไปได้ทั่วถึง
- 2.1.4 ปรับอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อบเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยกลับด้านถาดทุก ๆ 3 ชั่วโมง

2.2 วิธีการตรวจโปรตีน

นำผ้าอบแห้งส่งทดสอบค่าโปรตีนที่ ศูนย์ส่งเสริมและตรวจสอบการผลิตตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้วิธีทดสอบอ้างอิง In-house method based on AOAC (2019) 981.10

ตอนที่ 3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผำ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต โดยผู้วิจัยได้มีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้ (สวาท เกิดศิริ และสิริชนุตต์ ทองชีว ,2564)

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 จำนวน 41 คน

3.1.2 หากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Yamane Taro (Yamane, 1973)

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \quad (1)$$

เมื่อ n เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N เป็นขนาดของประชากร

e เป็นความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า (0.05 หรือ 0.01)

$$\text{แทนค่า } n = \frac{41}{1+41(0.05)^2} = 37.18821 \approx 37$$

แสดงว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากับ 37

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ผลลัพธ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต โดยแต่ละสูตรมีปริมาณของผำแตกต่างกัน สูตรที่ 1 ใส่ผำ 7.5 กรัม, สูตรที่ 2 ใส่ผำ 12 กรัม, สูตรที่ 3 ใส่ผำ 9 กรัม, สูตรที่ 4 ใส่ผำ 12 กรัม, และสูตรที่ 5 ใส่ผำ 6 กรัม

3.2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต โดยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) เกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ

ตอนที่ 2 เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ชนิด 5 ระดับ มีรายการประเมิน 7 ข้อ

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| 3.2.2.1 ความคิดสร้างสรรค์ | 3.2.2.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ | 3.2.2.3 รสชาติ |
| 3.2.2.4 คุณภาพทางด้านสี | 3.2.2.5 คุณภาพทางด้านกลิ่น | 3.2.2.6 เนื้อสัมผัส |
| 3.2.2.7 คุณค่าทางโภชนาการ | | |

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2 ดำเนินการจัดทำผลิตภัณฑ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตที่พัฒนาสูตรใหม่ โดยนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาประกอบการดำเนินการ และปรับปรุงแก้ไขจนได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ แล้วนำไปศึกษาความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3.3.3 ดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต รายการประเมิน 7 ข้อ

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| 3.3.3.1 ความคิดสร้างสรรค์ | 3.3.3.2 รูปแบบผลิตภัณฑ์ | 3.3.3.3 รสชาติ |
| 3.3.3.4 คุณภาพทางด้านสี | 3.3.3.5 คุณภาพทางด้านกลิ่น | 3.3.3.6 เนื้อสัมผัส |
| 3.3.3.7 คุณค่าทางโภชนาการ | | |

3.3.4 นำเครื่องมือที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง (validity) ของรายการประเมินความพึงพอใจ เพื่อหาความสอดคล้องในด้านโครงสร้างความเที่ยงตรงในด้านเนื้อหา และความถูกต้องของการใช้ภาษา แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (index of item objectives congruence : IOC)

3.3.5 ออกแบบหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยสำหรับผู้แทนโดยชอบธรรม/ผู้ปกครอง สำหรับลงนามและส่งกลับกับผู้ร่วมวิจัยทราบ 1 ชุดต่อ 1 คน

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจผ่านระบบออนไลน์ (Google Form) ของเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผำ จากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 37 คน การประเมินแบ่งระดับคะแนน ออกเป็น 5 ระดับ ให้คะแนนแต่ละข้อ จำแนกรายข้อในแบบสอบถามดังนี้

ระดับมากที่สุด	ให้มีค่าคะแนนเป็น 5
ระดับมาก	ให้มีค่าคะแนนเป็น 4
ระดับปานกลาง	ให้มีค่าคะแนนเป็น 3
ระดับน้อย	ให้มีค่าคะแนนเป็น 2
ระดับน้อยที่สุด	ให้มีค่าคะแนนเป็น 1

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.5.1 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากโปรแกรม Google Sheet

3.5.2 วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่ (frequency) และร้อยละ (percentage) จากโปรแกรม Google Sheet

3.5.3 วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์การเสริมโปรตีนจากผำในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต โดยการนำมาหาค่าเฉลี่ย (mean หรือ \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation หรือ S.D.) จำแนกเป็นรายข้อ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของเบสต์ (Best, 1981, p.195)

คะแนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยโดยใช้สถิติในการวิจัย ดังนี้

1. ใช้หาคุณภาพของเครื่องมือ (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

2. สถิติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean หรือ \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

3. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตร ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

(One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผำทั้ง 5 สูตร และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างโดยใช้ค่าสถิติของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version22

4. ผลการวิจัย

1. (เมธา มีแต้ม, 2566) มีอัตราการเจริญรวดเร็วและมีปริมาณสารอาหารสูง จึงเป็นแหล่งอาหารตามธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์จำนวนมาก และเมื่อนำมาใช้เป็นอาหารในการเพาะเลี้ยงสัตว์และปลาพบว่าแหล่งอาหารคุณภาพดี ช่วยสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชน จึงเหมาะกับการพัฒนาเป็นอาหารเพื่อสุขภาพจากวัตถุดิบธรรมชาติ โดยนำมาเลี้ยงใส่นบอ 2 บ่อ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของฝำ บ่อ A ใส่ปุ๋ย AB และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ส่วนบ่อ B ใส่ปุ๋ย AB ปราภกฏว่าปริมาณของฝำในบ่อ A มีปริมาณมากกว่าบ่อ B และนำฝำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากฝำ



ภาพที่ 1 บ่อเลี้ยงฝำช่วงดูแล เปลี่ยนน้ำและตัดฝำ



ภาพที่ 2 แสดงฝำก่อนอบ ขณะอบและหลังอบ

2. ค่าโปรตีนในฝำอบแห้งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 21.93 ของปริมาณฝำบ่อ A และบ่อ B รวมกัน 50 กรัม

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบค่าโปรตีนของฝำแห้งน้ำหนัก 50 กรัม

ลำดับ	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
1	Protein	21.93	%	In-house method based on AOAC (2019) 981.10

3. ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากฝำอยู่ในระดับมาก ถึง มากที่สุดเมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 สูตร โดยเรียงตามค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า สูตรที่ 2 เป็นลำดับแรก อยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} = 4.5) และ S.D. = 0.36) รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 5, สูตรที่ 4, สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

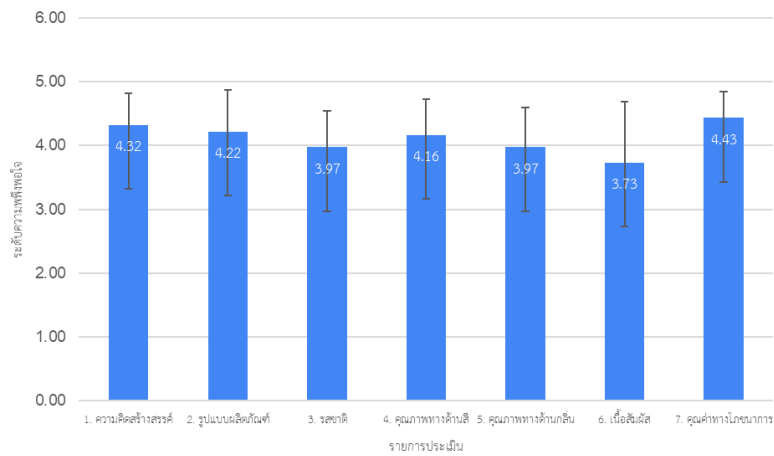
ตารางที่ 3 แสดงลักษณะเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผำ

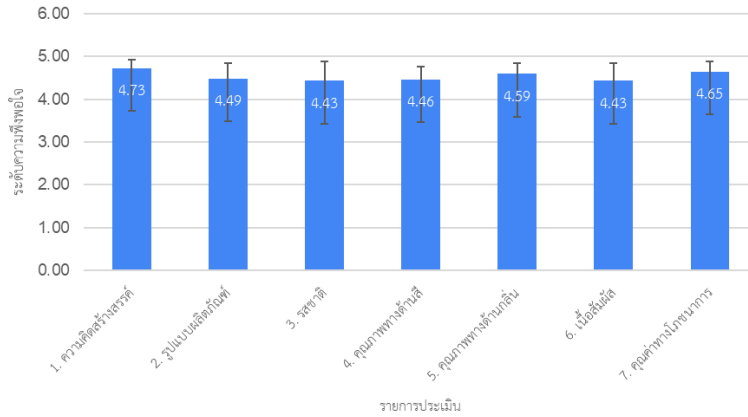
ลักษณะของเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผำ			
สูตรที่	ผลิตภัณฑ์	อธิบายลักษณะภายนอก	น้ำหนัก(กรัม)/ต่อชิ้น
1		มีสีน้ำตาลอ่อน ตกแต่งด้วยกล้วย มีผำเป็นจุดเล็ก ๆ ตามเนื้อเค้ก	50
2		มีสีน้ำตาลเข้ม ตกแต่งด้วยกล้วย ลักษณะหน้าเค้กเป็นน้ำตาลไหม้ เนื้อเค้กฟู มีเนื้อของผำ	62
3		มีสีครีมอ่อน ตกแต่งหน้าเค้กด้วยกล้วย มีเนื้อของผำเป็นจุดตามเนื้อเค้ก	70
4		หน้าเค้กมีสีน้ำตาลอ่อนของ น้ำตาลไหม้ ตกแต่งด้วยกล้วย เนื้อเค้กมีสีเขียวอ่อนของผำ มีเนื้อเค้กที่ฟู	60
5		หน้าเค้กมีสีน้ำตาลอ่อน ตกแต่งด้วยกล้วย เนื้อเค้กมีสีเขียวอ่อนของผำ	60

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้าทั้งหมด 5 สูตร

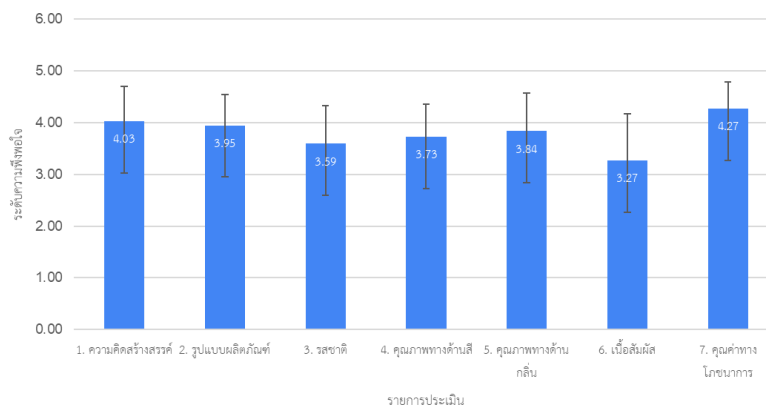
รายการประเมิน	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
ความคิดสร้างสรรค์	4.32±0.49	4.73±0.20	4.03±0.67	4.22±0.47	4.32±0.57
รูปแบบผลิตภัณฑ์	4.22±0.66	4.49±0.36	3.95±0.59	3.97±0.64	4.00±0.81
รสชาติ	3.97±0.79	4.43±0.46	3.59±0.73	3.97±0.54	3.68±0.90
คุณภาพทางด้านสี	4.16±0.57	4.46±0.30	3.73±0.63	3.86±0.62	3.54±0.83
คุณภาพทางด้านกลิ่น	3.97±0.62	4.59±0.24	3.84±0.73	4.00±0.52	3.97±0.68
เนื้อสัมผัส	3.37±0.62	4.43±0.41	3.27±0.90	3.89±0.76	3.84±0.64
คุณค่าโภชนาการ	4.43±0.41	4.65±0.23	4.27±0.52	4.27±0.55	4.59±0.49
เฉลี่ยรวม	4.12±0.61	4.54±0.31	3.81±0.68	4.03±0.59	3.99±0.70

ข้อมูลทั้งหมดถูกนำเสนอในรูปแบบค่าเฉลี่ยร่วมกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± S.D.) เพื่อแสดงแนวโน้มของผลการทดลองโดยผลที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันภายในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

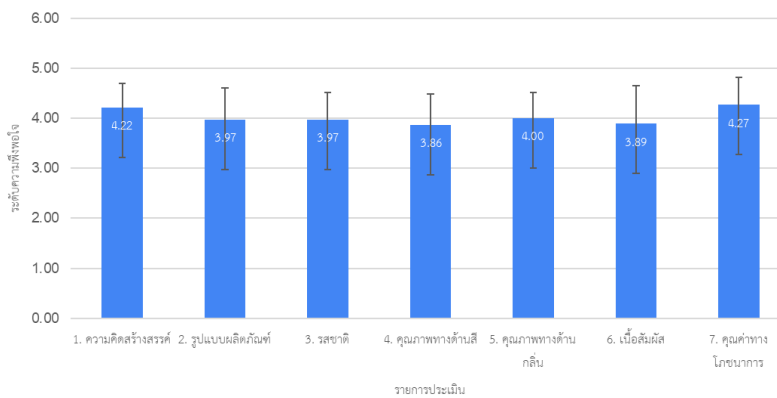

ภาพที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละรายการที่มีต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า สูตรที่ 1



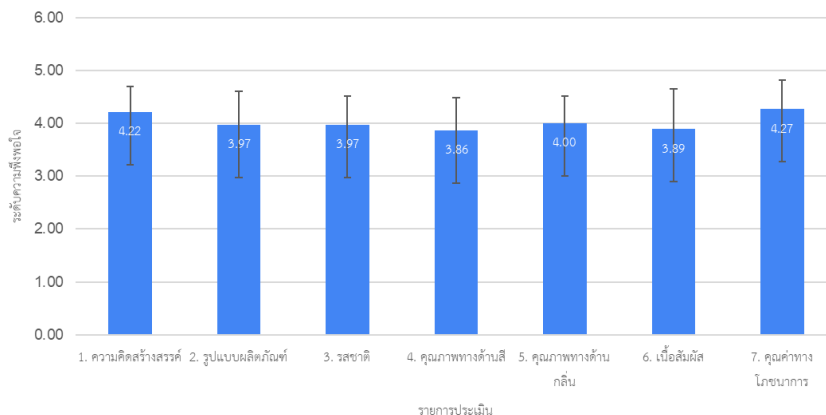
ภาพที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละรายการที่มีต่อเค้กกล้วยหอม สูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า สูตรที่ 2



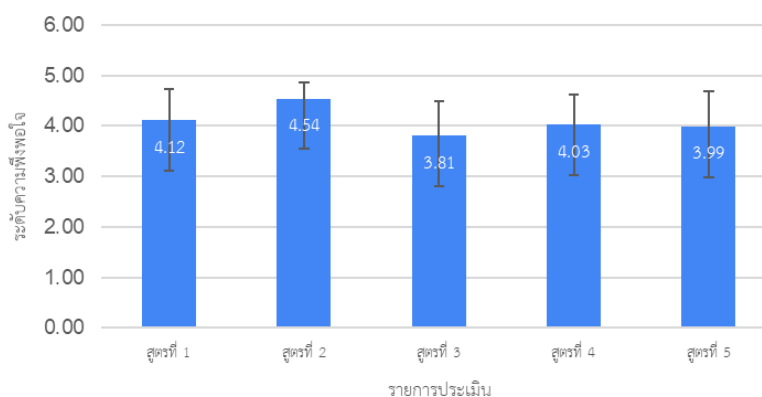
ภาพที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละรายการที่มีต่อเค้กกล้วยหอม สูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า สูตรที่ 3



ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละรายการที่มีต่อเค้กกล้วยหอม สูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า สูตรที่ 4



ภาพที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละรายการที่มีต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า สูตรที่ 5



ภาพที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาตรฐานความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละสูตร

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 เพื่อออกแบบและพัฒนาการเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ต พบว่า เลือกใช้ผ้าพันธุ์ Globosa เป็นวัตถุดิบหลัก เนื่องจากผ้าชนิดนี้เป็นแหล่งของ โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเสริมสร้างและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ รวมถึงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิตา ปานอุทัย (2563) ที่กล่าวว่าผ้าเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นที่ปลอดภัย มีประวัติการบริโภคมาอย่างยาวนานในชุมชนภาคอีสาน ทำให้มีความน่าเชื่อถือด้านความปลอดภัยทางอาหาร อีกทั้งยังสามารถหาได้ง่าย ราคาอ่อนโยม และสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชนในท้องถิ่น การนำผ้ามาใช้ในผลิตภัณฑ์ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ (Healthy Bakery) ที่เน้นการเพิ่มคุณค่าอาหารจากวัตถุดิบธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วนิตา ปานอุทัย, 2563)

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนของผ้าที่ได้จากการเลี้ยง พบว่า ปริมาณโปรตีนทั้งบ่อ A และบ่อ B รวมกันโปรตีนมีค่าต่ำกว่างานวิจัยของ ปฐมชัย คชะสุต (2567) ที่ได้โปรตีนร้อยละ 40 จากน้ำหนักแห้ง ความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ วิธีการตรวจโปรตีน สภาพความสด ความชื้น หรือการเก็บรักษา สภาพของไนโตรเจนในแหล่งน้ำเลี้ยงมีผล

โดยตรงต่อปริมาณโปรตีนในผ้า, ช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยวผ้ารวมไปถึงเวลาการเลี้ยงผ้าใน 1 ครั้งและข้อจำกัดของอุปกรณ์และความแม่นยำในการทดลอง

ตอนที่ 3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมโปรตีนจากผ้า พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ถึง มากที่สุด เมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 สูตร โดยเรียงตามค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า สูตรที่ 2 เป็นลำดับแรก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.57$ และ $S.D. = 0.36$) รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 5, สูตรที่ 4, สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะส่วนผสมในแต่ละสูตรที่มีความแตกต่างกันไปทางด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น สีและรสชาติ ได้เพิ่มความแปลกใหม่และการใช้ส่วนผสมที่มีประโยชน์และส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการในส่วนผสม ซึ่งหลักการที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องคำนึงถึงความต้องการ ความแปลกใหม่และคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น (ศจี สุวรรณศรี, 2551) ได้ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นระดับที่มากกว่าสมมติฐานที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื้อของเค้กกล้วยหอมมีความเหนียวเกินไป อาจจะต้องมีการเพิ่มส่วนผสมที่เป็นของเหลวเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดความเหนียวของเนื้อเค้ก
2. รสชาติของผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอมเสริมโปรตีนจากไข่ผ้าที่มีความหวานมากเกินไป อาจจะต้องลดส่วนผสมที่ให้รสชาติที่หวานลดลง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการเรื่อง “การเสริมโปรตีนจากผ้าในเค้กกล้วยหอมสูตรแป้งข้าวโอ๊ตเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ” ได้รับความช่วยเหลือจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ในการให้คำปรึกษา แนะนำเอกสารวิชาการ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ จนโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- ฉัตรภา หัตถโกศล และ มณีรัตน์ เตชะวิเชียร. (2563). โปรตีน : สารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย. *Journal of Nutrition Association of Thailand*, 55(1), 33. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JNAT/article/view/239848>
- ธนพล วุฒิชัย และ วันวิสา เจริญวัฒน์. (2567). การศึกษาปริมาณสารอาหารโปรตีนชนิดอะมิโนโซ่กิ่งจากถั่วลิสงเตาเหลืองสกัดแบบไอโซเลทและโปรตีนข้าวเจ้า กข.1 สกัดแบบคอนเซนเตรตเปรียบเทียบกับกานม [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. <https://postgrads.mfu.ac.th/wp-content/uploads/2022/12/5652003260-ธนพล-วุฒิชัย.pdf>
- ปฐมชัย คชะสุด. (2567). “GOOD & FOOD SECURITY ผ้าสุขภาพที่ดีและความมั่นคงทางอาหาร. [http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3815/1/RMUTT-167649.pdf](https://esc.doae.go.th/ผ้า/ภาชญาต ทองคำ. (2562). ผลของอุณหภูมิต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผ้าแห้งและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิตไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. <a href=)
- เมธามีแถม. (ม.ป.ป.). เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs): เป้าหมายที่ 2 ขจัดความหิวโหย. <https://science.mahidol.ac.th/sdgs/2-006/>

- วนิดา ปานอุทัย. (2563). *ผิว: พืชน้ำขนาดเล็กและแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อสุขภาพ. วิชาการ, 50(4), 29.*
https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/bkn/search_detail/download_digital_file/20010688/159252
- ศจี สุวรรณศรี. (2551). *หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส, เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาลัยนเรศวร.*
- สวาท เกิดศิริ และ สิริขันธ์ ทองชีว (2564). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยจากผักหวานป่า. การอาชีวศึกษาศาตราศกลาง, 5(2), 108.*
<https://so06.tci-thaijo.org/index.php/IVECJournal/article/view/253273>
- bbiereee. (2025). *เค้กกล้วยหอมข้าวโอ๊ตคลีน ๆ . Lemon8. https://www.lemon8-app.com/@bbiereee/
7410636967882441232?region=th*
- Best, J. W. (1981). *Research in education.* New Jersey : Prentice-Hall.
- Calforlife. (2015). *ข้อมูลทางโภชนาการ. Calforlife. https://www.calforlife.com/th/calories/wholewheat-banana-
bread*
- ESAN INFORMATION. (2567). *น้ำ สูดยอดอาหารของโลก. https://www.esanpedia.oar.ubu.ac.th/esaninfo/?p=6708*
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W. (1970). *Determining Sample Size for Research Activities. Educational and
Psychological Measurement, 30(3), 607-610.*
- thai-thaifood. (2022). *ความหมายของกล้วยหอม. https://pharmoffice.kku.ac.th/iss/smhcontrol/herb/287*
- Nisachol Ruekaewna, Somkiat Piyatrititivorakul and Sorawit Powtongsook. (2015). *Cultrue system for Wolffia
glodosa L. (Lemnaceae) for hygiene human food. [PaperPresentation]. https://www.researchgate.net/
publication/284897053_Culture_system_for_Wolffia_globosa_L_Lemnaceae_for_hygiene_human_food*
- Rotimatic Team. (2024). *Oat Flour: Nutritional Facts and Health Benefits. Rotimatic Team. https://rotimatic-
com.translate.google/blogs/food-health/benefits-of-oat-flour*
- Vitoon Farm. (2567). *น้ำอบแห้ง. lemon8. https://www.lemon8-app.com/@vitowolffia/7504668953332089361?region=th*
- Wishyouwell. (2025). *วิธีทำน้ำอบแห้ง. Sgethai. https://www.sgethai.com/article/วิธีทำน้ำอบแห้ง/*
- Yamane, Taro. (1973). *Statistics, An Introductory Analysis, 2nd Ed., New York : Harper and Row.*

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

Development of Oat-Based Salad Rolls Incorporating Wolffia

กิตติพิศ บุญยั้ง¹, ณัฐชญา สีหาคาศ², นพิษฐา บุญประสพ³, พสมนต์ เมืองทอง⁴, ลลิตัน รสมาลา⁵, โรจนศักดิ์ สุขเรือง⁶,
มานอชญ์ แสงศิริ^{7*}Kittiphot Boonyung¹, Nutchaya Sihapak², Napittha Boonprasop³, Pasumon Muangthong⁴,
Lalirat Rosmala⁵, Rotchanasak Sukrueang⁶, Manoch Sangsiri^{7*}¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม¹Phichit Pittayakom School, kittiphot5252@gmail.com²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม²Phichit Pittayakom School, chumpoo.bs@gmail.com³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม³Phichit Pittayakom School, naphitta64@gmail.com⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁴Phichit Pittayakom School; pasumon165@gmail.com⁵โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁵Phichit Pittayakom School, lalirat66@gmail.com⁶โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁶Phichit Pittayakom School, Ballrotchanasak@gmail.com⁷โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁷Phichit Pittayakom School, sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษา “การพัฒนาผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า” แบ่งการศึกษาเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนของผ้าอบแห้ง ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณผ้าที่แตกต่างกันในสูตรแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า ที่อัตราส่วนผ้าร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปริมาณแป้งข้าวโอ๊ต ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของปริมาณผ้าที่แตกต่างกันในแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าต่อคุณภาพของสลัดโรล และตอนที่ 4 เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 36 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สลัดโรล แบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตร ผลการศึกษาพบว่า ผ้ามีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ 21.93% ต่อน้ำหนักแห้ง 50 กรัม สามารถนำมาพัฒนาสูตรเป็นสลัดโรลได้ทั้ง 3 สูตร (อัตราส่วนผ้าร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้ง) และผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมาก โดยสูตรที่มีผ้าร้อยละ 10 ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงสุด (\bar{X} =4.20, S.D.=0.72) ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: ผ้าพันธุโกลโบซา ข้าวโอ๊ต โปรตีน สลัดโรล

Abstract

This study sought to develop the Development of Oat-Based Salad Rolls Incorporating Wolffia. The research comprised four stages: (1) analysis of the protein content in dried Wolffia; (2) assessment of the effects of incorporating Wolffia at 5%, 10%, and 15% of oat flour weight in sheet formulations; (3) evaluation of how varying Wolffia levels influenced the quality of the salad rolls; and (4) sensory analysis using a sample of 36 students selected via simple random sampling. Research instruments included the formulated salad roll products and a satisfaction questionnaire, while data analysis utilized mean, standard deviation, and analysis of variance (ANOVA). Findings indicated that Wolffia contains 21.93% of protein per 50 g dry weight and was successfully integrated into each formulation. Consumer satisfaction was generally high, with the formulation containing 10% Wolffia receiving the highest rating (\bar{X} =4.20, S.D.=0.72). However, there was no statistically significant difference among the formulations ($p>0.05$).

Keywords: *Wolffia globosa*, oat, protein, salad roll

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มวัยทำงานและวัยรุ่นที่หันมาใส่ใจเรื่องโภชนาการ ความสะอาดในการบริโภคและการควบคุมน้ำหนัก อาหารว่างประเภท “สลัดโรล” จึงกลายเป็นเมนูทางเลือกยอดนิยมเนื่องจากแคลอรีต่ำและให้ใยอาหารสูง สามารถปรับเปลี่ยนวัตถุดิบให้สอดคล้องกับความต้องการเฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ควบคุมน้ำตาลหรือผู้แพ้อาหาร โดยทั่วไป แป้งที่ใช้ห่อสลัดโรลมักทำมาจากแป้งสาลีหรือแป้งมัน ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตสูง ดังนั้น การใช้แป้งข้าวโอ๊ตซึ่งมีใยอาหารชนิดเบต้ากลูแคน (β -glucan) (ยุพา คู่คงวิริยพันธ์ และคณะ, 2565) ช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาลและไขมัน ไม่มีกลูเตนและยังมีโปรตีนที่สูงถึง 15-20% (Kumar et al., 2021) จึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและดีต่อสุขภาพ (Yan & McClements, 2014) นอกจากนี้ “ผำ” (*Wolffia globosa*) เป็นพืชน้ำจิตรขนาดเล็กในวงศ์ Araceae มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนมากถึง 30-40% ของน้ำหนักแห้ง และยังประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนรวมถึงแร่ธาตุต่าง ๆ (Appenroth et al., 2018) ผำเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ใช้ทรัพยากรน้อย และสามารถเพาะได้ง่ายในแหล่งน้ำธรรมชาติของไทย จึงถือเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่ยั่งยืนและเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2568) การนำผำมาเสริมในแป้งข้าวโอ๊ต เพื่อใช้เป็นแผ่นแป้งสลัดโรลจึงเป็นนวัตกรรมอาหารที่ตอบโจทย์ ทั้งด้านโภชนาการสุขภาพและการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างคุ้มค่า อีกทั้งยังสามารถต่อยอดในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ของผู้บริโภคสายสุขภาพและส่งเสริมวัตถุดิบพื้นถิ่น ให้เกิดมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนของผำอบแห้ง
2. ศึกษาผลของปริมาณผำที่แตกต่างกันในสูตรแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำ
3. เพื่อศึกษาผลของปริมาณผำที่แตกต่างกันในแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำต่อคุณภาพของสลัดโรล
4. เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนของผ้าอบแห้ง

1.1 การเตรียมผ้าอบแห้ง โดยทำการคัดเลือกผ้าสดจากจังหวัดนครนายก นำผ้าสดไปล้างน้ำสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง ต่อมานำเข้าตู้อบลมร้อน Food Dehydrator Getra ST-01 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (เปรมใจ, 2567) จากนั้นห่อผ้าอบแห้งด้วยผ้าขาวบางและจัดเก็บลงในกล่องพลาสติกใสมีฝาปิด

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน คณะผู้วิจัยได้ทำการส่งตัวอย่างผ้าอบแห้งน้ำหนัก 50 กรัม เพื่อนำไปทดสอบปริมาณโปรตีนด้วยวิธี In-house method อ้างอิงจากมาตรฐาน AOAC (2019) วิธีที่ 981.10 ซึ่งดำเนินการโดยศูนย์ส่งเสริมและตรวจสอบการผลิตตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณผ้าที่แตกต่างกันในสูตรแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

ศึกษาสูตรมาตรฐานของแผ่นแป้งข้าวโอ๊ต และ สูตรแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า ทำการศึกษาสูตรมาตรฐานของแผ่นแป้งข้าวโอ๊ต โดยดัดแปลงสูตรจากปิยวรรณ และคณะ (2562) จากนั้นนำสูตรมาตรฐานที่ได้ มาทำการศึกษาปริมาณผ้า โดยดัดแปลงระดับของปริมาณผ้าจากตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตที่เสริมปริมาณผ้าแตกต่างกัน 3 ระดับ

2.1 ศึกษาปริมาณของผ้าต่อแป้งข้าวโอ๊ต

2.1.1 ทำการศึกษาปริมาณการเสริมผ้าในเบหมีที่ระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้งสาลี (พุทธมี และนิลนนท์, 2564)

2.2 ทำการประเมินเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสังเกตและบันทึกข้อมูลด้านผิวสัมผัสของแป้งโดยผู้วิจัย

2.3 สรุปผลลักษณะแผ่นแป้งที่ได้ในแต่ละสูตร

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผ้าในแป้งสำหรับทำสไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)
ผ้า	7.35	14.70	22.05
แป้งข้าวโอ๊ต	147.00	147.00	147.00

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของปริมาณผ้าที่แตกต่างกันในแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าต่อคุณภาพของสไลด์โรล

ทำการศึกษาผลของสไลด์โรลที่ใช้แผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าที่ปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักแป้งข้าวโอ๊ต โดยแป้งสไลด์โรลเสริมผ้ามีส่วนผสมดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบในการผลิตแผ่นแป้งสไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวโอ๊ต	147.00	147.00	147.00
ผงฟู	5.00	5.00	5.00
เกลือชมพู	5.00	5.00	5.00
น้ำเปล่า	175.00	175.00	175.00
ผ้า	7.35	14.70	22.05
ไข่	145.83	145.83	145.83

ที่มา : สูตรที่ 1, 2 และ 3 ปิยวรรณ และคณะ (2562)

3.1 วิธีการทำสลัดโรลแต่ละสูตร

3.1.1 ขั้นตอนการทำแป้ง

3.1.1.1 เตรียมส่วนผสมตามตาราง

3.1.1.2 นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงไปปั่นรวมกันจนกระทั่งได้เนื้อเดียวกัน

3.1.1.3 นำแป้งที่ปั่นเรียบร้อยแล้วไปจึ้นบนกระทะ Teflon เป็นรูปร่างกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร
จนแป้งสุกดี

3.1.2 ขั้นตอนในการห่อสลัดโรล

3.1.2.1 นำแป้งที่ได้ไปห่อโรลกับไส้ที่เตรียมไว้ ได้แก่

3.1.2.1.1 กรีนโอ๊ค 1 ใบ

3.1.2.1.2 เรดโอ๊ค 1 ใบ

3.1.2.1.3 แคร้รอตตอสเตรเลีย หั่นเป็นแท่งยาวขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น

3.1.2.1.4 แดงกวาไทย หั่นเป็นแท่งยาวขนาด 4 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น

3.1.2.1.5 ออกไก่เนื้อ หั่นเป็นแท่งยาวขนาด 2 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้น

3.1.2.2 แบ่งครึ่งสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า จัดใส่จานพร้อมรับประทาน

3.2 ทำการประเมินเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสังเกตและเก็บข้อมูล ด้านลักษณะทางกายภาพ ความยืดหยุ่น ความสามารถในการห่อสลัดโรล และผิวสัมผัสของแป้งโดยผู้วิจัย

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 จำนวน 40 คน

4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 โดยวิธีการเปิดตารางสัดส่วนสุ่มตัวอย่างของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970, pp.607-610) ที่ระดับความน่าเชื่อถือ ร้อยละ 95 โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย ได้กลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 จำนวน 36 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

4.2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ

ตอนที่ 2 เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ชนิด 5 ระดับ มีรายการประเมิน 6 ข้อ (กมลทิพย์ และคณะ, 2568)

4.2.2.1 ลักษณะปรากฏ 4.2.2.2 สี 4.2.2.3 กลิ่น

4.2.2.4 รสชาติ 4.2.2.5 เนื้อสัมผัสของแป้ง 4.2.2.6 ความชอบโดยรวม

4.2.3 เอกสารจริยธรรมและการยินยอมการวิจัย

เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ประโยชน์ ความเสี่ยง และสิทธิ์ในการถอนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย โดยแบ่งเป็น 2 ฉบับ

4.2.3.1 หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย สำหรับตัวผู้เข้าร่วมการวิจัย

4.2.3.2 หนังสือแสดงเจตนายินยอมสำหรับผู้ปกครอง สำหรับขออนุญาตผู้แทนโดยชอบธรรม ในกรณีในกลุ่มตัวอย่างเป็นเยาวชน พร้อมระบุมাত্রการดูแลหากเกิดอาการไม่พึงประสงค์

4.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

4.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน

4.3.2 ดำเนินการจัดทำผลิตภัณฑ์สไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าโดยนำองค์ความรู้และคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงจนได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

4.3.3 จัดสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จำนวน 6 ข้อ (กมลทิพย์ และคณะ, 2568)

4.3.3.1 ลักษณะปรากฏ 4.3.3.2 สี 4.3.3.3 กลิ่น

4.3.3.4 รสชาติ 4.3.3.5 เนื้อสัมผัสของแป้ง 4.3.3.6 ความชอบโดยรวม

4.3.4 ตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องด้านเนื้อหาและภาษา เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objectives congruence: IOC)

4.3.5 นำเครื่องมือไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 36 คน เพื่อรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หาสูตรที่ได้รับความพึงพอใจมากที่สุด

การประเมินแบ่งระดับคะแนน ออกเป็น 5 ระดับ ให้คะแนนแต่ละข้อ จำแนกข้อในแบบสอบถามดังนี้

ระดับมากที่สุด	ให้มีค่าคะแนนเป็น 5
ระดับมาก	ให้มีค่าคะแนนเป็น 4
ระดับปานกลาง	ให้มีค่าคะแนนเป็น 3
ระดับน้อย	ให้มีค่าคะแนนเป็น 2
ระดับน้อยที่สุด	ให้มีค่าคะแนนเป็น 1

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากใช้ทดลองเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า จากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ 36 คน

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.5.1 การหาค่าเฉลี่ย (mean หรือ \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation หรือ S.D.) จำแนกเป็นรายข้อ โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายของเบสต์ (Best, 1981, p.195)

คะแนนเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

4.5.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

1. สถิติที่ใช้หาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)
2. สถิติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean หรือ \bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

3. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยระหว่างสูตร ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อสลัดโรลทั้ง 3 สูตร และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างโดยใช้ค่าสถิติของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Version 22

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนของผำอบแห้ง



ภาพที่ 1 แสดงผำพันธุ์ Globosa 50 กรัม ที่ได้ทำการส่งทดสอบค่าโปรตีนที่ศูนย์ส่งเสริมและตรวจสอบการผลิตตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของผำพบว่ามีปริมาณดังตารางที่ 3


ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบค่าโปรตีนของผำอบแห้งน้ำหนัก 50 กรัม



ลำดับ	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
1	Protein	21.93	%	In-house method based on AOAC (2019) 981.10

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณผำที่ต่างกันในสูตรแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำ

จากการศึกษาผลของปริมาณผำที่มีต่อคุณภาพของแผ่นแป้งได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะแผ่นแป้งของผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำ




สูตรที่	ลักษณะของแป้งสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผำ		
	ผลิตภัณฑ์	ลักษณะภายนอก	อัตราส่วนของข้าวโอ๊ต : ผำ
1		แป้งมีสีเขียวอ่อน เนื้อค่อนข้างเนียน ผิวเรียบเนียน ขณะผสมแป้งมีความเหลว และไม่ค่อยเกาะตัวกันมาก	147 : 7.35

2		แป้งมีสีเขียวเข้ม เนื้อหยาบ เห็นข้าวโอ๊ตและผ้าซัด ผิว ขรุขระ ขณะผสมแป้งมีความเหลวแต่น้อยกว่าสูตรที่ 1 และมีการเกาะตัวของแป้งมากขึ้น	147 : 14.70
3		แป้งมีสีเขียวเข้มอมเทา เนื้อหยาบมากและมีความร่วน ผิวไม่เรียบเนียน ขณะผสมแป้งมีความเหนียว และเกาะตัวกันค่อนข้างสูง	147 : 22.05

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของปริมาณผ้าที่แตกต่างกันในแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าต่อคุณภาพของสลัดโรล

จากการศึกษาคุณภาพของสลัดโรลจากแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตที่เสริมปริมาณผ้าแตกต่างกัน ได้ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้วิจัยตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า

สูตรที่	ลักษณะของผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า		
	ผลิตภัณฑ์	คุณลักษณะโดยรวม	อัตราส่วนของข้าวโอ๊ต : ผ้า
1		ขณะห่อแป้งโรล สามารถห่อได้ง่าย แต่แป้งเกิดการ แตกและฉีกขาดออกจากกัน เพราะแป้งมีความกรอบ และบางมากจนเกินไป	147 : 7.35
2		ขณะห่อแป้งโรล สามารถห่อแป้งได้โดยไม่มีการแตก หรือฉีกขาดของแป้ง เพราะแป้งมีความนุ่มไม่แข็ง จนเกินไป และมีความหนาปานกลางไม่น้อยจนเกินไป	147 : 14.70
3		ขณะห่อแป้งโรล สามารถห่อแป้งได้ ยากกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 เพราะแป้งมีความแข็ง และแตกหักได้ง่าย	147 : 22.05

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน

ผู้บริโภคมักมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าอยู่ในระดับมาก และจากการพิจารณาโดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่าสูตรที่ 2 ได้รับความพึงพอใจมากที่สุดจากทั้ง 3 สูตร (\bar{X} =4.20 และ S.D.=0.72) รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 3 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าทั้ง 3 สูตร

รายการประเมิน	สูตรที่ 1 ($\bar{X} \pm S.D.$)	สูตรที่ 2 ($\bar{X} \pm S.D.$)	สูตรที่ 3 ($\bar{X} \pm S.D.$)
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	4.03±0.83	4.14±0.67	4.17±0.64
สี ^{ns}	4.11±0.74	4.19±0.74	3.97±0.73
กลิ่น ^{ns}	3.94±0.78	4.17±0.73	4.08±0.74
รสชาติ ^{ns}	4.03±0.76	4.31±0.70	4.08±0.77
เนื้อสัมผัส ^{ns}	3.63±0.98	4.11±0.77	3.97±0.83
ความชอบโดยรวม ^{ns}	3.97±0.80	4.31±0.70	4.14±0.73
เฉลี่ยรวม^{ns}	3.95±0.81	4.20±0.72	4.07±0.72

หมายเหตุ : ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันมีค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ศึกษาและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนของฝัอบแห้ง ฝัอนำมาคือฝัพันธุ์ Globosa จากการทดสอบค่าโปรตีนพบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ที่ 21.93% ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonarsa et al. (2024) ที่ได้โปรตีน 26.76% อย่างไรก็ตาม มีรายงานวิจัยปริมาณโปรตีนในฝั อยู่ระหว่าง 20-45% ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมการเพาะเลี้ยง (Food Chemistry, 2017; Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2024)

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณฝัที่แตกต่างกันในสูตรแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมฝั พบว่าปริมาณฝัที่ร้อยละ 5 มีลักษณะสีเขียวอ่อน เนื้อค่อนข้างเรียบ ขณะผสมแป้งมีความเหลว ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มว่าเมื่อลดปริมาณฝัจะไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของแป้งมากนัก ในทางตรงกันข้าม ที่ร้อยละ 15 แป้งมีลักษณะสีเขียวอมเทา เนื้อมีความหยาบ และขณะผสมมีความหนืดสูง แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ฝัในปริมาณมากจะทำให้แป้งหยาบมากขึ้น ในขณะที่ร้อยละ 10 พบว่าแป้งมีลักษณะไม่หยาบหรือบางจนเกินไป ทำให้ไม่นุ่มหรือแตกหักง่าย ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมทั้งในขณะผสมและหลังขึ้นรูปมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกุลพร พุทธิมี และวิรัชชนม์ นิลนนท์ (2564) ที่รายงานว่าปริมาณฝัส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่ โดยสามารถเสริมได้ในปริมาณ 10% ที่ผู้บริโภคยังสามารถยอมรับได้

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลของปริมาณฝัที่แตกต่างกันในแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตเสริมฝัต่อคุณภาพของสลัดโรล เมื่อทำการห่อเป็นสลัดโรลแล้ว พบว่าในปริมาณฝัที่ร้อยละ 5 แป้งสามารถห่อได้ง่ายแต่มีความบาง ทำให้แป้งเกิดการแตกและฉีกขาดได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ในปริมาณฝัร้อยละ 15 แป้งมีความหนาและแข็งทำให้ยากต่อการห่อ ในขณะที่ร้อยละ 10 สามารถห่อได้ง่ายโดยแป้งไม่มีการแตกหักหรือฉีกขาด เนื่องจากไม่แข็งหรือบางจนเกินไป

ตอนที่ 4 เพื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมฝัที่มีอัตราส่วนแตกต่างกัน ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสลัดโรลจากแป้งที่เสริมฝัในระดับร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่า คะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การที่ผู้บริโภคไม่สามารถรับรู้ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจนอาจเนื่องมาจากระดับการเสริมฝัดังกล่าวยังอยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างเด่นชัดโดยเฉพาะด้านรสชาติและกลิ่น ซึ่งฝัมีลักษณะรสค่อนข้างอ่อน จึงไม่รบกวนรสชาติหลักของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้องค์ประกอบอื่นในสลัดโรล เช่น ผักสดและน้ำสลัด อาจมีบทบาทสำคัญในการกลบหรือปรับสมดุลของรสชาติและกลิ่น ทำให้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจากการเติมฝัในระดับต่าง ๆ ลดลง ในด้านเนื้อสัมผัส

แม้ว่าการเพิ่มปริมาณผ้าอาจมีแนวโน้มส่งผลต่อโครงสร้างของแผ่นแป้ง เช่น ความยืดหยุ่นหรือความนุ่ม แต่ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคทั่วไปไม่สามารถแยกแยะได้อย่างชัดเจน ประกอบกับผ้ามีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ ซึ่งอาจช่วยรักษาความชุ่มชื้นของแผ่นแป้ง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้าสามารถเสริมได้ถึง 15% แต่อย่างไรก็ตาม ในปริมาณการเสริมผ้าที่ 10% มีผลต่อคุณลักษณะของแผ่นแป้งข้าวโอ๊ตที่เหมาะสมที่สุด สามารถมีส่วนผสมได้โดยไม่ฉีกขาด อีกทั้งยังอาจเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนได้มากกว่าสูตร 5%

ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้น่าสนใจมากขึ้น
2. เนื้อสัมผัสของแป้งสไลด์โรลมีความร่วนและแตกง่าย อาจต้องมีการเพิ่มส่วนผสมให้แป้งจับตัวกันมากขึ้น
3. ควรเพิ่มไส้และน้ำจิ้มให้มีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับทุกวัย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์สไลด์โรลจากแป้งข้าวโอ๊ตเสริมผ้า” ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมในการให้คำปรึกษา แนะนำเอกสารวิชาการ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของคณะผู้วิจัย จนโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ สุดกระแสร, สิทธิชา ทองอบ, ปิยชนม์ มหแสงสุวรรณ, จารุวรรณ เม่งทวง, และ วิวรรณ วงศ์อรุณ. (2568). ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับคูกี้สัมนุไพร. *วารสารเทคโนโลยีหัตถกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, 4(1), 44. <https://doi.org/10.60101/jhet.2025.1080>
- กุลพร พุทธิ และ วิรัชชนม์ นิลนนท์. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมเสริมผ้าอบแห้ง. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 16(2). <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/view/246748>
- บุศรภาภา ศิละวัฒน์ และ ไตรรัตน์ แก้วสะอาด. (2561). การพัฒนาน้ำสไลด์ไขมันต่ำเสริมแป้งข้าวเก่า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(5), 775–789. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tst/article/view/238142>
- ปิยวรรณ เตชะศิริกุล, มารุตร์ ฮวงจันทร์, ชลธิชา อร่ามเวชรินทร์, และ สิริตา อินทรศักดิ์. (2562). การพัฒนาแผ่นแป้งตอร์ติญาจากแป้งข้าวกล้องงอก. *วารสารการวิจัยศึกษาศาสตร์กลาง*, 3(2), 70-75. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/IVECJournal/article/view/246572>
- เปรมใจ เอี่ยมสะอาด. (23 พฤษภาคม 2567). *การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน Hot air oven เกลี่ยไข่ผ้าให้มีความหนาไม่เกิน 0.3 ซม.* [Image attached]. <https://www.facebook.com/groups/487631723059303/permalink/1103368578152278/?rclid=v4sApBVJI0kVOEsw#>
- ยุพา คู่คงวิริยพันธุ์, ขนิษฐา ธนानวงค์, มณฑกา วีระชัยสกุล, และ สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ. (2022). เบต้า-กลูแคนจากโอ๊ต และการ

- ลดลงของคอเลสเตอรอลในเลือด และการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (EF-CS 2022-010). Food Innovation & Regulation Network (FIRN). <https://doi.org/10.12755/FOSTAT.doc.2022.9>
- ศจี สุวรรณศรี. (2551). หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์. เกษตรศาสตร์, 51(2), 13.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). ไข่ผ่า ฟิชจีวีโปรตีนสูง. <https://www.arda.or.th/detail/6241>
- Appenroth, K.-J., Sree, K. S., Bog, M., Ecker, J., Seeliger, C., Böhm, V., Lorkowski, S., Sommer, K., Vetter, W., Tolzin-Banasch, K., Kirmse, R., Leiterer, M., Dawczynski, C., Liebisch, G., & Jahreis, G. (2018). Nutritional value of the duckweed species of the genus *Wolffia* (Lemnaceae) as human food. *Frontiers in Chemistry*, 6, 483. <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00483>
- Best, J. W. (1981). Research in education. Prentice-Hall.
- Boonsara, P., Bunyaratratchata, A., Chumroenphat, T., Thammapat, P., Chaikwang, T., Siripan, T., Li, H., & Siriamornpun, S. (2024). Nutritional quality, functional properties, and biological characterization of watermeal (*Wolffia globosa*). *Horticulturae*, 10(11), 1171. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111171>
- Krejcie, R. V., & Morgan, D. W. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607–610.
- Kumar, L., Sehrawat, R., & Kong, Y. (2021). Oat proteins: A perspective on functional properties. *LWT*, 152, 112307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112307>
- Taylor, K. (2024). How to make oat flour. Cookie and Kate. <https://cookieandkate.com/how-to-make-oat-flour/>
- Yan, L., & McClements, D. J. (2014). Influence of cosurfactant on the behavior of structured emulsions under simulated intestinal lipolysis conditions. *Food Hydrocolloids*, 40, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.02.007>

คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของซอสบาร์บีคิวที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด

Chemical and Physical Characteristics of Barbecue Sauce by Replacing Tomato Ketchup with Fresh Tomatoes

จุฑาภรณ์ ลิ้มสุวรรณมณี และ วรารินทร์ คงแก้ว*

Jutaporn Limsuwanmanee and Wararin Kongkaew*

สาขาวิชาวิทยาการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Culinary Science Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

*Corresponding author: 6611442003@nstru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของซอสบาร์บีคิวที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก และศึกษาผลต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส การวิจัยเป็นแบบเชิงทดลองโดยเตรียมมะเขือเทศสดด้วยการต้มและบด ก่อนนำไปผลิตเป็นซอสบาร์บีคิวจำนวน 5 สูตร และวิเคราะห์ค่า pH ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ค่าความหนืด รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale; $n=30$) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย One-way ANOVA และ DMRT ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มมะเขือเทศทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 3.90–4.09 และความชื้นเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ร้อยละ 81.33 ขณะที่ค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.88–0.90 ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น และค่าความหนืดเพิ่มสูงในระดับร้อยละ 75–100 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงมาก โดยสูตรทดแทนร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด สรุปได้ว่าการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดร้อยละ 50 เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาซอสบาร์บีคิวเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ: ซอสบาร์บีคิว มะเขือเทศ การทดแทนซอส คุณลักษณะทางกายภาพและเคมี สุขภาพ

Abstract

This research aimed to assess the chemical and physical characteristics of barbecue sauce by replacing tomato ketchup with fresh tomatoes at levels of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% (w/w), and to investigate the effects on physicochemical properties and sensory acceptance. The study employed an experimental design. Fresh tomatoes were prepared by boiling and blending prior to sauce production, resulting in five formulations. The samples were analyzed for pH, moisture content, water activity (a_w), color values (L^* , a^* , b^*), and viscosity. Sensory evaluation was conducted using a 9-point hedonic scale ($n = 30$). Data were analyzed using one-way ANOVA and Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that increasing the proportion of fresh

tomatoes significantly increased pH ($p < 0.05$) to a range of 3.90–4.09, while moisture content increased, reaching a maximum of 81.33%. Water activity ranged from 0.88 to 0.90. In addition, lightness (L^*) and yellowness (b^*) increased with higher substitution levels, and viscosity markedly increased at 75–100% replacement levels. Sensory evaluation indicated moderate to high consumer acceptance, with the 50% replacement formulation receiving the highest overall liking score. In conclusion, replacing tomato ketchup with fresh tomatoes at 50% is the most suitable level for developing a health-promoting barbecue sauce. ± 0.19 in the 100% replacement formula. Water activity (a_w) values ranged between 0.88 and 0.90. Physical analysis showed that lightness (L^*) and yellowness (b^*) significantly increased as the fresh tomato content rose. Notably, viscosity significantly increased at the 75% and 100% replacement levels, peaking at $15,560.00 \pm 105.83$ cP in the 100% replacement sample, likely due to the natural fiber and pectin content in fresh tomatoes acting as natural thickeners.

Keywords: Barbecue sauce, Fresh tomatoes, Ketchup replacement, Physicochemical properties, Health-promoting

1. บทนำ

มะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum* L.) เป็นหนึ่งในผักที่มีการบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลก และถูกนำมาใช้ทั้งในรูปแบบสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น ซอสมะเขือเทศ ซอสมะเขือเทศเข้มข้น และซอสปรุงรสต่าง ๆ โดยมะเขือเทศเป็นแหล่งสำคัญของสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น วิตามินซี โพแทสเซียม และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะไลโคปีน (lycopene) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง มีบทบาทในการลดความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) และช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันชนิดไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำ (LDL oxidation) อันเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งบางชนิด (Liu, 2002) ขณะเดียวกัน วิตามินซีในมะเขือเทศยังมีบทบาทในการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน และใยอาหารช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบทางเดินอาหาร

ในอุตสาหกรรมอาหาร มะเขือเทศมักถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ซอส เช่น ซอสมะเขือเทศ (tomato ketchup) และซอสพาสต้า เนื่องจากการแปรรูปสามารถช่วยเพิ่มความเข้มข้นของสารสำคัญบางชนิด เช่น ไลโคปีน โดยการให้ความร้อนสามารถทำให้โครงสร้างเซลล์ของมะเขือเทศแตกตัว ส่งผลให้ร่างกายสามารถดูดซึมไลโคปีนได้ดีขึ้น (Gartner et al., 1997; Liu, 2002) อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ซอสมะเขือเทศเชิงพาณิชย์จำนวนมากมีการเติมน้ำตาล เกลือ และสารปรุงแต่งรส เพื่อเพิ่มรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและไม่สอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารที่มีส่วนผสมจากวัตถุดิบธรรมชาติและมีการแปรรูปน้อยลง (clean label foods) มากขึ้น การใช้วัตถุดิบสดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดการใช้สารเติมแต่ง รวมทั้งลดปริมาณโซเดียมและน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันยังคงสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพได้

ซอสบาร์บีคิวเป็นผลิตภัณฑ์ซอสที่นิยมใช้ในอาหารประเภทเนื้อย่างและอาหารตะวันตก โดยทั่วไปมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ซอสมะเขือเทศ น้ำตาล น้ำส้มสายชู และเครื่องเทศต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การใช้ซอสมะเขือเทศสำเร็จรูปเป็นส่วนประกอบหลักอาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลและโซเดียมค่อนข้างสูง ดังนั้น การนำมะเขือเทศสดมาใช้ทดแทนซอสมะเขือเทศบางส่วนหรือทั้งหมดจึงอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาซอสบาร์บีคิวที่มีคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้น และสนับสนุนคุณสมบัติด้านการส่งเสริมสุขภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของซอสบาร์บีคิวที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อประเมินคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของซอสบาร์บีคิวที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อพัฒนาซอสบาร์บีคิวโดยการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณซอสมะเขือเทศในสูตรมาตรฐาน รวมทั้งหมด 5 สูตรการทดลอง โดยนำซอสที่ได้มาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

3.1 วัตถุดิบและส่วนผสม

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตซอสบาร์บีคิวประกอบด้วย มะเขือเทศสด ซอสมะเขือเทศ น้ำตาลทราย น้ำส้มสายชู เกลือ กระเทียม หอมใหญ่ ซอสถั่วเหลือง และเครื่องเทศต่าง ๆ โดยมะเขือเทศสดคัดเลือกจากผลที่มีความสุกเหมาะสม ไม่มีตำหนิ และล้างทำความสะอาดก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 การเตรียมตัวอย่างมะเขือเทศสด

นำมะเขือเทศสดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด นำไปต้มในน้ำเดือด (100°C) โดยใช้เวลาประมาณ 5-7 นาที สังเกตได้จากลักษณะที่เปื่อยนุ่มของผลมะเขือเทศ จากนั้นนำไปคว้านเมล็ดด้านในออกแล้วบดด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด เพื่อให้ได้เนื้อมะเขือเทศที่มีความเข้มข้นเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นส่วนผสมในซอสบาร์บีคิว

3.3 ศึกษาสัดส่วนการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในการผลิตซอสบาร์บีคิว

นำส่วนผสมทั้งหมด ได้แก่ มะเขือเทศสดหรือซอสมะเขือเทศ น้ำตาลทราย ผงกระเทียม ผงปาปริก้า พริกไทยป่น น้ำส้มสายชู ซีอิ้วขาวและน้ำสะอาด มาผสมรวมกันในภาชนะ ตามสัดส่วนที่กำหนด (ตารางที่ 1) จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาเซลเซียส โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการเคี่ยวของทั้ง 5 ชุดการทดลองเท่ากัน ประมาณ 15 นาที พร้อมทั้งคนอย่างสม่ำเสมอจนส่วนผสมมีลักษณะข้นและเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้วพักให้เย็น จึงนำไปบรรจุในภาชนะที่สะอาดและปล่อยให้เย็นก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและปริมาณในการทำซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
ซอสมะเขือเทศ	150	112.5	75	37.5	-
มะเขือเทศสด	-	37.5	75	112.5	150
น้ำตาลทราย	5	5	5	5	5
ผงกระเทียม	10	10	10	10	10
ผงปาปริก้า	5	5	5	5	5
พริกไทยป่น	2	2	2	2	2
น้ำส้มสายชู	10	10	10	10	10
ซีอิ๊วขาว	15	15	15	15	15
น้ำสะอาด	40	40	40	40	40

หมายเหตุ : ตัวอย่างที่ 1 ซอสบาร์บีคิวที่ไม่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด (ชุดควบคุม)

ตัวอย่างที่ 2 ซอสบาร์บีคิวที่ทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างที่ 3 ซอสบาร์บีคิวที่ทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างที่ 4 ซอสบาร์บีคิวที่ทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด ร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างที่ 5 ซอสบาร์บีคิวที่ทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก

ที่มา : ดัดแปลงจาก ครั้วบ้านสวนทวี (2566)

3.4 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ภายนอก และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

3.4.1 วิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) : การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของตัวอย่างซอสบาร์บีคิวดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดค่า pH (pH meter) โดยเปรียบเทียบเครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ค่า pH 4.00 และ 7.00 ก่อนการวัด จากนั้นนำตัวอย่างซอสที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก มาวัดค่า pH โดยจุ่มอิเล็กโทรดลงในตัวอย่างและอ่านค่าจนคงที่ ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น : การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างซอสบาร์บีคิวดำเนินการโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (moisture analyzer) ยี่ห้อ DKSH Sartorius รุ่น MA160 โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม วางบนถาดตัวอย่างของเครื่อง จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิในการอบแห้งตามที่กำหนด และทำการวิเคราะห์จนกระทั่งน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ เครื่องจะแสดงผลเป็นร้อยละความชื้นของตัวอย่างโดยอัตโนมัติ การวิเคราะห์ดำเนินการในตัวอย่างซอสที่มีการทดแทน

ขอสมมุติเนื้อที่ด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) : การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (water activity; a_w) ของตัวอย่างขอสารบีคิวดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity meter) โดยเตรียมตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุตัวอย่างลงในถ้วยตัวอย่างของเครื่องในปริมาณที่เหมาะสม และนำไปวัดค่า a_w จนกระทั่งค่าที่อ่านได้คงที่ การวิเคราะห์ดำเนินการในตัวอย่างขอสดที่มีการทดแทนขอสมมุติเนื้อที่ด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.2 วิเคราะห์ทางกายภาพ

การวิเคราะห์ค่าสี : การวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างขอสารบีคิวดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดค่าสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น CM-5 โดยทำการเปรียบเทียบเครื่องด้วยแผ่นมาตรฐานสีขาว (white calibration plate) ก่อนการวัด ตัวอย่างขอสดถูกเตรียมให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน และบรรจุลงในภาชนะตัวอย่างให้มีพื้นผิวเรียบสม่ำเสมอ จากนั้นทำการวัดค่าสีในระบบ CIE ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) โดยอ่านค่าจากตำแหน่งที่แตกต่างกันของตัวอย่าง และบันทึกค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์ดำเนินการในตัวอย่างขอสดที่มีการทดแทนขอสมมุติเนื้อที่ด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์ค่าความหนืด : วัดค่าความหนืด (Viscosity) ด้วยเครื่องวัดความหนืด Viscometer ยี่ห้อ Brookfield Ametek LV รุ่น DV Next Cone/Plate Rheometer ใช้ตัวอย่าง 250 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 mL ใช้หัววัด (Spindle) LV-01 (61) แล้ววัดระยะทางที่ตัวอย่างเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.30 RPM เป็น เวลา 30 วินาทีที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส (กลีโกลิม ทวนคง และคณะ, 2557) ทำการวิเคราะห์ใน 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ทดแทนขอสมมุติเนื้อที่ด้วยมะเขือเทศสดที่ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ประกอบไปด้วยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม โดยทำการวิเคราะห์ใน 5 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ทดแทนขอสมมุติเนื้อที่ด้วยมะเขือเทศสดที่ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธี 9-Points Hedonic Scale Test ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน มีสเกลความชอบ 9 จุด (Wiryacharee, 2002) โดยมีการใช้คำบอกสเกลความชอบ ดังนี้

ชอบมากที่สุด	เท่ากับ 9
ชอบมาก	เท่ากับ 8
ชอบปานกลาง	เท่ากับ 7
ชอบเล็กน้อย	เท่ากับ 6
เฉยๆ	เท่ากับ 5
ไม่ชอบเล็กน้อย	เท่ากับ 4

ไม่ชอบปานกลาง	เท่ากับ 3
ไม่ชอบมาก	เท่ากับ 2
ไม่ชอบมากที่สุด	เท่ากับ 1

3.4.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี One-Way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4. ผลการวิจัย

การศึกษาคุนสมบัติทางเคมีพบว่า การเพิ่มสัดส่วนการทดแทนด้วยมะเขือเทศส่งผลกระทบบต่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดควบคุมที่มีการใช้ซอสมะเขือเทศเพียงอย่างเดียวมีค่า pH ต่ำสุดที่ 3.85 แต่เมื่อมีการทดแทนด้วยมะเขือเทศตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 100 พบว่าค่า pH ค่อยๆเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในช่วง 3.90 ถึง 4.09 ตามลำดับ ในด้านความชื้นพบว่ามีความชื้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณมะเขือเทศที่เติมลงไป โดยเพิ่มจากร้อยละ 56.57 ในชุดควบคุมขึ้นไปสูงสุดที่ร้อยละ 81.33 ในชุดการทดลองที่ทดแทนร้อยละ 100 สำหรับค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าอยู่ในช่วง 0.88 ถึง 0.90 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในบางระดับการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าวิเคราะห์ทางเคมีของซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

ค่าวิเคราะห์	ซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศ (ร้อยละ)				
	0 (ชุดควบคุม)	25	50	75	100
ค่า pH	3.85±0.01 ^a	3.90±0.01 ^b	3.93±0.01 ^c	3.96±0.01 ^d	4.09±0.01 ^e
ความชื้น (ร้อยละ)	56.57±0.13 ^a	64.67±1.34 ^b	68.61±0.77 ^c	74.44±0.18 ^d	81.33±0.19 ^e
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	0.88±0.02 ^a	0.90±0.01 ^b	0.89±0.01 ^{ab}	0.88±0.00 ^a	0.89±0.00 ^{ab}

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-e} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในส่วนของคุณสมบัติทางกายภาพ ผลการวัดค่าสีพบว่าการใช้มะเขือเทศส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง (L^* value) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 24.96 ในชุดควบคุม เป็น 30.98 เมื่อทดแทนร้อยละ 100 เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b^* value) ที่เพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนการทดแทนจาก 28.82 เป็น 34.24 ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^* value) ไม่พบความแตกต่างอย่างนัยสำคัญในช่วงการทดแทนร้อยละ 0 ถึง 75 แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในระดับการทดแทนร้อยละ 100 ที่ค่า 25.86 สำหรับค่าความหนืด (Viscosity) พบว่าการทดแทนด้วยมะเขือเทศในปริมาณสูง (ร้อยละ 75 และ 100) ส่งผลให้ซอสมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสูงสุดที่ 15560.00 cP ในซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสว่าง (L* ; Lightness value) ค่าความเป็นสีแดง (a* ; Redness value) และค่าความเป็นสีเหลือง (b* ; Yellowness value) และ ค่าความหนืด (Viscosity) (cP) ของซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

ค่าวิเคราะห์	ซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสด (ร้อยละ)				
	0 (ชุดควบคุม)	25	50	75	100
ค่าความสว่าง (L* value)	24.96±0.71 ^a	25.83±0.12 ^b	26.95±0.12 ^c	29.13±0.07 ^d	30.98±0.14 ^e
ค่าความเป็นสีแดง (a* value)	24.96±0.66 ^a	25.25±0.08 ^a	24.97±0.05 ^a	25.15±0.08 ^a	25.86±0.09 ^b
ค่าความเป็นสีเหลือง (b* value)	28.82±2.52 ^a	30.50±0.13 ^{ab}	31.55±0.20 ^{bc}	32.70±0.06 ^{cd}	34.24±0.03 ^d
ค่าความหนืด (cP)	14826.66±70.24 ^a	14846.66±30.55 ^a	14853.33±90.18 ^a	15226.66±46.19 ^b	15560.00±105.83 ^c

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-e} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

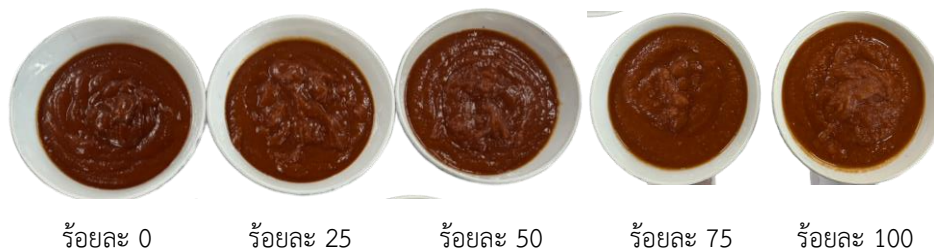
ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสบาร์บีคิวที่ผ่านการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติ อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.50 ถึง 8.07 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ในด้านความหนืดพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ทดแทนด้วยมะเขือเทศสดร้อยละ 25 ได้รับคะแนนสูงสุด (7.97) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ทดแทนร้อยละ 100 ได้รับคะแนนต่ำที่สุด (7.03) สำหรับการพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าชุดการทดลองที่ทดแทนด้วยมะเขือเทศสดร้อยละ 50 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดที่ 8.00 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลองที่ทดแทนด้วยมะเขือเทศสดร้อยละ 100 (7.47) ดังแสดงในตารางที่ 4 ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากผลการยอมรับของผู้บริโภคในทุกด้าน จึงสรุปได้ว่าสูตรที่มีการทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดในระดับร้อยละ 50 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซอสบาร์บีคิวเพื่อสุขภาพ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

ลักษณะ	ซอสบาร์บีคิว				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
ทางประสาทสัมผัส					
ลักษณะปรากฏ	7.93±0.69 ^a	7.87±0.86 ^a	7.97±0.61 ^a	8.00±0.79 ^a	7.63±0.81 ^a
สี	7.90±0.80 ^a	8.07±0.83 ^a	7.93±0.64 ^a	8.00±0.83 ^a	7.63±0.96 ^a
กลิ่น	7.53±10.94 ^a	7.90±0.80 ^a	7.73±0.64 ^a	7.67±0.92 ^a	7.63±0.81 ^a
ความหนืด	7.67±0.92 ^a	7.97±0.89 ^{ab}	7.67±0.84 ^b	7.50±0.14 ^b	7.03±1.10 ^b
กลิ่นรส	7.63±0.96 ^a	7.90±0.92 ^a	7.97±0.72 ^a	7.70±1.06 ^a	7.50±1.04 ^a
รสชาติ	7.73±0.91 ^a	7.97±0.93 ^a	7.93±0.74 ^a	7.73±0.69 ^a	7.70±0.88 ^a
ความชอบโดยรวม	7.67±0.92 ^a	7.70±0.80 ^{ab}	8.00±0.79 ^{ab}	7.80±0.81 ^{ab}	7.47±1.07 ^b

*ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษร ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 1 ลักษณะของซอสบาร์บีคิวทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดที่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนัก

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดแทนซอสมะเขือเทศด้วยมะเขือเทศสดส่งผลให้ค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากชุดควบคุม โดยค่า pH ที่ลดลงในช่วง 3.90 - 4.09 ในกลุ่มที่ใช้มะเขือเทศสด สอดคล้องกับธรรมชาติของมะเขือเทศที่มีกรดอินทรีย์สูง เช่น กรดซิตริก (Citric acid) และกรดมาลิก (Malic acid) ในขณะที่ค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามสัดส่วนการทดแทน (จากร้อยละ 56.57 เป็น 81.33) เกิดจากมะเขือเทศมีองค์ประกอบของน้ำสูงกว่าซอสมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการเคี้ยวจนเข้มข้นมาแล้ว ซึ่งความชื้นที่สูงขึ้นนี้สัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ในบางตัวอย่าง แม้ว่าค่า a_w จะยังคงอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (0.88 - 0.90) ก็ตาม

เมื่อพิจารณาค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L^*) และความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นตามปริมาณมะเขือเทศที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่าซอสมะเขือเทศสำเร็จรูปมักผ่านกระบวนการทางความร้อนที่ยาวนานและการเติมเครื่องเทศ

เข้มข้น ทำให้มีสีเข้มและคล้ำกว่ามะเขือเทศสด เมื่อใช้มะเขือเทศทดแทน เนื้อสัมผัสและเม็ดสีไลโคปีน (Lycopene) ที่ยังไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนซ้ำซ้อนจึงให้ค่าสีที่สว่างและสดใสมากกว่าเดิม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta et al. (2010) ที่ระบุว่า การจัดการความร้อนในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศมีผลโดยตรงต่อการสลายตัวของเม็ดสีและการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction)

จากผลการวิจัย พบว่าค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการทดแทน โดยเฉพาะที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 (15226.66 cP และ 15560.00 cP ตามลำดับ) แม้ว่าตัวอย่างดังกล่าวจะมีความข้นสูงขึ้นก็ตาม ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเกิดจากปริมาณสารเพกทิน (Pectin) และเส้นใย (Fiber) จากเนื้อและเปลือกของมะเขือเทศที่นำมาบดผสม ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารให้ความหนืดตามธรรมชาติ (Natural thickener) มากกว่าซอสมะเขือเทศที่อาจถูกกรองหรือผ่านกระบวนการแปรรูปจนโครงสร้างเพกทินบางส่วนสลายตัวไป สอดคล้องกับการศึกษาของ Gujral et al. (2002) ที่พบว่าปริมาณเนื้อสัมผัส (Pulp content) ในมะเขือเทศมีผลอย่างมากต่อสมบัติเชิงวิทยาการระแแส (Rheological properties) ของซอส

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าแม้สูตรทดแทนร้อยละ 100 จะมีค่าความหนืดสูงสุด แต่กลับได้รับคะแนนการยอมรับด้านความหนืด (7.03) และความชอบโดยรวม (7.47) ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สูตรทดแทนร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (8.00) แสดงให้เห็นว่าความหนืดที่สูงเกินไปจากกาโยของมะเขือเทศอาจส่งผลกระทบต่อเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคคุ้นเคย ดังนั้นการทดแทนในระดับร้อยละ 50 จึงเป็นจุดที่เกิดความสมดุล (Optimum point) ระหว่างการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป คือ การศึกษาอายุการเก็บรักษา เนื่องจากกลุ่มที่ใช้มะเขือเทศมีค่าความข้นสูงถึงร้อยละ 81.33 และมีค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) สูงประมาณ 0.89-0.90 ซึ่งเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา จึงควรศึกษาระยะเวลาความปลอดภัยในการจัดเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ และควรมีการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ เช่น ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่คงเหลือหลังกระบวนการเคี้ยว เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าเชิงโภชนาการและต้นทุนการผลิตจริงเมื่อเทียบกับการใช้ซอสมะเขือเทศสำเร็จรูป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาการการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

กสิภูมิ ทวนคง, ดุษฎี อุตภาพ และ สันทณีย์ ปัญจอนันท์. (2557). การประยุกต์ใช้แปงพุทธรักษาและแปงพุทธรักษาตัดแปรเพื่อเป็นสารให้ความข้นหนืดในซอสมะเขือเทศ. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 37(1), 45-59.
 ครวับ้านสวนทวี. (2566). สูตรซอสบาร์บีคิว อร่อย ทำง่ายที่สุด ด้วยสโตร์ครวับ้านสวนทวี!. [วิดีโอ].

<https://www.youtube.com/watch?v=EGYmunLqCYI> .

- Gartner, C., Stahl, W., & Sies, H. (1997). Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *66*(1), 116–122.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/±66.1.116>
- Gujral, H. S., Sharma, A., & Kaur, S. (2002). Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. *International Journal of Food Properties*, *5*(1), 179–191.
<https://doi.org/10.1081/JFP-120015601>
- Gupta, R., Balasubramaniam, V. M., Schwartz, S. J., & Francis, D. M. (2010). Storage stability of lycopene in tomato juice subjected to combined pressure–heat treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(14), 8305–8313. <https://doi.org/10.1021/jf101180c>
- Liu, R. H. (2002). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *78*(3), 517S–520S.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.517S>
- Wiryacharee, P. (2002). *Sensory evaluation*. Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University. (in Thai)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้
กรณีศึกษาสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Factors Associated with the Severity of Occupational Accidents among Caddy Workers:
A Case Study of a Golf Club in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

จันทจุฑา ขำทอง*, กาญจนา แชมป์บริสุทธิ, ฐิติมา ใจบำรุง
Chinchuta Khumtong*, Kanchana Chamborisut, Thitima Jaibamrung

หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the
Royal Patronage. E-mail: Chinchuta@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ศึกษาในกลุ่มพนักงานที่มีรายงานการประสบอุบัติเหตุจำนวน 82 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติไคสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า ความรุนแรงของอุบัติเหตุส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ถึงขั้นหยุดงาน (ร้อยละ 48.8) และหยุดงานเกิน 3 วัน (ร้อยละ 20.7) สาเหตุหลักเกิดจากการขับรถกอล์ฟและการยกถุงกอล์ฟ โดยปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ได้แก่ อายุ และพฤติกรรม การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล อภิปรายผลได้ว่าพนักงานที่มีอายุมากมีความเสื่อมถอยของสมรรถภาพร่างกาย ทำให้เมื่อประสบอุบัติเหตุร่างกายจะไม่สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดีเท่าวัยหนุ่มสาว ส่งผลให้บาดเจ็บรุนแรงหรือกระดูกหักได้ง่ายกว่า ขณะที่ผู้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเพียงบางครั้งมีความเสี่ยงได้รับบาดเจ็บรุนแรงกว่ากลุ่มที่สวมใส่สม่ำเสมอ เนื่องจากขาดมาตรฐานการป้องกันตนเองที่เหมาะสม สนามกอล์ฟควรให้ความสำคัญกับการรณรงค์และบังคับใช้มาตรการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัดสม่ำเสมอทุกครั้ง นอกจากนี้ควรมีการประเมินสมรรถภาพทางกายและดูแลสุขภาพพนักงานที่มีอายุมาก เพื่อลดความเสี่ยงและความรุนแรงจากการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน

คำสำคัญ: แคดดี้ อุบัติเหตุจากการทำงาน ความรุนแรงของอุบัติเหตุ สนามกอล์ฟ

Abstract

This cross-sectional descriptive study aimed to investigate factors associated with the severity of occupational accidents among caddy workers at a golf club in Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. The study population consisted of 82 caddies who reported experiencing work-related accidents. Data was analyzed using the Chi-square test with a significance level of 0.05. The results revealed that the majority of accident severity cases

were categorized as non-lost time (48.8%), while 20.7% resulted in more than three days of lost time. The primary causes of accidents included driving golf carts and lifting golf bags. Age and personal protective equipment (PPE) usage behavior were found to be significantly associated with the severity of accidents ($p < 0.05$). Discussion of these findings suggests that older workers experience physiological decline, rendering their bodies less resistant to impact and more susceptible to severe injuries or fractures compared to younger counterparts. Furthermore, workers who wore PPE only occasionally faced a higher risk of severe injury than those who wore it consistently, due to a lack of adequate self-protection standards. Consequently, golf clubs should prioritize safety campaigns and strictly enforce the consistent use of PPE. Additionally, implementing physical fitness assessments and health monitoring for older workers is recommended to mitigate the risk and severity of occupational injuries during operations.

Keywords: Caddy, Occupational Accidents, Accident Severity, Golf Club

1. บทนำ

ธุรกิจสนามกอล์ฟในประเทศไทย เป็นธุรกิจภาคบริการและการท่องเที่ยวที่มีศักยภาพสูงในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยเฉพาะกลุ่มนักท่องเที่ยวต่างชาติที่มีค่าใช้จ่ายต่อหัวสูง ซึ่งธุรกิจสนามกอล์ฟถูกจัดอยู่ในกลุ่มการท่องเที่ยวเชิงกิจกรรม (Activity-based Tourism) ที่รัฐบาลให้ความสำคัญ เนื่องจากเป็นกลุ่มที่สร้างรายได้เข้าประเทศได้มาก เนื่องจากมีข้อได้เปรียบด้านอัตราค่าบริการที่คุ้มค่าในการท่องเที่ยวและบริการ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2568) ปัจจุบันมาตรการภาครัฐที่สนับสนุนธุรกิจสนามกอล์ฟและนักท่องเที่ยวในปี 2569 อาทิ การเปิดเวที Thailand Golf Travel Mart (TGTM) 2025 เพื่อแสดงศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงกีฬา (Sports Tourism) และเชิงสุขภาพ (Health and Wellness) มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นจุดหมายด้านกีฬาและสุขภาพระดับโลก โดยนักท่องเที่ยวกลุ่มกอล์ฟเป็นหนึ่งในตลาดความสนใจเฉพาะที่มีศักยภาพการใช้จ่ายสูง รวมทั้งสามารถต่อยอดการขายไปสู่สินค้าที่หลากหลายอื่น ๆ เพื่อเพิ่มรายได้ทางการท่องเที่ยวได้อย่างมีนัยสำคัญ ปัจจุบันประเทศไทยมีสนามกอล์ฟมากกว่า 250 แห่ง ครอบคลุมทุกระดับ ตั้งแต่สนามชิงแชมป์ในเมืองหลักไปจนถึงสนามย่อย ๆ ในเมืองนำเที่ยว อีกทั้งยังเคยเป็นเจ้าภาพจัดการแข่งขันระดับโลก อาทิ งาน Honda LPGA Thailand ยิ่งตอกย้ำชื่อเสียงของไทยในฐานะจุดหมายกอล์ฟระดับโลกที่นักกอล์ฟและแฟน ๆ กีฬาทั่วโลกให้การยอมรับ ทั้งนี้ การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) คาดว่าการส่งเสริมกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ของไทยในฐานะจุดหมายปลายทางด้านกีฬาและสุขภาพ กระตุ้นการออกแบบเส้นทางท่องเที่ยวกอล์ฟและสุขภาพใหม่ ๆ นำเสนอแก่นักท่องเที่ยวควบคู่กับการเสริมสร้างความยั่งยืน และการมีส่วนร่วมของชุมชนในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวไทย (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2567) โดยส่วนสำคัญที่ขับเคลื่อนการดำเนินงานธุรกิจกอล์ฟ ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกแก่นักกอล์ฟและขับเคลื่อนกิจกรรมในสนามคือพนักงานแคดดี้ ซึ่งมีภาระหน้าที่ที่หลากหลาย ตั้งแต่การจัดเตรียมอุปกรณ์ การดูแลรถกอล์ฟ การให้ข้อมูลสนาม ไปจนถึงการบำรุงรักษา

พื้นที่ภายหลังการออกรอบ ซึ่งจากลักษณะการปฏิบัติงานอาจส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพของแคดดี้ รวมไปถึงจนถึงโอกาสที่อาจเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานได้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า พนักงานแบกถุงกอล์ฟ (แคดดี้) เข้ารับบริการที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อและกระดูกสูงถึงร้อยละ 61 (นิตยา สุขเจริญ และคณะ, 2568) และจากการศึกษาสถานะความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยของแคดดี้ ในประเทศเกาหลีใต้ ผลการศึกษาพบว่า อุบัติเหตุที่พบได้บ่อยในการปฏิบัติงานของแคดดี้ คือ การถูกกระแทกโดยลูกกอล์ฟ (Hitting/Flying Objects) คิดเป็นร้อยละ 47.2 ซึ่งมักจะนำไปสู่การบาดเจ็บที่รุนแรง เช่น บริเวณใบหน้าหรือศีรษะ มีอุบัติเหตุจากรถกอล์ฟ (Golf Cart Accidents) เช่น รถพลิกคว่ำ การตกจากรถหรืออุบัติเหตุขณะขับขึ้นทางลาดชัน รวมทั้งการลื่นไถล สะดุด หรือหกล้ม (Slips and Falls) เกิดจากสภาพพื้นผิวสนามที่เปียกหรือลาดชัน พบความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อเรื้อรัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณ หลัง ไหล่และเข่า เนื่องจากการแบกถุงกอล์ฟและการเดินเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ การทำงานกลางแจ้งทำให้มีความเสี่ยงต่อโรคลมแดด (Heat Stroke) และการสัมผัสกับสารเคมีหรือยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้บำรุงรักษาหญ้าในสนาม (Jeon, H. S., & Lee, K., 2022) สำหรับในบริบทของไทย แคดดี้จัดอยู่ในกลุ่มแรงงานภาคบริการนอกระบบ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายจากการปฏิบัติงานและภาวะสุขภาพยังมีอยู่อย่างจำกัด จากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าร้อยละ 29.0 ของแรงงานนอกระบบทั้งหมด ประสบปัญหาเกี่ยวกับการทำงาน โดยปัญหาที่พบ อาทิ ร้อยละ 70.9 ประสบปัญหาเรื่องค่าตอบแทนจากการทำงาน ร้อยละ 45.1 พบปัญหาลักษณะท่าทางในการทำงาน การได้รับฝุ่น ละออง คิวิน กลิ่น และสถานที่ทำงานไม่ สะอาด และร้อยละ 39.0 ประสบปัญหาด้านความปลอดภัยในการทำงาน เช่น การได้รับ สารเคมีการใช้งานเครื่องจักร เครื่องมือ ที่เป็นอันตราย รวมถึงแสงหรือเสียงที่อันตรายต่อระบบหูระบบตา เป็นต้น (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2568) แม้จะมีการสำรวจข้อมูลของกลุ่มแรงงานนอกระบบหากแต่ยังขาดข้อมูลเฉพาะในกลุ่มแรงงานภาคบริการนอกระบบโดยเฉพาะแคดดี้ ซึ่งมีโอกาสประสบอุบัติเหตุและมีความรุนแรงของอุบัติเหตุในการปฏิบัติงานดังปรากฏให้เห็นชัดเจนจากกรณีข่าวแคดดี้ในจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้รับบาดเจ็บสาหัสบริเวณเข่าจากการถูกลูกกอล์ฟกระแทก ทำให้เข่าแตก เลนส์แก้วตาแตก มองเห็นเลือนราง และไม่สามารถทำงานได้ (ไทยรัฐออนไลน์, 2563) แม้อุบัติเหตุบางประการอาจไม่ถึงแก่ชีวิต แต่ย่อมก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ทั้งค่ารักษาพยาบาล ความเสียหายต่อทรัพย์สิน และกระทบต่อชื่อเสียงของสนามกอล์ฟ อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุในกลุ่มแคดดี้ยังมีอยู่อย่างจำกัด การศึกษาดังกล่าวนี้นี้ มีส่วนสำคัญเพื่อนำไปสู่การป้องกันและลดความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานได้

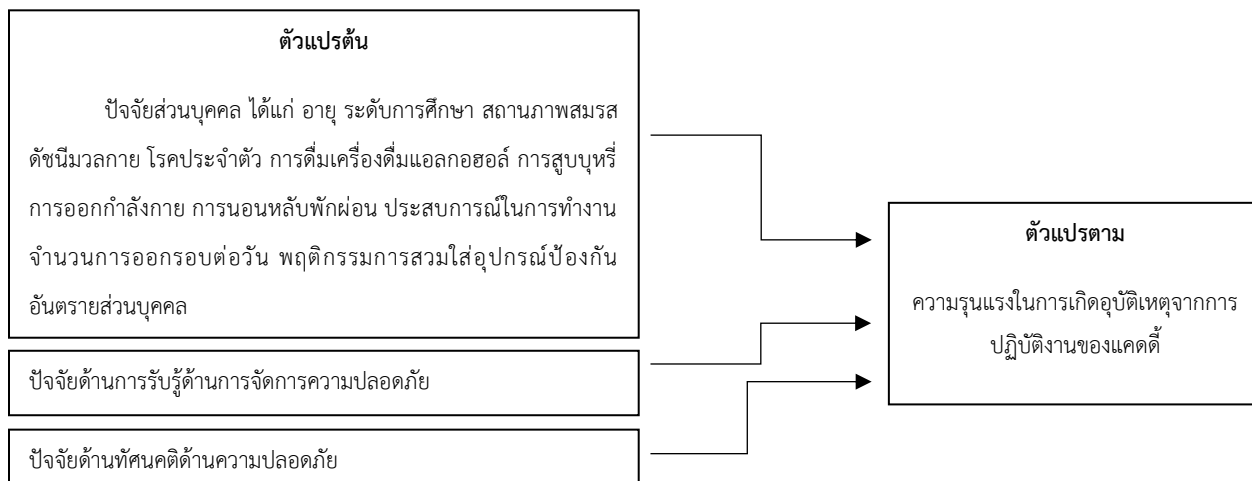
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย ทักษะจิตด้านความปลอดภัย และความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรม เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มีรูปแบบการดำเนินการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross – sectional Descriptive Study) มีประชากรในการศึกษาคือผู้ให้บริการอำนวยความสะดวกแก่นักกอล์ฟหรือผู้ประกอบการอาชีพแคคตัส อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีรายงานการประสูติอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน จำนวน 82 คน

เครื่องมือการวิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลการทำงาน การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย ทัศนคติด้านความปลอดภัย และแบบสอบถามความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบ่งการสอบถามออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของแคคตัส จำนวน 12 ข้อ ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส ดัชนีมวลกาย โรคประจำตัว การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การออกกำลังกาย การนอนหลับพักผ่อน ประสบการณ์ในการทำงาน จำนวนการออกรอบต่อวัน พฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย เป็นแบบสอบถามให้เลือกตอบแต่ละข้อมี 2 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ แบ่งคะแนนเป็น 2 ระดับ คือ ใช่ ไม่ใช่ คำถามเชิงบวก ใช่ 1 คะแนน ไม่ใช่ 0 คะแนน คำถามเชิงลบ ใช่ 0 คะแนน ไม่ใช่ 1 คะแนน การแปลผลคะแนน 9 คะแนนขึ้นไป มีการรับรู้ต่อการจัดการความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง และ 0 – 8 คะแนน มีการรับรู้ต่อการจัดการความปลอดภัยอยู่ในระดับต่ำ

ส่วนที่ 3 ทัศนคติด้านความปลอดภัย เป็นแบบสอบถามให้เลือกตอบแต่ละข้อมี 3 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ แบ่งคะแนนเป็น 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย คำถามเชิงบวก เห็นด้วย 3 คะแนน ไม่แน่ใจ 2 คะแนน และไม่เห็นด้วย 1 คะแนน คำถามเชิงลบ เห็นด้วย 1 คะแนน ไม่แน่ใจ 2 คะแนน และไม่เห็นด้วย 3 คะแนน การแปลผลคะแนน 36 ขึ้นไป มีทัศนคติอยู่ในระดับดี 26 – 35 มีทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง และ 15 – 25 มีทัศนคติอยู่ในระดับไม่ดี

ส่วนที่ 4 ข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน ลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุ ระดับความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุ โดยแบ่งระดับความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย ไม่ถึงขั้นหยุดงาน หยุดงานไม่เกิน 3 วัน และหยุดงานเกิน 3 วัน โดยอ้างอิงจากเกณฑ์ การพิจารณาการส่งแบบแจ้งการประสบอันตราย เจ็บป่วย หรือสูญหาย (กท.16) และคำร้องขอรับเงินทดแทน ซึ่งเป็นเอกสาร สำคัญที่นายจ้างต้องใช้แจ้งสำนักงานประกันสังคมเมื่อลูกจ้างบาดเจ็บหรือป่วยจากการทำงาน เพื่อใช้สิทธิเบิกค่ารักษาพยาบาลและ ค่าทดแทนต่าง ๆ โดยเอกสารดังกล่าวนี้กำหนดให้นายจ้างแจ้งการประสบอันตราย เจ็บป่วยทั้งในกรณีหยุดงานไม่เกิน 3 วันเพื่อ เบิกค่ารักษาพยาบาล ส่วนในกรณีหยุดงานเกิน 3 วันเพื่อเบิกค่ารักษาพยาบาลและเงินชดเชยรายได้ (ราชกิจจานุเบกษา, 2537)

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ วิทยาลัยลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ COA No. 0023/2563 เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน 2563

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความ สอดคล้องเชิงวัตถุประสงค์ (IOC) และได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านอาชีวอนามัยและ ความปลอดภัย จำนวน 3 ท่าน ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ประกอบอาชีพแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งใน ตำบลบางพลี อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวจะไม่ถูกนำมาศึกษาในขั้นตอนรวบรวมข้อมูล จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความสอดคล้อง โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ครอนบาค (Alpha's Cronbach) โดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น พบว่าแบบสอบถามนี้มีค่าความเชื่อมั่นที่ 0.844

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคณะผู้วิจัยได้ทำการชี้แจง อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยก่อนดำเนินการเก็บข้อมูล ให้แคดดี้สามารถตัดสินใจได้โดยอิสระว่าจะสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยหรือไม่ เมื่ออาสาสมัครยินยอมให้ข้อมูลด้วยความสมัครใจ คณะผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงเพิ่มเติมว่าข้อมูลที่ได้นำนามาวิเคราะห์และนำเสนอในภาพรวม ไม่ปรากฏข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อกรดำเนินชีวิต มีวิธีการคัดเลือกอาสาสมัครจากแคดดี้ผู้มีการรายงานว่าเคยประสบอุบัติเหตุจากการ ปฏิบัติงานทั้งหมด โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่าง มกราคม 2564 - มีนาคม 2564

4. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความ สัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยนำตัวแปรต้นที่กำหนดไว้ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของแคดดี้ การรับรู้ด้านจัดการความปลอดภัยในการทำงาน ทศนคติด้านความ ปลอดภัย จากนั้นนำไปหาความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ ความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน ด้วยสถิติทดสอบ ไคสแควร์ (Chi-Square Test) ที่มีระดับความเชื่อมั่น 95% และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.1 ความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน การศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการโดยรวบรวมข้อมูลสถิติการเกิดอุบัติเหตุจาก การปฏิบัติงานของแคดดี้ ในสนามกอล์ฟแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยจำแนกความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการ ปฏิบัติงานเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไม่ถึงขั้นหยุดงาน หยุดงานไม่เกิน 3 วัน และหยุดงานเกิน 3 วัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าแคดดี้ที่

รายงานว่ามีประสพอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานทั้งสิ้นจำนวน 82 คน โดยมีความรุนแรงไม่ถึงขั้นหยุดงาน ร้อยละ 48.8 หยุดงานไม่เกิน 3 วัน ร้อยละ 30.5 และมีความรุนแรงถึงขั้นหยุดงานเกิน 3 วัน ร้อยละ 20.7 โดยส่วนใหญ่มีสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุจากการขับรถกอล์ฟ ยกถุงกอล์ฟ แชะหญ้ากลบหลุมไควอตต์ เกลี่ยทรายในบังเกอร์ ซ่อมรอยลูกตกบนกรีน ซึ่งส่วนของร่างกายที่ได้รับการบาดเจ็บมากที่สุดสามลำดับแรก คือ บริเวณลำตัว แขนและขา ส่วนใหญ่เข้ารับการรักษาโดยใช้สิริบัตรทอง

4.2 ข้อมูลทั่วไปของแคตตี้ จากการศึกษา พบว่า แคตตี้เฉลี่ย 39.45 (± 11.58) ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 37.8 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 42.7 มีดัชนีมวลกายอยู่ในระดับเกินเกณฑ์ ร้อยละ 46.3 แคตตี้ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 69.5 แคตตี้ส่วนใหญ่ไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 82.9 และไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 96.3 และส่วนใหญ่ไม่ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา คิดเป็นร้อยละ 53.7 ด้านการนอนหลับพักผ่อนพบว่าแคตตี้มีการนอนหลับพักผ่อนมากกว่าหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 53.7 ประสพการณ์ทำงานเฉลี่ย 11.50 (± 7.35) ปี แคตตี้ส่วนใหญ่ออกรอบ 1 รอบต่อวัน ร้อยละ 64.6 พฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ส่วนใหญ่สวมใส่เป็นบางครั้ง ร้อยละ 52.4 จากศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลของแคตตี้ พบว่าอายุและพฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคตตี้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 (P-value = 0.042 และ 0.030 ตามลำดับ)

4.3 การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย พบว่า แคตตี้ส่วนใหญ่มีการรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 61.0 โดยส่วนใหญ่ทราบว่าสนามกอล์ฟมีบทลงโทษหากแคตตี้ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบ คิดเป็นร้อยละ 95.1 รองลงมาคือ ทราบว่านโยบายด้านความปลอดภัยมีการบังคับใช้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้แคตตี้ปฏิบัติตามกฎระเบียบของสนามกอล์ฟได้ คิดเป็นร้อยละ 92.7 และทราบว่าแคตตี้ทุกคนต้องปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยของสนามกอล์ฟอย่างเคร่งครัดทุกข้อ คิดเป็นร้อยละ 92.7 จากศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน พบว่าการรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัยไม่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคตตี้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 (P-value = 0.062)

4.4 ทักษะจิตด้านความปลอดภัย พบว่า แคตตี้ส่วนใหญ่มีทัศนคติด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 80.5 โดยส่วนใหญ่โดยแคตตี้ส่วนใหญ่เห็นด้วยในข้อคำถามท่านคิดว่าความปลอดภัยในการทำงานมีความสำคัญอย่างมาก คิดเป็นร้อยละ 97.6 รองลงมาคือ แคตตี้ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการฝึกอบรมในด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ร้อยละ 93.9 เห็นด้วยในข้อคำถามที่ว่า การป้องกันอุบัติเหตุเป็นหน้าที่ของท่านที่ท่านจะต้องปฏิบัติ คิดเป็นร้อยละ 92.7 จากศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน พบว่าทัศนคติด้านความปลอดภัยไม่มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคตตี้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 (P-value = 0.522)

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปของแคตตี้ ข้อมูลด้านการทำงาน การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย และทัศนคติด้านความปลอดภัยกับความรุนแรงในการการเกิดอุบัติเหตุของผู้ให้บริการ อำนวยความสะดวกแก่นักกอล์ฟหรือผู้ประกอบการอาชีพแคตตี้ (N = 82)

ปัจจัย	ไม่ถึงขั้นหยุดงาน		หยุดงานไม่เกิน 3 วัน		หยุดงานเกิน 3 วัน		P-value
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
อายุ							0.042*
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 ปี	25	30.5	10	12.2	5	6.1	
มากกว่า 40 ปี	15	18.3	15	18.3	12	14.6	
ระดับการศึกษา							0.941
ประถมศึกษา	14	17.1	7	8.5	5	6.1	
มัธยมศึกษาตอนต้น	15	18.3	11	13.4	6	7.3	
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตร	11	13.4	7	8.5	6	7.3	
วิชาชีพ (ปวช.)							
สถานภาพสมรส							0.189
โสด	16	19.5	12	14.6	2	2.4	
สมรส	16	19.5	9	11.0	10	12.2	
หม้าย/หย่าร้าง/แยก	8	9.8	4	4.9	5	6.1	
ดัชนีมวลกาย							0.777
น้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์	3	3.7	3	3.7	1	1.2	
สมส่วน	17	20.7	13	15.9	7	8.5	
น้ำหนักเกินเกณฑ์	20	24.4	9	11.0	9	11.0	
โรคประจำตัว							0.877
ไม่มีโรคประจำตัว	28	34.1	18	22.0	11	13.4	
มีโรคประจำตัว	12	14.6	7	8.5	6	7.3	
การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์							0.985
ดื่ม	7	8.5	4	4.9	3	3.7	
ไม่ดื่ม	33	40.2	21	25.6	14	17.1	
การสูบบุหรี่							0.195
สูบ	3	3.7	0	0.0	0	0.0	
ไม่สูบ	37	45.1	25	30.5	17	20.7	
การออกกำลังกาย							0.507

ปัจจัย	ไม่ถึงขั้นหยุดงาน		หยุดงานไม่เกิน 3 วัน		หยุดงานเกิน 3 วัน		P-value
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
ออกกำลังกาย	17	20.7	11	13.4	10	12.2	
ไม่ออกกำลังกาย	23	28.0	14	17.1	7	8.5	
การนอนหลับพักผ่อน							0.797
น้อยกว่า 7 ชั่วโมง	20	24.4	11	13.4	7	8.5	
มากกว่าหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง	20	24.4	14	17.1	10	12.2	
ประสบการณ์ทำงาน							0.174
น้อยกว่า 12 ปี	27	32.9	14	17.1	7	8.5	
มากกว่าหรือเท่ากับ 12 ปี	13	15.9	11	13.4	10	12.2	
จำนวนการออกรอบต่อวัน							0.110
1 รอบ	30	36.6	15	18.3	8	9.8	
2 รอบ	10	12.2	10	12.2	9	11.0	
พฤติกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกัน							0.030*
อันตรายส่วนบุคคล							
สวมใส่บางครั้ง	15	18.3	17	20.7	11	13.4	
สวมใส่ทุกครั้ง	25	30.5	8	9.8	6	7.3	
การรับรู้ด้านการจัดการความปลอดภัย							0.062
รับรู้ต่ำ	6	7.3	2	2.4	6	7.3	
รับรู้สูง	34	41.5	23	28.0	11	13.4	
ทัศนคติด้านความปลอดภัย							0.522
รับรู้ต่ำ	9	11.0	3	3.7	4	4.9	
รับรู้สูง	31	37.8	22	26.8	13	15.9	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าอายุมีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 ($P\text{-value} = 0.042$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยของนพดล สีสุวรรณ (2563) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรุนแรงของผู้บาดเจ็บและระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุกลุ่มคนที่เกิดจากอุบัติเหตุจราจรในจังหวัดลำปาง พบว่า ผู้ที่มีอายุน้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 ปีมีแนวโน้มที่จะได้รับความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าผู้ที่มีอายุน้อยกว่า 45 ปีถึง 2.77 เท่า และประภัสสร ศรีนวลวงศ์ (2562) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการบาดเจ็บ

จากอุบัติเหตุจราจรในโรงพยาบาลพาน จังหวัดเชียงราย พบว่า อายุ มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการบาดเจ็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P\text{-value} = 0.001$ อภิปรายได้ว่า การที่มีอายุมากอาจทำให้เกิดความเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางร่างกาย ทำให้เมื่อประสบอุบัติเหตุแม้เพียงเล็กน้อย ร่างกายจะไม่สามารถทนทานต่อแรงกระแทกได้ดีเท่ากับวัยหนุ่มสาว ส่งผลให้อวัยวะภายในได้รับความกระทบกระเทือนรุนแรงหรือเกิดกระดูกหักได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ผู้สูงอายุมักมีโรคประจำตัวซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุมีความรุนแรงมากขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงในการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 ($P\text{-value} = 0.030$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สอดคล้องกับงานวิจัยของเฟื่องสิริ ต่อดำรงค์ (2560) ทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความรุนแรงของการได้รับบาดเจ็บที่ศีรษะของผู้ประสบอุบัติเหตุจักรยานยนต์ พบว่าผู้ที่มีพฤติกรรมไม่สวมหมวกนิรภัยขณะขับขี่ได้รับบาดเจ็บในระดับปานกลางถึงรุนแรงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่มีพฤติกรรมกรรมการสวมใส่หมวกนิรภัยถึง 4.4 เท่า ทั้งนี้จากการศึกษาความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของแคดดี้ อภิปรายได้ว่าพนักงานที่มีพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลบางครั้งจะมีโอกาสเกิดความรุนแรงจากการเกิดอุบัติเหตุถึงขั้นหยุดงานเกิน 3 วันมากกว่าแคดดี้ที่มีพฤติกรรมกรรมการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างครบถ้วนทุกครั้ง เนื่องจากการที่บุคคลมีพฤติกรรมการปฏิบัติตนในการป้องกันตนเองอย่างสม่ำเสมอและครบถ้วนย่อมแสดงให้เห็นว่าบุคคลนั้น มีความใส่ใจและมีมาตรฐานในการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยอย่างเหมาะสม จึงเป็นเหตุทำให้ผู้ที่มีพฤติกรรมอย่างเหมาะสม ถึงแม้จะประสบอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานแต่ก็มีแนวโน้มที่จะได้รับความรุนแรงน้อยกว่านั่นเอง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้ให้บริการอำนวยความสะดวกแก่นักกอล์ฟหรือผู้ประกอบอาชีพ ต่าบลข้างใหญ่ อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการตอบแบบสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2567, 10 สิงหาคม). *ททท. จัดงาน Thailand Golf Travel Mart (TGTM) 2024 ส่งเสริมประเทศไทยเป็นจุดหมายปลายทางกอล์ฟระดับโลก*. TAT News Thai. <https://www.tatnewsthai.org/article-infos/6072>
- จิรศักดิ์ อมรวัฒน์เลิศล้ำ. (2557). ระดับการรับรู้ระบบความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงาน บริษัท จตุพรรีโนเวชั่น จำกัด. *วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ*, 2(1), 32-46.
- ไทยรัฐออนไลน์. (2563, 29 กันยายน). *อุทาหรณ์กอล์ฟ นักท่องเที่ยวอิตาลีโดนเข้าตาแคดดี้แตก ต้องผ่าตัดรักษา*. <https://www.thairath.co.th/news/local/north/1939591>
- นพตล สีสุวรรณ. (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อระดับความรุนแรงของผู้บาดเจ็บและระดับความเสียหายของอุบัติเหตุจากอุบัติเหตุจราจรในจังหวัดลำปาง. *เชียงใหม่วารสาร*, 12(1), 13-19.
- นิตยา สุขเจริญ, และคณะ. (2568). ผลของโปรแกรมส่งเสริมความสามารถตนเองต่อพฤติกรรมป้องกันอาการผิดปกติทางระบบ

- กระตูกและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพนักงานแบกถุงกอล์ฟสนามกอล์ฟแห่งหนึ่ง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี. *วารสารวิจัยการพยาบาลและวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 17(2). <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/unc/article/view/e276130>
- ประภัสสร ศรีนวลวงศ์. (2562). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุจราจรในโรงพยาบาลพนา จังหวัดเชียงราย [การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยพะเยา.
- เฟื่องสิริ ต่อดำรงค์. (2560). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระดับความรุนแรงของการได้รับบาดเจ็บที่ศีรษะของผู้ประสบอุบัติเหตุจักรยานยนต์. *วารสารแพทย์เขต 4-5*, 36(3), 138-144.
- ราชกิจจานุเบกษา. (2537). พระราชบัญญัติเงินทดแทน พ.ศ. 2537. <https://ratchakittha.soc.go.th/DATA/PDF/2537/A/045/1.PDF>.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2568). รายงานการสำรวจแรงงานนอกระบบ พ.ศ. 2568. https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2026/20251126091907_74347.pdf
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2568). รายงานภาวะสังคมไทยไตรมาสที่สี่ และภาพรวมปี 2567. <https://www.nesdc.go.th/wordpress/wp-content/uploads/2025/03/Report-03.pdf>
- Jeon, H. S., & Lee, K. (2022). A study on the status of safety and health for golf course caddies and improvement of protective measures in South Korea. *Sustainability*, 14(17), 10479. <https://doi.org/10.3390/su141710479>

การพัฒนาชุดกรองน้ำโดยใช้กากมะพร้าวและถ่านกัมมันต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภคเบื้องต้น

Development of a Water Filtration System Using Coconut Residue and Activated Carbon to Improve Water Quality for Basic Domestic Use

บัณฑิตภัทร พิทักษ์¹, สุภัตสร ศรีเรืองพันธ์², อนุชญา บุญสาร³, มาโนชญ์ แสงศิริ^{4*}

Bunthitphat Phitak¹, Suphatson Srirueangphan², Anutchada Boonsan³, Manoch Sangsiri^{4*}

¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

¹Phichitpittayakom School, bunthitaphat@gmail.com

²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

²Phichitpittayakom School, ssiraungpun@gmail.com

³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

³Phichitpittayakom School, namcha220452@gmail.com

⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

⁴Phichitpittayakom School, sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภค การศึกษาแบ่งเป็น 5 ส่วน ได้แก่ การจัดเรียงชั้นกรอง การเปรียบเทียบความหนาไส้กรอง การศึกษาอัตราการไหลของน้ำ การประเมินประสิทธิภาพการลดความขุ่นและปรับค่า pH และการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างน้ำคลอง น้ำจากเครื่องกรอง และน้ำประปา วัสดุกรองที่ใช้ประกอบด้วย กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราช กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ โดยตรวจวัดค่าความขุ่นและค่า pH และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ลำดับชั้นกรองที่เหมาะสมจากล่างขึ้นบน คือ กรวดใหญ่ กรวดเล็ก ทราช ถ่านกัมมันต์ และกากมะพร้าว โดยมีความหนา 5, 5, 6, 7 และ 6 เซนติเมตร ตามลำดับ พร้อมรูให้น้ำไหลผ่านขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุด หลังการกรองน้ำมีค่าความขุ่นเฉลี่ย 8.69 ± 0.09 NTU และค่า pH เฉลี่ย 6.72 ± 0.40 อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับการอุปโภคเบื้องต้น ระบบควบคุมด้วย Arduino IDE และแสดงผลผ่านจอ LCD 20x4

คำสำคัญ: การกรองน้ำ คุณภาพน้ำ วัสดุกรองธรรมชาติ ระบบกรองอัตโนมัติ

Abstract

This research developed an automatic water filtration system using natural materials to improve water quality for domestic use. The study was divided into five parts: arrangement of the filtration layers, comparison of filter thickness, investigation of water flow rate, evaluation of turbidity reduction and pH adjustment efficiency, and comparison of water quality between canal water, filtered water, and tap water. The filtration

materials used in this study were coconut husk, activated carbon, sand, small gravel, and large gravel. Water quality was evaluated by measuring turbidity and pH values. The data were analyzed using mean and standard deviation. The results showed that the optimal arrangement of filtration layers from bottom to top was large gravel, small gravel, sand, activated carbon, and coconut husk, with thicknesses of 5, 5, 6, 7, and 6 centimeters, respectively. The system used a 2-millimeter outlet hole for water flow, which provided the best performance. After filtration, the average turbidity of water was 8.69 ± 0.09 NTU, and the average pH value was 6.72 ± 0.40 , which are suitable for basic domestic use. The filtration system was controlled using Arduino IDE and displayed the results on a 20x4 LCD screen.

Keywords: Water filtration, Water quality, Natural filtration media, Automatic filtration system

1. บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านการอุปโภค บริโภค การเกษตร และอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของประชากร การขยายตัวของชุมชนเมือง และการพัฒนาอุตสาหกรรม ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง น้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ครั้วเรือน โรงเรียน และสถานประกอบการ มักมีสิ่งปนเปื้อน เช่น ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) สารอินทรีย์ สารเคมี และจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม คุณภาพน้ำสามารถพิจารณาได้จากหลายตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความขุ่น (Turbidity) และค่าการนำกระแสไฟฟ้า (EC) โดยค่าดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายประการ เช่น แหล่งกำเนิดน้ำเสีย ประเภทของกิจกรรมมนุษย์ สภาพภูมิอากาศ และการไหลเวียนของน้ำ หากไม่มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ (Tchobanoglous & Burton, 2014) จากข้อมูลรายงานสถานการณ์มลพิษของ กรมควบคุมมลพิษพบว่าแหล่งน้ำผิวดินในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมีคุณภาพอยู่ในระดับเสื่อมโทรม โดยเฉพาะบริเวณชุมชนเมืองที่มีค่าความสกปรกสูงเกินมาตรฐาน ขณะเดียวกัน กรมอนามัย ยังรายงานปัญหาคุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคในบางพื้นที่ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ความขุ่นและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ดังนั้น การนำน้ำเสียมาผ่านกระบวนการกรองและปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้สามารถ “นำกลับมาใช้ใหม่ในด้านการอุปโภค (ไม่ใช่เพื่อดื่มโดยตรง)” เช่น การล้างทำความสะอาด การรดน้ำต้นไม้ หรือการใช้งานทั่วไปในชีวิตประจำวัน จึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดการใช้ น้ำจากแหล่งธรรมชาติ และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน กระบวนการกรองน้ำเป็นหนึ่งในวิธีการบำบัดน้ำเสียที่สำคัญ โดยสามารถช่วยกำจัดของแข็งแขวนลอย สิ่งสกปรก และสารปนเปื้อนบางชนิดออกจากน้ำได้ (Spellman, 2013) ซึ่งสามารถใช้วัสดุกรองที่หาได้ง่าย เช่น ทราย กรวด ถ่านกัมมันต์ และวัสดุชีวภาพ เช่น ชังข้าวโพดและกากมะพร้าว ซึ่งมีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย และเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนหรือชุมชน นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สอดคล้องกับแนวทางของ UNESCO (2017) ที่ส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนและเศรษฐกิจหมุนเวียน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาลำดับการจัดเรียงชั้นกรองจากวัสดุจากธรรมชาติ
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความหนาของไส้กรองที่ส่งผลต่อระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชั้นกรองที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ
4. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ ด้วยชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ
5. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างน้ำคอลลิง น้ำจากชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ และน้ำประปา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาลำดับการจัดเรียงชั้นกรองจากวัสดุจากธรรมชาติ

1. เตรียมวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ โดยล้างและแช่ทำความสะอาด แล้วตากให้แห้งก่อนใช้งาน (Zahur-Uz-Zaman et al., 2023)
2. จัดเตรียมชุดทดลองโดยใช้ถังพลาสติกใส และภาชนะสำหรับจัดเรียงชั้นกรอง กว้าง 23 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร โดยมีผ้าขาวบางรองรับวัสดุกรอง และใช้ท่อ PVC และก๊อมน้ำควบคุมการไหลของน้ำ
3. ทำการจัดเรียงชั้นกรอง โดยกำหนดให้กรวดใหญ่และกรวดเล็กอยู่ล่างสุดทุกการทดลอง โดยให้กรวดเล็กอยู่ด้านบนของกรวดใหญ่ (Anggraini & Fuchs, 2019) และทดลองสลับตำแหน่งของชั้นกากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ และทราย
4. นำชุดกรองที่เตรียมไว้มาทดลองกรองน้ำในปริมาตรที่เท่ากัน โดยใช้ปั้มน้ำ DC-12V และสายยางในการส่งน้ำเข้าสู่ระบบกรอง
5. วัดค่าความขุ่นด้วยเซนเซอร์ Turbidity และวัดค่า pH ด้วยเซนเซอร์ pH หลังการกรองทุกครั้ง และทำซ้ำจนกว่าค่าความขุ่นจะคงที่

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความหนาของไส้กรองที่ส่งผลต่อระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ

1. ทดลองความหนาของชั้นไส้กรองแต่ละชั้นตั้งแต่ 1-9 เซนติเมตร โดยยึดตามหลักการทำงานไส้กรองในแต่ละชนิด
2. บันทึกผลคุณภาพของน้ำที่ได้จากการกรองและเลือกความหนาของชั้นไส้กรองส่งผลให้คุณภาพน้ำเหมาะสมที่สุด

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชั้นกรองที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

1. นำแผ่นอะคริลิกที่ทำเป็นชั้นกรองแต่ละชั้นของวัสดุธรรมชาติเจาะรูได้ฐาน โดยเริ่มการศึกษาหาอัตราไหลของน้ำ ในแต่ละฐานของชั้นกรองมีรูของอัตราไหลของน้ำที่เท่ากัน โดยทำการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร 2 มิลลิเมตร 3 มิลลิเมตร 4 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร โดยมีทั้งหมด 7 แถว แถวละ 11 รู ตามแนวสลับฟันปลา เนื่องจากน้ำจะกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ ลดแรงดันสะสมจุดเดียว และเพิ่มพื้นที่ไหลของน้ำไม่ทำให้แผ่นอะคริลิกอ่อนตัว

ตอนที่ 4 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ ด้วยชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ

1. ทำการติดตั้งปั้มน้ำ DC-12V จำนวน 1 ตัว เชื่อมต่อกับสายยางยาวประมาณ 6 ฟุต เพื่อใช้ในการดูดน้ำจากแหล่งน้ำต้นทางเข้าสู่ระบบกรองน้ำ
2. ปั้มน้ำจะทำหน้าที่สูบน้ำเข้าสู่ถังกรองหลักซึ่งมีความจุ 66 ลิตร โดยถังดังกล่าวใช้เป็นภาชนะหลักสำหรับการกรองและการตรวจวัดคุณภาพน้ำหลังการกรอง

3. ภายในถังกรองหลักมีการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เซนเซอร์วัดระดับความขุ่น (Turbidity)

4. วัสดุกรองแต่ละชนิดถูกเตรียมตามขนาดความหนาที่ได้จากการศึกษาและคัดเลือกในขั้นตอนที่ 2 และเมื่อน้ำที่ต้องการกรองไหลผ่านชั้นกรองครบทั้งหมดแล้ว เซนเซอร์ในถังจะทำงานโดยวัดค่า pH และระดับความขุ่นของน้ำ

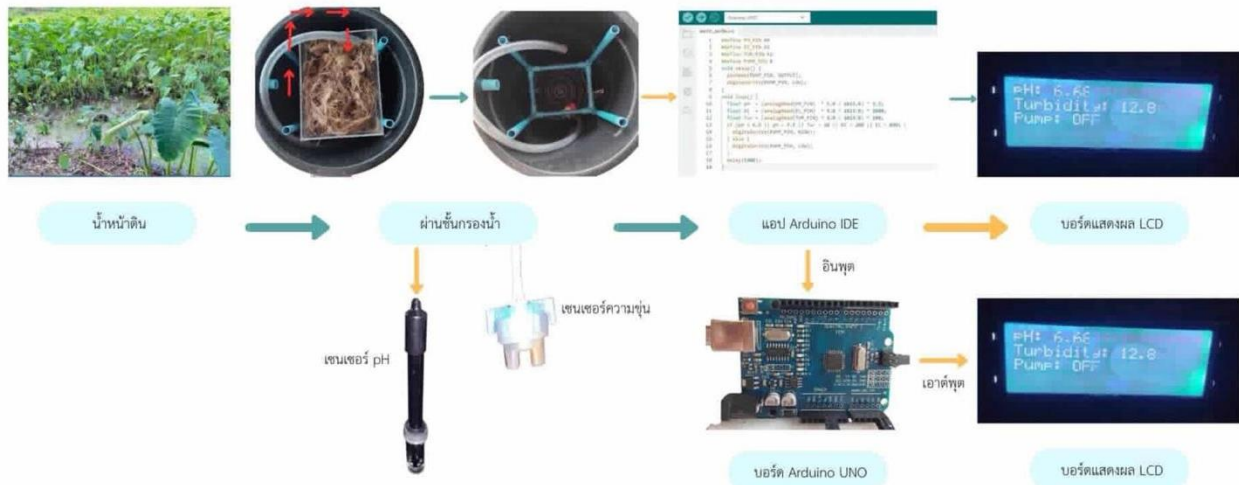
5. กรณีค่า pH และระดับความขุ่นมีค่าไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในการอุปโภค ป้อนน้ำในถังจะทำงานโดยดูดน้ำภายในถังกลับไปกรองอีกรอบจนกว่าจะมีค่าที่เหมาะสมสำหรับการอุปโภคจึงจะนำน้ำไปใช้ได้โดยระบบทั้งหมดนี้ถูกควบคุมโดยบอร์ด Arduino UNO R3

6. นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีของการกรองน้ำ

ตอนที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างน้ำคลอง น้ำจากชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ และน้ำประปา

1. นำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วมาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำกับน้ำที่ยังไม่ผ่านการกรองและน้ำประปา

2. จากการตรวจค่า pH และระดับความขุ่นพบว่า น้ำที่ผ่านการกรองแล้วมีค่า pH และระดับความขุ่นที่ดีกว่าน้ำที่ยังไม่ผ่านการกรอง








ภาพที่ 1 แสดงแผนผังการทำงานของระบบกรองน้ำแบบอัตโนมัติ (สร้างจาก ChatGPT)

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาลำดับการจัดเรียงชั้นกรองจากวัสดุจากธรรมชาติ

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาลำดับการจัดเรียงชั้นกรองจากวัสดุจากธรรมชาติ

ชั้นที่	1	2	3	4	5
ชนิดไส้กรอง	กรวดใหญ่	กรวดเล็ก	ทราย	ถ่านกัมมันต์	กากมะพร้าว
ความหนาชั้นไส้กรอง (cm)	5	5	6	7	6
น้ำหนักไส้กรอง (kg)	2.71	3.89	4.19	0.23	0.88
ลักษณะทางกายภาพ					

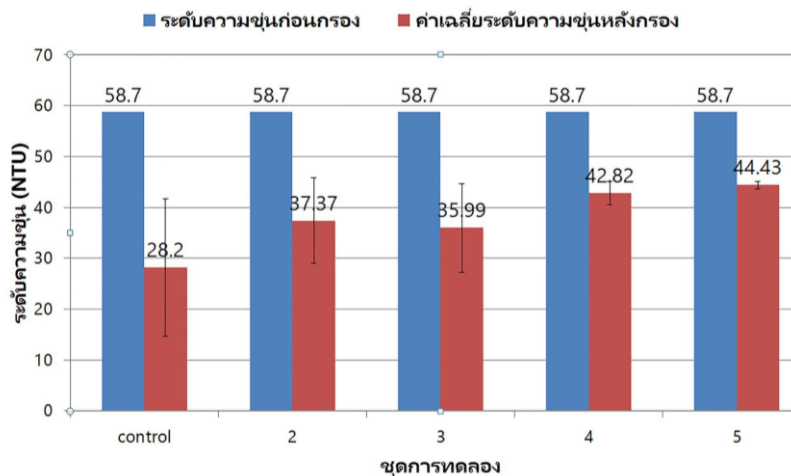
จากตารางที่ 1 พบว่า มีการจัดเรียงวัสดุที่เลือกมาจากหยาบไปละเอียดคือ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ (Zahur-Uz-Zaman et al., 2023) โดยจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 5 ดังนี้ กรวดใหญ่ กรวดเล็ก ทราย ถ่านกัมมันต์ และกากมะพร้าวตามลำดับ ซึ่ง Compaoré et al (2022) ได้ศึกษางานวิจัยระบบกรองแนวตั้งจัดเรียงวัสดุจากหยาบไปละเอียดเหมาะสมที่สุด เนื่องจากการเรียงลำดับลักษณะนี้ช่วยเพิ่มเวลาสัมผัสของน้ำกับวัสดุกรอง ลดการอุดตัน และทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำโดยรวมสูงขึ้นจากระดับความขุ่นที่ 54.2 NTU ลดลงจนระดับความขุ่นมีค่าอยู่ที่ 8.8 NTU และค่า pH จาก 6.89 ลดลงจนเหลือ 6.7

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความหนาของไส้กรองที่ส่งผลต่อระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ

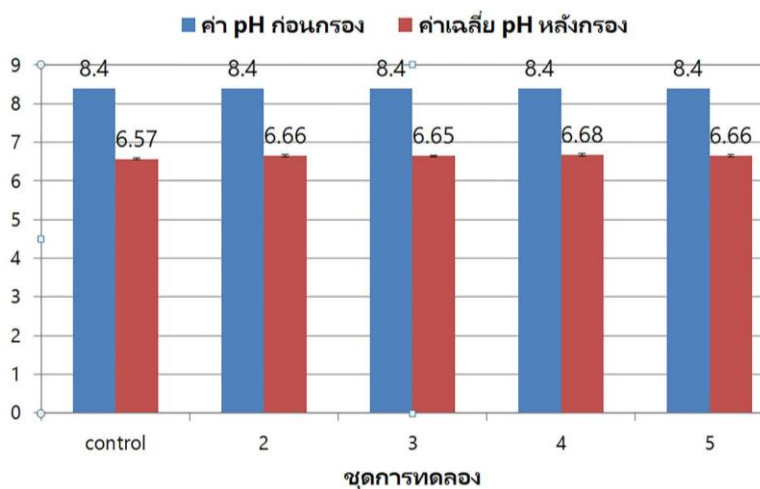
ตอนที่ 2 ควบคุมชุดการทดลองที่ 1 มีความหนาของไส้กรอง กากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 7 เซนติเมตร ทราย 6 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร กรวดใหญ่ 5 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 กากมะพร้าว 7 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร ทราย 6 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร กรวดใหญ่ 5 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 3 กากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร ทราย 7 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร กรวดใหญ่ 5 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 4 กากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร ทราย 6 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร กรวดใหญ่ 7 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 5 กากมะพร้าว 4 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 4 เซนติเมตร ทราย 4 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร กรวดใหญ่ 5 เซนติเมตร และทุกชุดการทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง และมีการใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของรูชั้นกรอง 2 มิลลิเมตร และเรียงลำดับชั้นกรองจากด้านบนลงล่างคือ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่

จากการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์ช่วยในการลดค่า pH และระดับความขุ่น ได้ดีที่ที่สุด ดังนั้นความหนาที่เหมาะสมของชั้นกรอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 ใช้กากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 7 เซนติเมตร ทราย 6 เซนติเมตร ส่วนกรวดเล็กและกรวดใหญ่ไม่ส่งผลต่อค่า pH และระดับความขุ่น จึงกำหนดที่ 5 เซนติเมตร เพื่อรองรับน้ำหนักชั้นกรองด้านบนและรักษาอัตราการ

ไหลของน้ำให้เหมาะสม มีระดับความขุ่นเฉลี่ยอยู่ที่ 28.2 ± 13.50 NTU และค่า pH เฉลี่ยอยู่ที่ 6.57 ± 0.02 เหมาะสมต่อการนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคมากที่สุด และดีกว่าความหนาของไส้กรองชนิดอื่น



ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระดับความขุ่นของแต่ละชุดการทดลอง



ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่า pH ในแต่ละการทดลอง

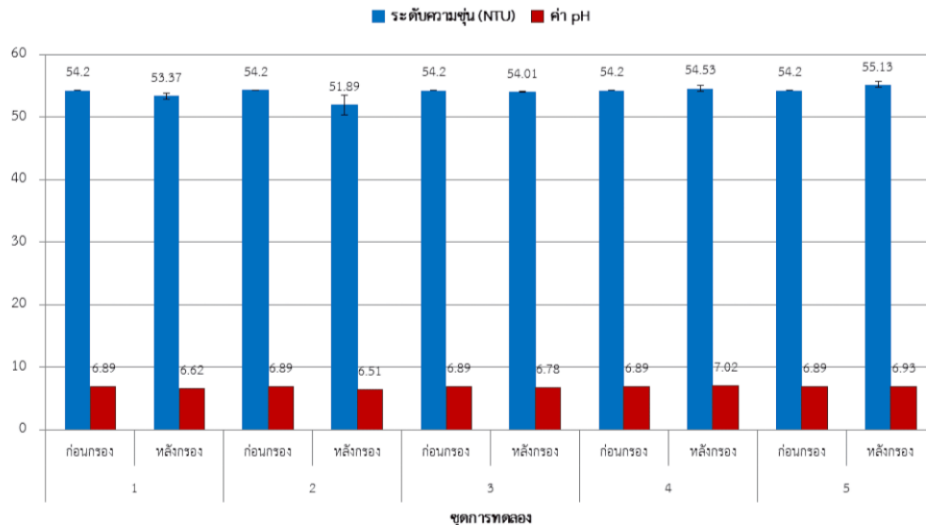
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระดับความขุ่นและค่า pH ก่อนการหลังและหลังการกรอง จากการศึกษาความหนาของไส้กรอง

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่น (NTU)		ค่า pH	
	ก่อนกรอง	ค่าเฉลี่ยหลังกรอง	ก่อนกรอง	ค่าเฉลี่ยหลังกรอง
1	58.7	28.2±13.5	8.4	6.57±0.2
2	58.7	37.37±8.43	8.4	6.66±0.3
3	58.7	35.99±8.7	8.4	6.65±0.2
4	58.7	42.82±2.29	8.4	6.68±0.3
5	58.7	44.43±0.74	8.4	6.66±0.3

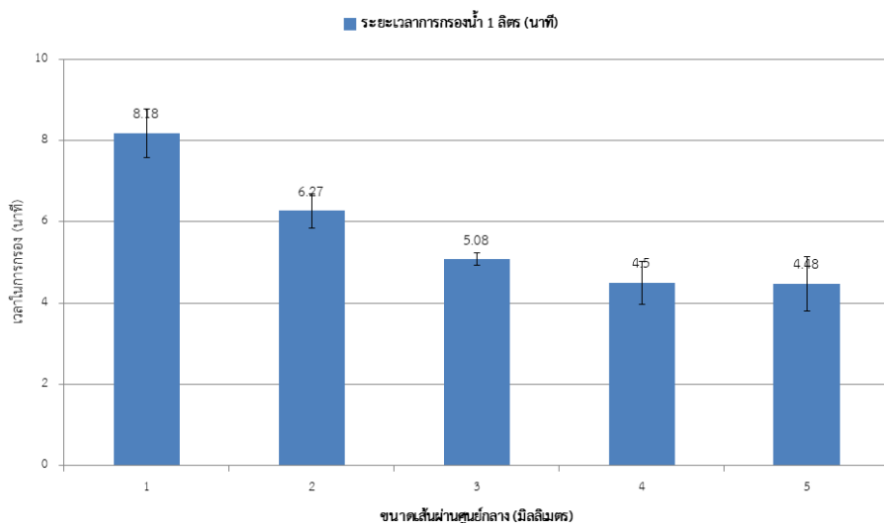
ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำในแต่ละชั้นกรองที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

ตอนที่ 3 ควบคุมทุกชุดการ มีการเรียงลำดับชั้นกรองจากด้านบนลงล่างคือ กากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 7 เซนติเมตร ททราย 6 เซนติเมตร กรวดเล็ก 5 เซนติเมตร และกรวดใหญ่ 5 เซนติเมตร

พบว่าเมื่อน้ำผ่านกระบวนการกรองโดยใช้อัตราการไหลของน้ำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ระดับความขุ่นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 51.89±1.55 NTU และค่า pH เท่ากับ 6.51±0.01 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการใช้งานน้ำเพื่อการอุปโภค เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอัตราการไหลอื่น


ภาพที่ 4 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการศึกษาอัตราไหลของน้ำที่ส่งผลต่อระดับความขุ่นและค่า pH

ภาพที่ 4 จากกราฟ 1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 1 มิลลิเมตร, 2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 2 มิลลิเมตร (ชุดควบคุม), 3 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 3 มิลลิเมตร, 4 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 4 มิลลิเมตร, 5 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 5 มิลลิเมตร



ภาพที่ 5 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการศึกษาอัตราการไหลของน้ำที่ส่งผลต่อระยะเวลาในการกรอง

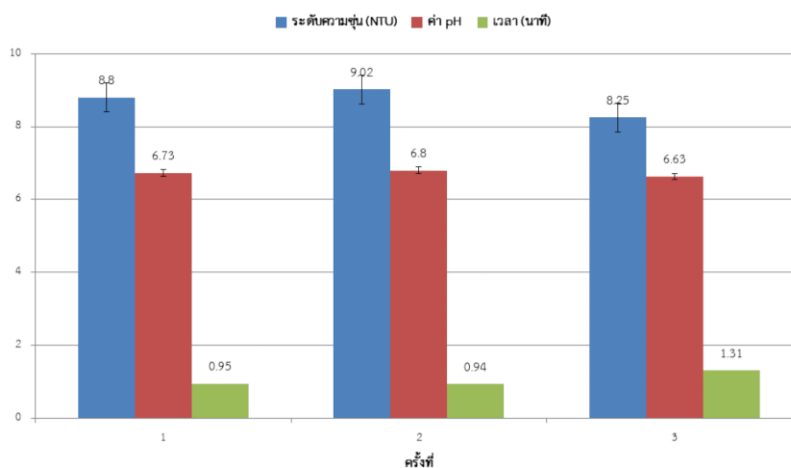
ภาพที่ 5 จากกราฟ 1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 1 มิลลิเมตร, 2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 2 มิลลิเมตร (ชุดควบคุม), 3 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 3 มิลลิเมตร, 4 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 4 มิลลิเมตร, 5 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูน้ำไหล 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระดับความขุ่นและค่า pH ก่อนการหลังและหลังการกรอง จากการศึกษาอัตราไหลของน้ำ

	ระดับความขุ่น (NTU)	ค่า pH	ระยะเวลา (นาที)
1	ก่อนกรอง	54.2	6.89
	หลังกรอง	53.37±0.46	6.62
2	ก่อนกรอง	54.2	6.89
	หลังกรอง	51.89±1.55	6.51
3	ก่อนกรอง	54.2	6.89
	หลังกรอง	54.01±0.11	6.78
4	ก่อนกรอง	54.2	6.89
	หลังกรอง	54.53±0.48	7.02
5	ก่อนกรอง	54.2	6.89
	หลังกรอง	55.13±0.47	6.93

ตอนที่ 4 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระดับความขุ่น และค่า pH ของน้ำ ด้วยชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ

ตอนที่ 4 ควบคุมชุดการทดลองทุกชุดคือใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของรูชั้นกรอง 2 มิลลิเมตร และเรียงลำดับชั้นกรองจากด้านบนลงล่างคือ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่

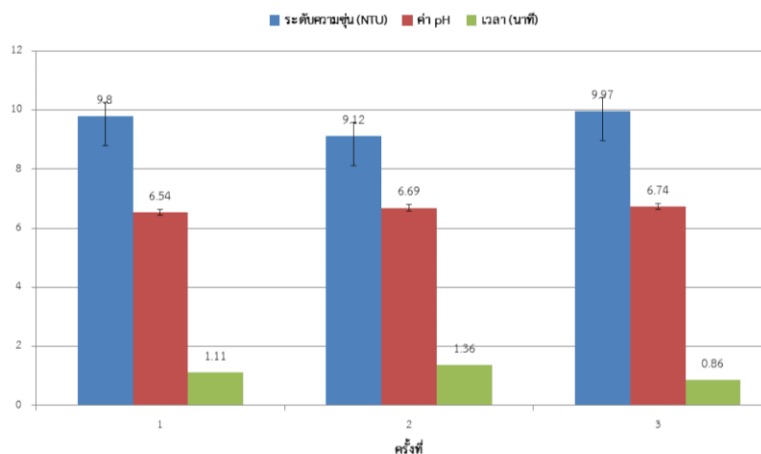


ภาพที่ 6 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 1 ตอนที่ 2

ภาพที่ 6 จากกราฟ 1 คือ ระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 1, 2 คือ ระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 2, 3 คือ ระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 3 โดยทั้งหมดมีขนาดไส้กรองคือกากมะพร้าวหนา 6 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์ 7 เซนติเมตร, ทรายหนา 6 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร, กรวดใหญ่หนา 5 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 1 ตอนที่ 2

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่น		ค่า pH ก่อนกรอง	ค่า pH หลังกรอง	ระยะเวลา (นาที)
	ก่อนกรอง (NTU)	ระดับความขุ่น หลังกรอง (NTU)			
1	58.7	8.8±0.4	8.4	6.73±0.09	0.95
2	58.7	9.02±0.4	8.4	9.02±0.09	0.94
3	58.7	8.25±0.4	8.4	8.25±0.09	1.31

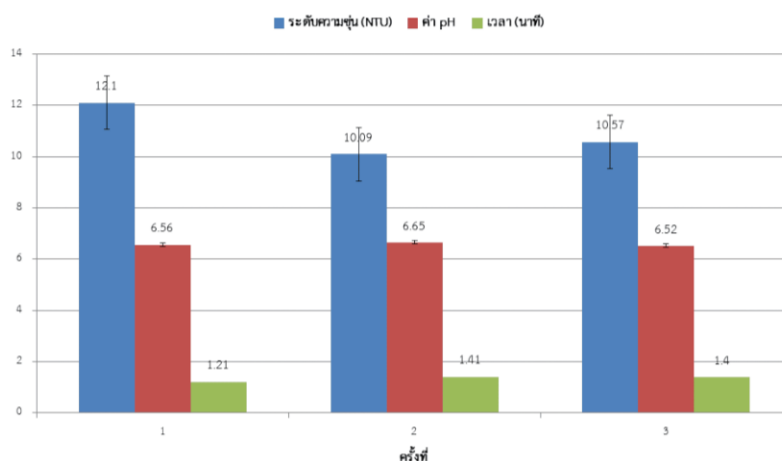


ภาพที่ 7 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 2 ของตอนที่ 2

ภาพที่ 7 จากกราฟ 1 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 1, 2 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 2, 3 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 3 โดยทั้งหมดมีขนาดไส้กรองคือกากมะพร้าวหยา 7 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร, ทราเยนา 6 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร, กรวดใหญ่หนา 5 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 2 ตอนที่ 2

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่นก่อนกรอง (NTU)	ระดับความขุ่นหลังกรอง (NTU)	ค่า pH ก่อนกรอง	ค่า pH หลังกรอง	ระยะเวลา (นาที)
1	58.7	9.8±0.45	8.4	6.54±0.1	1.11
2	58.7	9.12±0.45	8.4	6.69±0.1	1.36
3	58.7	9.97±0.45	8.4	6.74±0.1	0.86

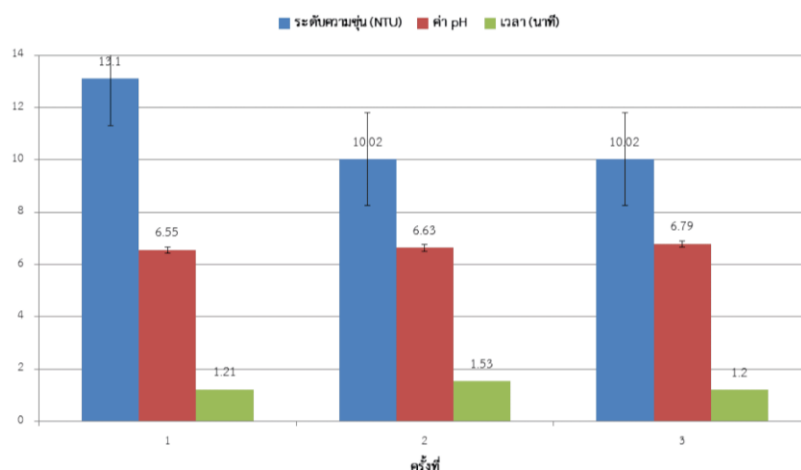


ภาพที่ 8 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 3 ของตอนที่ 2

ภาพที่ 8 จากกราฟ 1 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 1, 2 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 2, 3 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 3 โดยทั้งหมดมีขนาดไส้กรองคือกากมะพร้าวหยาบ 6 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร, ทRAYหนา 7 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร, กรวดใหญ่หนา 5 เซนติเมตร

ตารางที่ 5 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 3 ตอนที่ 2

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่น ก่อนกรอง (NTU)	ระดับความขุ่น หลังกรอง (NTU)	ค่า pH ก่อนกรอง	ค่า pH หลังกรอง	ระยะเวลา (นาที)
1	58.7	1.21±1.05	8.4	6.56±0.07	1.21
2	58.7	10.09±1.05	8.4	6.65±0.07	1.41
3	58.7	10.57±1.05	8.4	6.52±0.07	1.4

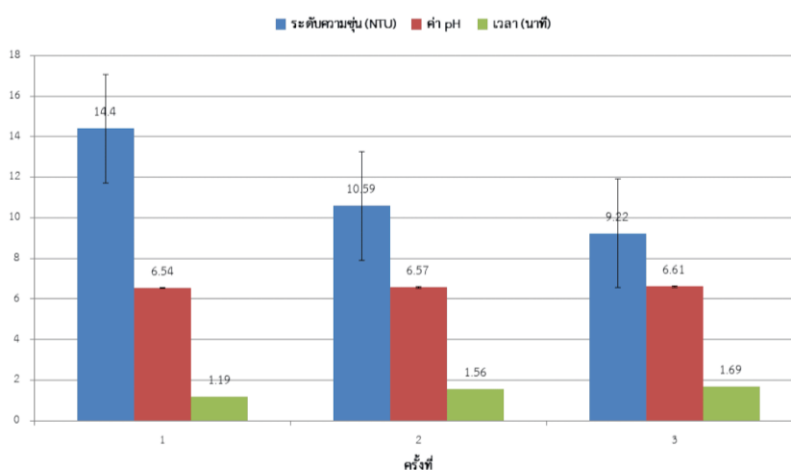


ภาพที่ 9 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 4 ของตอนที่ 2

ภาพที่ 9 จากกราฟ 1 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 1, 2 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 2, 3 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 3 โดยทั้งหมดมีขนาดไส้กรองคือกากมะพร้าวหยาบ 6 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์ 6 เซนติเมตร, ทRAYหนา 6 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร, กรวดใหญ่หนา 7 เซนติเมตร

ตารางที่ 6 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 4 ตอนที่ 2

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่น ก่อนกรอง (NTU)	ระดับความขุ่นหลังกรอง (NTU)	ค่า pH ก่อนกรอง	ค่า pH หลังกรอง	ระยะเวลา (นาที)
1	58.7	13.1±1.78	8.4	6.55±0.12	1.21
2	58.7	10.02±1.78	8.4	6.63±0.12	1.53
3	58.7	10.02±1.78	8.4	6.79±0.12	1.2


ภาพที่ 10 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 5 ของตอนที่ 2

ภาพที่ 10 จากกราฟ 1 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 1, 2 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 2, 3 คือระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาการกรองครั้งที่ 3 โดยทั้งหมดมีขนาดไส้กรองคือกากมะพร้าวหยาบ 4 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์ 4 เซนติเมตร, หวายหนา 4 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร, กรวดใหญ่หนา 5 เซนติเมตร




ตารางที่ 7 แสดงระดับความขุ่น ค่า pH และระยะเวลาของชุดการทดลองที่ 5 ตอนที่ 2

ชุดการทดลอง	ระดับความขุ่น ก่อนกรอง (NTU)	ระดับความขุ่นหลังกรอง (NTU)	ค่า pH ก่อนกรอง	ค่า pH หลังกรอง	ระยะเวลา (นาที)
1	58.7	14.4±2.68	8.4	6.54±0.04	1.19
2	58.7	10.39±2.68	8.4	6.57±0.04	1.56
3	58.7	9.22±2.68	8.4	6.61±0.04	1.69

จากการทดลองพบว่า ขนาดของไส้กรองจากวัสดุธรรมชาติ คือ กากมะพร้าวหนา 6 เซนติเมตร, ถ่านกัมมันต์หนา 7 เซนติเมตร, ทรายหนา 6 เซนติเมตร, กรวดเล็กหนา 5 เซนติเมตร และกรวดใหญ่หนา 5 เซนติเมตร ได้ระดับความขุ่นและค่า pH ที่เหมาะสมต่อการอุปโภค โดยมีจำนวนรอบที่มีค่าคงที่ของความขุ่นอยู่ที่ 12 รอบ และมีระดับความขุ่นอยู่ที่ 8.69 ± 0.09 NTU, ค่า pH อยู่ที่ 6.72 ± 0.40 ซึ่งเหมาะกับการอุปโภคมากที่สุด

ตอนที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างน้ำคลอง น้ำจากชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ และน้ำประปา

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบระดับความขุ่นและค่า pH ระหว่างน้ำคลอง น้ำจากชุดกรองน้ำแบบอัตโนมัติ และน้ำประปา

ชนิดของน้ำ	น้ำคลอง	น้ำหลังกรอง	น้ำประปา
ลักษณะทางกายภาพ			
ระดับความขุ่น (NTU)	58.7	8.8	4.89
ค่า pH	6.2	6.7	7.2

โดยร้อยละระดับความขุ่นหลังการกรอง หาได้จาก

$$\frac{\text{ค่าเริ่มต้น(Input)} - \text{ค่าหลังการกรอง(Output)}}{\text{ค่าเริ่มต้น(Input)}} \times 100 \quad (1)$$

จะได้

$$\frac{58.7 - 8.8}{58.7} \times 100 = 85.01\% \quad (2)$$

และค่า pH ของน้ำก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.89 และหลังการบำบัดมีค่าเท่ากับ 6.7 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ pH 6.5 – 8.5 พบว่าน้ำหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วงดังกล่าว จึงถือว่ามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากขึ้น

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การจัดเรียงชั้นกรองจากวัสดุธรรมชาติในการทดลองครั้งนี้ เรียงลำดับจากชั้นบนลงล่าง ได้แก่ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ ซึ่งเป็นการจัดเรียงจากวัสดุที่มีความละเอียดไปสู่วัสดุที่มีความหยาบมากขึ้น โดยกากมะพร้าวและถ่านกัมมันต์สามารถช่วยดูดซับสารอินทรีย์และสิ่งสกปรกขนาดเล็กได้ดี ส่วนทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ช่วยกรองและรองรับสิ่งแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า ในการจัดเรียงวัสดุกรองไม่ได้พิจารณาเฉพาะ “ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค” เพียงอย่างเดียว แต่พิจารณาร่วมกับ “ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติในการกรอง” ของวัสดุด้วย โดยใยมะพร้าวแม้จะมีขนาดเส้นใยค่อนข้างใหญ่ แต่มีโครงสร้างเป็นเส้นใยหยาบและมีช่องว่างสูง ทำให้สามารถกักจับสิ่งสกปรกขนาดใหญ่และช่วยกระจายน้ำได้ดี

จึงถูกจัดไว้เป็นขั้นแรก ขณะที่ถ่านกัมมันต์และทรายซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าและมีพื้นที่ผิวสูง จะทำหน้าที่กรองและดูดซับสารปนเปื้อนขนาดเล็กในลำดับถัดไป และปิดท้ายด้วยกรวดซึ่งช่วยรองรับโครงสร้างและเพิ่มการไหลของน้ำ ส่งผลให้ระดับความขุ่นของน้ำลดลงและค่า pH มีแนวโน้มเข้าใกล้สภาวะเป็นกลางเนื่องจากวัสดุกรอง เช่น ถ่านกัมมันต์และกากมะพร้าวสามารถดูดซับสารอินทรีย์และสารที่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลให้ความไม่สมดุลของค่า pH ลดลงและน้ำมีความเสถียรมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zahur-Uz-Zaman et al. (2023) ที่กล่าวว่าวัสดุธรรมชาติสามารถใช้เป็นสื่อกรองเพื่อลดความขุ่นของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับ Compaoré et al. (2022) ที่พบว่าการจัดเรียงวัสดุกรองหลายชั้น คือ กากมะพร้าว ถ่านกัมมันต์ ทราย กรวดเล็ก และกรวดใหญ่ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกรองน้ำ และความหนาของวัสดุกรองเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกรองน้ำ โดยผลการทดลองพบว่า ความหนาของกากมะพร้าว 6 เซนติเมตร ถ่านกัมมันต์ 7 เซนติเมตร และทราย 6 เซนติเมตร สามารถช่วยลดระดับความขุ่นและปรับค่า pH ของน้ำได้ดีที่สุด เนื่องจากความหนาที่เหมาะสมช่วยเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสระหว่างน้ำกับสื่อกรอง ทำให้เกิดการดูดซับและการดักจับสิ่งสกปรกได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบระบบกรองน้ำที่ระบุว่าความหนาของวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการกรองมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสิ่งแขวนลอยและสารปนเปื้อนในน้ำ (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2014) และอัตราการไหลของน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการกรอง โดยจากการทดลองพบว่าช่องเปิดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้เหมาะสม ทำให้น้ำไหลผ่านชั้นกรองช้าลงและเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสกับสื่อกรอง ส่งผลให้สามารถลดระดับความขุ่นและปรับค่า pH ได้ดีกว่าขนาดช่องเปิดอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ระบุว่าอัตราการไหลของน้ำและขนาดช่องเปิดของสื่อกรอง (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่น้ำไหลผ่านการกรอง) มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการกรองน้ำ (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2014) การนำระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดค่าความขุ่นและค่า pH มาใช้ในชุดกรองน้ำ ช่วยให้สามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำและควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อค่าความขุ่นหรือค่า pH ไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ระบบจะทำการสูบน้ำกลับไปกรองซ้ำจนกว่าจะได้คุณภาพน้ำที่เหมาะสม แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำสมัยใหม่ (World Health Organization, 2011) จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่างน้ำคลองน้ำหลังการกรอง และน้ำประปา พบว่าน้ำหลังการกรองมีค่าความขุ่นและค่า pH ที่ดีกว่าน้ำคลองก่อนการกรอง และมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำประปา แสดงให้เห็นว่าชุดกรองน้ำที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติให้เหมาะสมต่อการอุปโภคได้ ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพน้ำสำหรับการอุปโภคที่แนะนำให้ค่า pH ของน้ำอยู่ในช่วงใกล้เคียงสภาวะเป็นกลาง (World Health Organization, 2011)

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ให้ความช่วยเหลือเอกสารวิชาการที่ใช้สำหรับการค้นคว้า ตลอดจนข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Compaoré, C. O. T., Maiga, Y., Ouili, A. S., Nikiema, M., & Ouattara, A. S. (2022). Purification potential of local media in the pre-treatment of greywater using vertical biofilters under Sahelian conditions. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 11(2), 117–131. <https://doi.org/10.4236/jacen.2022.112008>
- Metcalf & Eddy, Inc. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.714093>
- Spellman, F. R. (2013). *Handbook of water and wastewater treatment plant operations* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.4236/msce.2015.311008>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.715098>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *The United Nations world water development report 2017: Wastewater-The untapped resource*. UNESCO. <https://doi.org/10.18356/df181e6f-en>
- World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>
- Zakir Hossain, M., & Dishivam Das, S. (2023). *An investigation of the effectiveness of recycled coconut fiber and rice husk as filter media for wastewater treatment*. Khulna University of Engineering & Technology. <https://doi.org/10.56557/jogee/2023/v17i38189>

การพัฒนาแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจีเฟอร์ินในใบมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อช่วยยืดการเก็บรักษาผลไม้

Development of Biodegradable Films from Mangiferin Extracted from Nam Dok Mai Mango Leaves to Extend Fruit Shelf Life

เมธาพร ศรีสุข¹, อภิสรา สีท่ามี², โรจนศักดิ์ สุขเรือง³, มาโนชญ์ แสงศิริ^{4*}
Methaphorn Srisuk¹, Apisara Seethamdee², Rotchanasak Sukrueang³, Manoch Sangsiri^{4*}

¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

¹Phichit Pittayakom School, matarpornsisuk@gmail.com

²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

²Phichit Pittayakom School, apisaraammber@gmail.com

³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

³Phichit Pittayakom School, Ballrotchanasak.26@gmail.com

⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

⁴Phichit Pittayakom School, sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสารแมงจีเฟอร์ินที่สกัดจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้ และศึกษาประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ โดยสกัดสารแมงจีเฟอร์ินด้วยเอทานอลและวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 397 นาโนเมตร จากนั้นพัฒนาสูตรแผ่นฟิล์มจากแป้งและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม ก่อนนำมาผสมสารสกัดแมงจีเฟอร์ินที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ ได้แก่ 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 กรัมต่อมิลลิกรัม เพื่อเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพสำหรับการทดลอง แผ่นฟิล์มที่ได้ถูกทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ความยืดหยุ่น และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาสตอร์เบอร์รี่ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก การเกิดเชื้อรา และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นระยะเวลา 5 วัน และทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า แผ่นฟิล์มชีวภาพที่ผสมสารแมงจีเฟอร์ินสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของสตอร์เบอร์รี่ได้ดีกว่าชุดควบคุม และมีแนวโน้มยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเชื้อราได้ โดยแผ่นฟิล์มที่มีความเข้มข้นของสารแมงจีเฟอร์ิน 0.12 กรัมต่อมิลลิกรัมแสดงประสิทธิภาพดีที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์มชีวภาพจากสารแมงจีเฟอร์ินในใบมะม่วงน้ำดอกไม้มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้และเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: แผ่นฟิล์มชีวภาพ แมงจีเฟอร์ิน ใบมะม่วงน้ำดอกไม้ การยับยั้งจุลินทรีย์ การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้

Abstract

This research aimed to develop biodegradable films incorporating Mangiferin extracted from Nam Dok Mai mango leaves and to evaluate their effectiveness in extending fruit shelf life. Mangiferin was extracted from dried mango leaves using ethanol as the extraction solvent and quantified by measuring the absorbance at the maximum wavelength of 397 nm using UV-Visible spectrophotometry. Biodegradable films were prepared using starch as the primary polymer, and the most suitable formulation was selected before incorporating Mangiferin extract at five concentration levels: 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, and 0.12 grams per milliliter. The prepared films were evaluated for their physical properties, flexibility, and biodegradability. The effectiveness of the films in extending the shelf life of strawberries was assessed by monitoring changes in external appearance, fungal growth, and microbial development over a storage period of 5 days. All experiments were conducted in triplicate. The results showed that biodegradable films containing Mangiferin could delay the deterioration of strawberries compared with the control and showed potential to inhibit microbial and fungal growth. The film containing 0.12 grams per milliliter Mangiferin exhibited the highest effectiveness in extending fruit shelf life. These findings demonstrate that biodegradable films derived from Mangiferin extracted from Nam Dok Mai mango leaves have strong potential for development as environmentally friendly food packaging materials.

Keywords: Biodegradable Film, Mangiferin, Nam Dok Mai Mango Leaves, Microbial Inhibition, Fruit Shelf-Life Extension

1. บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกเป็นวิกฤตสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่ทวีความรุนแรงจากการผลิตและการบริโภคที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีปริมาณการผลิตสะสมมากกว่า 8,300 ล้านตัน แต่รีไซเคิลได้เพียงร้อยละ 9 ส่งผลให้เกิดการตกค้างในดิน แหล่งน้ำ และระบบนิเวศทางทะเล พลาสติกจากปิโตรเลียมมีระยะเวลาการย่อยสลายนานกว่า 400 ปี ก่อให้เกิดการสะสมระยะยาวและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างมีนัยสำคัญ (Geyer et al., 2017; Thirathumthavorn & Charoenrein, 2014) แม้จะถูกนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลายเพื่อป้องกันความชื้นและยืดอายุการเก็บรักษา แต่กลับเพิ่มภาระขยะในระยะยาว ขณะเดียวกัน การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ยังเป็นประเด็นสำคัญ โดยเฉพาะในเขตร้อน เนื่องจากกระบวนการหายใจ การคายน้ำ และการเจริญของจุลินทรีย์ ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาลดลงและคุณภาพลดลง (Kader, 2005) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติรายงานว่า การสูญเสียเกิดขึ้นในสัดส่วนสูงในกลุ่มผักและผลไม้สด (FAO, 2019) ฟิล์มชีวภาพจากวัสดุธรรมชาติ เช่น แป้งมันสำปะหลัง จึงเป็นทางเลือกที่ย่อยสลายได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดด้านสมบัติเชิงกลและการดูดความชื้น จำเป็นต้องเติมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะสมต่อการใช้งาน (Pan et al., 2014; Kumar et al., 2021)

ใบมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีแมงจิเฟอร์ินซึ่งเป็นสารโพลีฟีนอลที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ (Imran et al., 2017; Saleem et al., 2018) การวิเคราะห์ปริมาณแมงจิเฟอร์ินจำเป็นต้องใช้สารมาตรฐานเพื่อเพิ่มความถูกต้องและความแม่นยำของผลการวิเคราะห์ (Zou et al., 2014) งานวิจัยที่

ผ่านมารายงานว่า สารสกัดจากพืชสามารถเพิ่มสมบัติของแผ่นฟิล์มชีวภาพและยืดอายุอาหารได้ (Martins et al., 2020; Hallur, 2024) แต่ยังมีการศึกษาจำกัดเกี่ยวกับฟิล์มแบงก์ที่เติมสารแมงจีเฟอร์ินจากไบโมะม่วงน้ำดอกไม้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแบงก์มันสำปะหลังร่วมกับแมงจีเฟอร์ิน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ ซึ่งเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสกัดและหาปริมาณสารแมงจีเฟอร์ินจากไบโมะม่วงน้ำดอกไม้
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแบงก์มันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพที่เติมสารแมงจีเฟอร์ินในการยืดอายุการเก็บรักษาสตอร์ว์เบอร์รี่

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุ ไบโมะม่วงน้ำดอกไม้แห้งใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดสารสำคัญ แบงก์มันสำปะหลัง และกลีเซอรอล เอทานอล ความเข้มข้น 70% และน้ำกลั่น ใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดและเตรียมสารละลาย สตอร์ว์เบอร์รี่สดใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มชีวภาพ

เครื่องมือ ได้แก่ เครื่องชั่งดิจิทัล โกรกบด ตู้อบลมร้อน และเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer)

3.2 วิธีการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 เพื่อสกัดและหาปริมาณสารแมงจีเฟอร์ินจากไบโมะม่วงน้ำดอกไม้

ขั้นที่ 1 การสร้างกราฟสารมาตรฐานสารแมงจีเฟอร์ิน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานแมงจีเฟอร์ิน จำนวน 4 ความเข้มข้น ดังนี้ 0.006 กรัมต่อมิลลิลิตร, 0.008 กรัมต่อมิลลิลิตร, 0.010 กรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.012 กรัมต่อมิลลิลิตร
2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 395.9 – 405 นาโนเมตร พบว่าค่าสูงสุดการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 397 นาโนเมตร
3. บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 397 นาโนเมตร แล้วนำไปสร้างกราฟสารมาตรฐาน

ขั้นที่ 2 การสกัดสารแมงจีเฟอร์ินจากไบโมะม่วงน้ำดอกไม้ (Azmir et al., 2013)

1. เตรียมไบโมะม่วงน้ำดอกไม้ ล้างด้วยน้ำสะอาด และตากแห้งในที่ร่มจนแห้งสนิท
2. บดไบโมะม่วงแห้งให้เป็นผงด้วยโกรงบดยา
3. ชั่งผงไบโมะม่วง น้ำหนัก 0.04 กรัม, 0.06 กรัม, 0.08 กรัม, 0.10 กรัม และ 0.12 กรัม แล้วนำไปแช่ในเอทานอล 70 % ปริมาณ 100 มิลลิลิตร โดยเตรียมทั้งหมด 3 ซ้ำ
4. เขย่าสารละลายให้ผสมกันอย่างสม่ำเสมอ และหมักไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
5. กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง เก็บเฉพาะสารละลายส่วนใส
6. นำสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 397 นาโนเมตร
7. เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในภาชนะและเก็บไว้ในที่ที่บดแสง เพื่อใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทำแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจิเฟอร์ริน

ขั้นที่ 1 การทำแผ่นฟิล์มชีวภาพ

1. เตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังโดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังและน้ำกลั่น จำนวน 4 อัตราส่วน ได้แก่ 5 : 95, 10 : 90, 15 : 85 และ 20 : 80 โดยปริมาตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
2. ชั่งแป้งมันสำปะหลัง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร
3. เติมหีสเซอร์อล 3 มิลลิลิตร และกวนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
4. ลดอุณหภูมิลงที่ 50 องศาเซลเซียส เติมน้ำสารสกัดแมงจิเฟอร์รินในปริมาณ 10 มิลลิลิตร และกวนต่อระยะเวลา 10 นาที
5. ใช้ไซริงค์ดูดสารละลายฟิล์ม ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เทลงบนเพลทแก้วที่มีขนาดเท่ากันทุกชุดทดลอง
6. นำไปอบให้แห้งสนิทด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง
7. ลอกออกมาเป็นแผ่นฟิล์มชีวภาพและทำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ขั้นที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพที่เตรียมได้จากแป้งมันสำปะหลังเติมน้ำสารสกัดแมงจิเฟอร์รินจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยพิจารณา สี ความโปร่งใส ความเรียบของพื้นผิว และความสม่ำเสมอของเนื้อฟิล์ม ซึ่งทำการสังเกตด้วยสายตาและบันทึกผล การทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ แนวทางการประเมินดังกล่าวเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาสมบัติพื้นฐานของแผ่นฟิล์มชีวภาพ (Gontard et al., 1993; Sothornvit & Krochta, 2005)

1.1 การทดสอบความยืดหยุ่น (Elongation)

ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 2 เซนติเมตร × 2 เซนติเมตร วัดความยาวเริ่มต้น นำแผ่นฟิล์มแขวนกับเครื่องชั่งสปริงและเพิ่มแรงดึงจนฟิล์มขาด วัดความยาวสุดท้าย คุณสมบัตินี้มีความสำคัญต่อการใช้งานจริง เนื่องจากแผ่นฟิล์มที่มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นเหมาะสมจะไม่ฉีกขาดง่าย และสามารถนำไปใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพ (Gontard et al., 1993)

2. การศึกษาลักษณะทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

2.1 การทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ (Ahmed et al., 2021)

นำตัวอย่างแผ่นฟิล์มฝังลงในดินที่มีความชื้นเหมาะสม และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาล้าง ทำให้แห้ง และชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายตามสมการ

$$Biodegradation (\%) = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ W_0 = น้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์ม

W_t = น้ำหนักหลังการฝังดิน

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจิเฟอร์รินในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสตอร์ว์เบอร์รี่

1. การเตรียมตัวอย่างสตอร์ว์เบอร์รี่

คัดสตอร์ว์เบอร์รี่ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีรอยขีดตำ หรือเชื้อรา ทำความสะอาดล้างสตอร์ว์เบอร์รี่ด้วยน้ำสะอาดเตรียมตัวอย่างสตอร์ว์เบอร์รี่ จำนวน 21 ลูก สำหรับการทดลอง 3 ซ้ำต่อกลุ่ม

2. การแบ่งกลุ่มทดลอง

แบ่งตัวอย่างสตรอว์เบอร์รีออกเป็น 7 ชุดการทดลองโดยทำการทดลอง ชุดละ 3 ซ้ำ ได้แก่

การทดลองชุดที่ 1 : ไม่ห่อด้วยแผ่นฟิล์มชีวภาพ

การทดลองชุดที่ 2 : ห่อด้วยแผ่นฟิล์มถนอมอาหารทั่วไป

การทดลองชุดที่ 3 : ห่อด้วยฟิล์มที่มีสารสกัดแมงจิเฟอร์ิน 0.04 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่ 4 : ห่อด้วยฟิล์มที่มีสารสกัดแมงจิเฟอร์ิน 0.06 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่ 5 : ห่อด้วยฟิล์มที่มีสารสกัดแมงจิเฟอร์ิน 0.08 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่ 6 : ห่อด้วยฟิล์มที่เติมสารสกัดแมงจิเฟอร์ิน 0.10 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่ 7 : ห่อด้วยฟิล์มที่เติมสารสกัดแมงจิเฟอร์ิน 0.12 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

3.3 การห่อหุ้มและการเก็บรักษาตัวอย่าง

ห่อหุ้มสตรอว์เบอร์รีแต่ละชุดการทดลองด้วยแผ่นฟิล์มตามสูตรที่กำหนดให้มิดชิด เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 ± 2 องศาเซลเซียส) ในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ควบคุมสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา ให้เหมือนกันทุกชุดการทดลองและดำเนินการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง

3.4 การประเมินประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพการยืดอายุการเก็บรักษาสตรอว์เบอร์รี

3.4.1 การประเมินทางกายภาพและการเจริญของจุลินทรีย์บนสตรอว์เบอร์รี

ประเมินลักษณะทางกายภาพและการเจริญของจุลินทรีย์ของแผ่นฟิล์มชีวภาพ โดยการสังเกต ลักษณะทางกายภาพ คือ สี และการเกิดเชื้อรา บริเวณผิวผลสตรอว์เบอร์รี ทำการบันทึกจำนวนตัวอย่างที่พบการเจริญของเชื้อรา ระยะเวลาที่เริ่มตรวจพบเชื้อรา และลักษณะการกระจายตัวของเชื้อราในแต่ละวันตลอดช่วงการเก็บรักษา โดยดำเนินการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (Han, 2004) โดยชุดการทดลองที่สามารถชะลอการเกิดเชื้อราได้นานกว่าถือว่ามีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาสูงกว่า

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

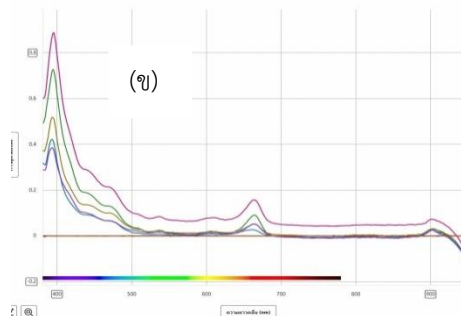
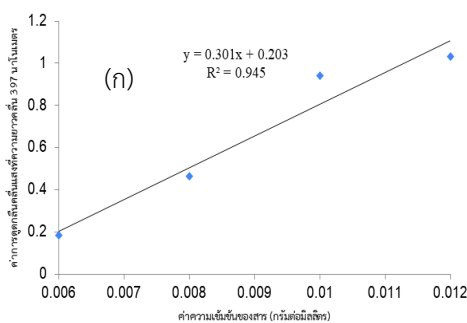
นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพแผ่นฟิล์มชีวภาพในแต่ละสูตร โดยนำเสนอผลในรูปแบบตารางและกราฟ เพื่อให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสตรอว์เบอร์รีระหว่างการเก็บรักษาอย่างชัดเจน (Gomez & Gomez, 1984)

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อศึกษาและสกัดแมงจิเฟอร์ินจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้

1. ผลการสร้างกราฟมาตรฐานแมงจิเฟอร์ิน

กราฟมาตรฐานของแมงจิเฟอร์ินแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแมงจิเฟอร์ิน (แกน X) และค่าการดูดกลืนแสง (แกน Y) โดยได้สมการเชิงเส้นคือ $y = 0.301x + 0.203$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $R^2 = 0.945$ ตามที่แสดงในภาพที่ 1 (ก) และกราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแมงจิเฟอร์ิน ดังภาพที่ 1 (ข)



ภาพที่ 1 (ก) กราฟสารมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน (ข) กราฟการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแมงจีเฟอร์ิน จากนั้นได้ทำการทดลองศึกษาปริมาณแมงจีเฟอร์ิน โดยการใช้ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแมงจีเฟอร์ิน และสารสกัดแมงจีเฟอร์ินจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารแมงจีเฟอร์ินที่สกัดได้จากใบมะม่วงน้ำดอกไม้





ความเข้มข้นของสารสกัด (g/ml)	ค่าการดูดกลืนแสง (Abs)	ปริมาณแมงจีเฟอร์ินในสารสกัด (g/ml)
0.04	0.355	0.505
0.06	0.387	0.611
0.08	0.493	0.963
0.10	0.702	1.658
0.12	0.871	2.219

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่า ความเข้มข้น 0.12 กรัมต่อมิลลิเมตรให้ปริมาณสารแมงจีเฟอร์ินสูงที่สุด เท่ากับ 2.219 กรัมต่อมิลลิเมตร ที่ค่าการดูดกลืนแสง 0.871 แสดงว่าเมื่อเพิ่มปริมาณใบมะม่วงในการสกัด ปริมาณสารสำคัญที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้น

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการทำแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจีเฟอร์ิน

ขั้นที่ 1 การทำแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนสำหรับการทำแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ลักษณะทางกายภาพ				
สูตร	5 : 95	10 : 90	15 : 85	20 : 80

จากตารางที่ 2 พบว่า แผ่นฟิล์มที่ได้มีคุณสมบัติความเหนียว ความสามารถในการขึ้นรูป ความสมบูรณ์ของแผ่นฟิล์มที่ได้ โดยสูตรที่มีปริมาณสารสกัดในระดับที่เหมาะสมให้คุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ดีที่สุดเรียงตามลักษณะฟิล์ม ความเหนียว ความสามารถในการขึ้นรูป และความสมบูรณ์ของแผ่นฟิล์ม ตามลำดับ คือ สูตรที่ 2 แป้งมันสำปะหลังต่อน้ำกลั่นในอัตราส่วน 10 : 90

ขั้นที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

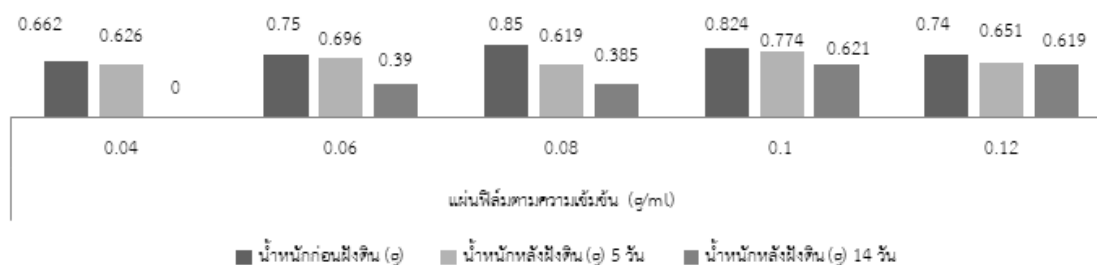
1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพ

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลลักษณะของกายภาพของแผ่นฟิล์ม

ครั้งที่	ลักษณะทางกายภาพ	แผ่นฟิล์มตามความเข้มข้น (g/ml)				
		0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
1	สี	ใส	ใส	ค่อนข้างใส	ค่อนข้างใส	ค่อนข้างใส
	ความเรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ
	การลอกออกจากแม่พิมพ์	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้
2	สี	ใส	ใส	ค่อนข้างใส	ค่อนข้างใส	ค่อนข้างใส
	ความเรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ
	การลอกออกจากแม่พิมพ์	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้
3	สี	ใส	ใส	ใส	ค่อนข้างใส	ค่อนข้างใส
	ความเรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ	เรียบ
	การลอกออกจากแม่พิมพ์	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้	ลอกได้

จากตารางที่ 3 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพที่เติมสารสกัดแมงกานีสในความเข้มข้นต่างกัน พบว่าแผ่นฟิล์มที่ความเข้มข้น 0.04–0.06 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความใสสูง ผิวเรียบ และเนื้อฟิล์มสม่ำเสมอทำให้ลอกได้ง่าย ความเข้มข้นเป็น 0.08–0.12 กรัมต่อมิลลิลิตร แผ่นฟิล์มมีสีเหลืองอ่อน ความโปร่งใสลดลงเล็กน้อย มีผิวเรียบและความสม่ำเสมอ

2. การย่อยสลายทางชีวภาพ



ภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการย่อยสลายของแผ่นฟิล์มชีวภาพ ในระยะเวลา 14 วัน

ตารางที่ 4 แสดงค่า Biodegradation (%)

ข้อมูล	แผ่นฟิล์มตามความเข้มข้น (g/ml)					\bar{x}	S.D.
	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12		
Biodegradation (%)	100	48	54.7	24.6	16.4	48.74	32.76

จากภาพที่ 2 และตารางที่ 4 พบว่า เมื่อฝังแผ่นฟิล์มชีวภาพขนาด 3 เซนติเมตร × 3 เซนติเมตร ในดินเป็นเวลา 5 วัน น้ำหนักของแผ่นฟิล์มลดลงในทุกความเข้มข้น แสดงถึงการย่อยสลายทางชีวภาพ โดยสูตรที่ 1 ความเข้มข้น 0.04 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสูงที่สุดประมาณ จึงสรุปได้ว่าสูตรดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายทางชีวภาพได้ดีที่สุด และสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

3. การทดสอบความยืดหยุ่น

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการทดสอบความยืดหยุ่น

ครั้งที่	แผ่นฟิล์มตามความเข้มข้น (g/ml)				
	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
1	2.5*	2.5*	2.5*	2.6*	2.5*
2	2.3	2.3	2.3*	2.4	2.4*
3	2.3*	2.3*	2.3*	2.4*	2.4*
$\bar{x} \pm S.D.$	2.4 \pm 0.1	2.4 \pm 0.1	2.4 \pm 0.1	2.5 \pm 0.1	2.4 \pm 0.1














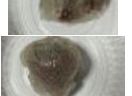
หมายเหตุ: * หมายถึง แผ่นฟิล์มเกิดการฉีกขาด (หน่วย คือ เซนติเมตร)

จากตารางที่ 5 พบว่า การศึกษาความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มชีวภาพในรูปเปอร์เซ็นต์การยืดตัว ณ จุดขาด โดยกำหนดให้ขนาดก่อนถ่วงคือ 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร ถ่วงที่น้ำหนัก 5 นิวตัน คือแผ่นฟิล์มที่เติมสารแมงจีเฟอรินมีค่าความเข้มข้น 0.10 และ 0.12 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความยืดหยุ่นสูงที่สุด

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มชีวภาพจากแมงจีเฟอรินในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสตอร์ว์เบอร์รี่

1. การประเมินคุณภาพทางกายภาพของสตอร์ว์เบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลลักษณะทางกายภาพและการเจริญของจุลินทรีย์บนสตอร์ว์เบอร์รี่ระหว่างการเก็บรักษา

การทดลอง	ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพ		ลักษณะทางกายภาพและการเจริญของจุลินทรีย์บนสตอร์ว์เบอร์รี่
	เริ่มการทดลอง (วันที่ 1)	สิ้นสุดการทดลอง (วันที่ 5)	
ชุดควบคุมทางบวก			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง และไม่ผ่านการห่อหุ้ม วันที่ 5 เนื้อนิ่ม สีคล้ำ และพบเชื้อราและจุลินทรีย์จำนวนมาก แสดงว่าเสื่อมสภาพเร็วที่สุด
ชุดควบคุมทางลบ			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง ฟิล์มพลาสติกแนบผิวได้ดี วันที่ 5 เนื้อนิ่ม สีคล้ำ และพบเชื้อราและจุลินทรีย์เล็กน้อยแสดงว่าสามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้ในระดับหนึ่ง
0.04 กรัมต่อมิลลิลิตร			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง เนื้อแน่น ไม่พบเชื้อรา ฟิล์มห่อหุ้มได้ดี วันที่ 5 สีคล้ำลง เนื้ออ่อนตัว พบเชื้อราและจุลินทรีย์บางส่วน มีความชื้นสะสม ทำให้เสื่อมสภาพระดับปานกลาง
0.06 กรัมต่อมิลลิลิตร			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง เนื้อแน่น ไม่พบเชื้อรา ฟิล์มห่อหุ้มได้ดี วันที่ 5 สีคล้ำ เนื้ออ่อนตัว พบเชื้อราและจุลินทรีย์หลายจุด มีความชื้นสะสม ทำให้เสื่อมสภาพระดับปานกลาง
0.08 กรัมต่อมิลลิลิตร			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง เนื้อแน่น ไม่พบเชื้อรา ฟิล์มห่อหุ้มได้ดี วันที่ 5 สีคล้ำ เนื้ออ่อนตัวมาก พบเชื้อราและจุลินทรีย์หลายบริเวณ มีความชื้นสะสม ทำให้เสื่อมสภาพระดับมาก
0.10 กรัมต่อมิลลิลิตร			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง ฟิล์มใสแบบมิดชิด วันที่ 5 เนื้อนิ่มและมีรอยช้ำเล็กน้อย ไม่พบเชื้อรา ฟิล์มยังคงสภาพ สามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้ดี
0.12 กรัมต่อมิลลิลิตร			วันที่ 1 สตอร์ว์เบอร์รี่สด สีแดง ฟิล์มใสแบบมิดชิด วันที่ 5 เนื้อนิ่ม สีคล้ำเล็กน้อย ไม่พบเชื้อรา ฟิล์มคงสภาพดี และชะลอการเสื่อมสภาพได้ดีที่สุด

จากตารางที่ 6 พบว่า สตอร์ว์เบอร์รี่ในชุดควบคุมเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเร็วที่สุด โดยพบรอยคล้ำ การนิ่ม และการเน่าเสียภายใน 5 วัน พร้อมทั้งเริ่มพบเชื้อราและจุลินทรีย์ตั้งแต่วันที่ 3 ขณะที่สตอร์ว์เบอร์รี่ที่ห่อด้วยฟิล์มสามารถชะลอการเสื่อมสภาพได้ดีกว่า โดยฟิล์มห่อทั่วไปเริ่มพบเชื้อในวันที่ 5 ส่วนฟิล์มชีวภาพความเข้มข้น 0.04–0.08 g/ml เริ่มพบเชื้อในช่วงวันที่ 4–5 ขณะที่ความเข้มข้น 0.10 และ 0.12 g/ml ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ตลอด 5 วัน โดยเฉพาะความเข้มข้น 0.12 g/ml มี

ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด และให้ผลสอดคล้องกันทั้ง 3 ครั้งของการทดลอง จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตแผ่นฟิล์มชีวภาพ (บาทต่อ 100 กรัม)

รายการ	แผ่นฟิล์มตามความเข้มข้น (g/ml)				
	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
ต้นทุนวัตถุดิบ	4.35	4.50	4.70	4.90	5.20
ค่าแรงงาน	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
ค่าใช้จ่ายอื่น	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
รวมต้นทุน (บาท)	35.35	35.50	35.70	35.90	36.20

หมายเหตุ: ราคาวัตถุดิบอ้างอิงจากตลาดท้องถิ่น ณ เดือนเมษายน พ.ศ. 2569 ค่าแรงงานคำนวณจากอัตราค่าแรงขั้นต่ำ และค่าใช้จ่ายอื่นรวมค่าพลังงานและค่าเสื่อมราคาเครื่องมือ

จากตารางที่ 7 พบว่าต้นทุนรวมของแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่าแรงงานยังคงเป็นองค์ประกอบหลักของต้นทุน จึงควรพิจารณาการลดระยะเวลาในการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐศาสตร์

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 การสกัดสารแมงจีโอเฟอริน พบว่า การสกัดด้วยเอทานอล 70% ความเข้มข้น 0.04–0.12 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถสกัดสารแมงจีโอเฟอรินได้และนำไปใช้เตรียมแผ่นฟิล์มชีวภาพ อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารที่สกัดได้ต่ำกว่าสารมาตรฐาน อาจเกิดจากประสิทธิภาพของกระบวนการสกัด ชนิดของตัวทำละลาย หรือสภาพวัตถุดิบ ซึ่งมีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่ตรวจพบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen et al. (2014) ที่รายงานว่าปัจจัยในการสกัดมีผลต่อปริมาณสารสำคัญที่ได้จากพืช

ตอนที่ 2 การเตรียมและคุณสมบัติฟิล์มชีวภาพ พบว่า อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำกลั่น 10 : 90 และการเติมกลีเซอรอล 3 มิลลิลิตร สามารถให้แผ่นฟิล์มที่เรียบ สม่ำเสมอ และมีความยืดหยุ่นเหมาะสม การเติมสารสกัดแมงจีโอเฟอรินมีผลต่อโครงสร้างและสมบัติของฟิล์ม จากงานวิจัยของ Thirathamthavorn & Charoenrein (2014) ที่รายงานว่าแป้งสามารถสร้างฟิล์มได้แต่มีความเปราะ และการเติมพลาสติไซเซอร์ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม Martins et al. (2020) ที่กล่าวถึงการใส่สารสกัดจากพืชเพื่อเพิ่มคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของฟิล์มชีวภาพ

ตอนที่ 3 ประสิทธิภาพการยืดอายุสตอร์วเบอร์รี่ พบว่า แผ่นฟิล์มชีวภาพที่เติมสารสกัดแมงจีโอเฟอริน 0.04–0.12 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพและการเกิดเชื้อราของสตอร์วเบอร์รี่ได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีแนวโน้มช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้มากขึ้น ซึ่งแสดงถึงฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และต้านออกซิเดชันของสารสกัดแมงจีโอเฟอริน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาสมบัติเชิงกลของฟิล์ม
2. ควรศึกษาการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม
3. ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับเอกสารวิชาการที่ใช้สำหรับการค้นคว้างาน ตลอดจนข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- สุธีรา ญาณะโส, อรัญญา จุติวิบูลย์สุข, ภูริต ธนะรังสฤษฎ์, และ กนกภรณ์ สวัสดิ์. (2566). การพัฒนาและตรวจสอบวิธีวิเคราะห์ปริมาณแมงจิเพอรินของสารสกัดใบมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยเทคนิค HPLC และ IR spectroscopy. *คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*. <https://has.hcu.ac.th/jspui/handle/123456789/3227>
- อิสยา จันทร์วิทยานุกิต, วิชาญ จันทร์วิทยานุกิต, สมหญิง งามอรเลิศ, สุวรรณนา เสมศรี, วรณศิริ เมฆศรีนวล, แพรทิพย์ พึ่งม่วง, ปัญจพร นิ่มมณี, สุมลรัตน์ ชูวงษ์วัฒน์, วชิรินทร์ รัชชีกาญจน์, และ พัชรี กัมมารเจษฎากุล. (2567). *การศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ของแมงจิเพอรินจากใบมะม่วงน้ำดอกไม้*. <https://has.hcu.ac.th/jspui/bitstream/123456789/2873/1/Antimicrobial-Activity-of-Mangiferin.pdf>
- Ahmed, J., Varshney, S. K., & Auras, R. (2021). Biodegradable packaging materials and their environmental impact. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01986>
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N.3d, & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *The state of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons. https://books.google.com/books?id=PVN7_XRhpduC
- Gontard, N., Guilbert, S., & Cuq, J. L. (1993). Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science*, 58(1), 206–211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x>
- Hallur, R. L. S. (2025). Preparation and characterization of mangiferin-loaded polylactic acid nanofiber mat with antioxidant and anti-browning properties for the development of food packaging products. *International Journal of Biological Macromolecules*, 285, 138266. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.138266>
- Han, J. H. (2005). *Innovations in food packaging*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-311632-1.X5000-7>

- Imran, M., Arshad, M. S., Butt, M. S., Kwon, J. H., Arshad, M. U., Sultan, M. T., & Ahmad, R. S. (2017). Mangiferin: A natural miracle bioactive compound against lifestyle related disorders. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 84. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0449-y>
- Kader, A. A. (2005). Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. *Acta Horticulturae*, 682, 2169–2176. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.296>
- Kumar, M., Sharma, B., & Lal, A. (2021). Biodegradable starch-based films: Preparation, properties, and application. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(7), 1875–1893. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02068-4>
- Martins, J. T., Cerqueira, M. A., & Vicente, A. A. (2020). Influence of phenolic compounds on the physicochemical and bioactive properties of biodegradable films. *Food Hydrocolloids*, 101, 105553. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105553>
- Pan, Y., Zhao, Y., & Hu, X. (2014). Preparation and characterization of starch-based antimicrobial films incorporated with plant extracts. *Carbohydrate Polymers*, 101, 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.033>
- Pranoto, Y., Rakshit, S. K., & Salokhe, V. M. (2005). Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate, and nisin. *LWT - Food Science and Technology*, 38(8), 859–865. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.014>
- Saleem, M., Kim, H. J., Ali, M. S., Lee, Y. S., & Kang, S. C. (2018). Mangiferin: A review of sources and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 582. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00582>
- Sothornvit, R., & Krochta, J. M. (2005). Plasticizers in edible films and coatings. In J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50055-3>
- Thirathumthavorn, D., & Charoenrein, S. (2014). Thermal and mechanical properties of biodegradable films from cassava starch. *Journal of Food Engineering*, 120(1), 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.07.027>
- Zou, T. B., Xia, E. Q., He, T. P., Huang, M. Y., Jia, Q., & Li, H. W. (2014). Ultrasound-assisted extraction of mangiferin from mango leaves using response surface methodology. *Molecules*, 19(2), 1411–1421. <https://doi.org/10.3390/molecules19021411>

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

Development of Rice Seasoning Powder (Furikake) from Dried Vegetable Fern

*(Diplazium esculentum (Retz.) Sw.)*คเชนพงษ์ สุ่มเจริญ¹, ภาณุวัฒน์ ปอสิงห์², พิชญภา หลวงแสนเชือก³, ณัชชา สิงห์วี⁴, โรจนศักดิ์ สุขเรือง⁵, มาโนชญ์ แสงศิริ^{6*}Kachanpong Somcharoen¹, Phanuwat Porsing², Phitchayapha Luangsaenchueak³, Natcha Singwee⁴,Rotchanasak Sukrueang⁵, Manoch Sangsiri^{6*}¹โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม¹Phichitpittayakom School, hotsun131@gmail.com²โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม²Phichitpittayakom School, phanuwat8581@gmail.com³โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม³Phichitpittayakom School, phitchayapha140651gam@gmail.com⁴โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁴Phichitpittayakom School, singweenatcha@gmail.com⁵โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁵Phichitpittayakom School, Ballrochanasak.26@gmail.com⁶โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม⁶Phichitpittayakom School, sangsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอ “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง” โดยแบ่งการค้นคว้าเป็น 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 เพื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดโดยใช้กระบวนการแปรรูป ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนและใยอาหารของผักกูดหลังผ่านกระบวนการแปรรูป และตอนที่ 4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนจำนวน 349 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง แบบสอบถามความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง ตอนที่ 1 พบว่า ผู้บริโภคเคยรับประทานผงโรยข้าวเป็นจำนวน 209 คน คิดเป็นร้อยละ 59.89 ส่วนใหญ่บริโภคทุกวัน (7 ครั้ง/สัปดาห์) เป็นจำนวน 117 คน คิดเป็นร้อยละ 33.52 รูปแบบของผงโรยข้าวที่ชื่นชอบเป็นแบบเกล็ดจำนวน 89 คน คิดเป็นร้อยละ 25.50 ส่วนใหญ่ให้เหตุผลที่เลือกรับประทานผงโรยข้าวในแต่ละครั้งพิจารณาจากรสชาติ 54 คน คิดเป็นร้อยละ 15.47 ตอนที่ 2 พบว่า สามารถนำผักกูดพันธุ์อาหุหนไปออกแบบและพัฒนาสูตรผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งได้ทั้ง 3 สูตร ตอนที่ 3 พบว่า ค่าโปรตีนในผักกูดอบแห้งมีปริมาณร้อยละ 16.04 และมีค่าใยอาหารร้อยละ 5.14 ตอนที่ 4 พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อยู่ในระดับปานกลาง แต่มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3

อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาตามค่าเฉลี่ยรวมในแต่ละสูตรจากมากไปหาน้อย พบว่าลำดับแรก คือ สูตรที่ 3 มีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63$ และ S.D. = 0.28) รองลงมา คือ สูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 สูตร จะใช้อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป และมีการใช้ส่วนผสมที่มีประโยชน์และส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความแปลกใหม่ และคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: ผักกูด ผงโรยข้าว การแปรรูป คุณค่าทางโภชนาการ

Abstract

This research presents the development of rice seasoning powder from dried vegetable fern (*Diplazium esculentum* (Retz.) Sw.). The study was divided into three phases. Phase 1 aimed to develop rice seasoning powder from vegetable fern using a food processing method. Phase 2 aimed to determine the protein and dietary fiber contents of the processed vegetable fern. Phase 3 aimed to investigate consumer interest and satisfaction toward the product. The sample group consisted of 349 students. The research instruments included dried vegetable fern rice seasoning powder, a consumer interest questionnaire, and a consumer satisfaction questionnaire. Data were statistically analyzed using mean values. The results of Phase 1 indicated that vegetable fern could be successfully developed into three formulations of rice seasoning powder. Phase 2 revealed that the dried vegetable fern contained 16.04% protein and 5.14% dietary fiber. In Phase 3, the consumer interest survey showed that 209 respondents (59.89%) had previously consumed rice seasoning powder, with most consuming it daily (7 times per week), accounting for 117 respondents (33.52%). The most preferred form was flake-type seasoning (25.50%), and taste was the primary factor influencing consumption decisions (15.47%). The consumer satisfaction evaluation indicated that formulations 1 and 2 received a moderate level of satisfaction, while formulation 3 achieved the highest level of satisfaction. Based on the overall mean scores, formulation 3 ranked first ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.28), followed by formulations 2 and 1, respectively. All three formulations used different ingredient ratios and incorporated beneficial ingredients to enhance nutritional value, with consideration given to product novelty and improved nutritional benefits.

Keywords: Vegetable fern, rice seasoning, processing, Nutritional Value

1. บทนำ

ปัจจุบันวิถีชีวิตของผู้คนมีความเร่งรีบมากขึ้น การเลือกรับประทานอาหารจึงมุ่งเน้นความสะดวก รวดเร็ว และใช้เวลาเตรียมน้อย อาหารสำเร็จรูป และเครื่องปรุงพร้อมใช้จึงมีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวัน หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม คือ ผงโรยข้าว เนื่องจากสามารถช่วยเพิ่มรสชาติ และความน่ารับประทานให้ข้าวธรรมดาได้ทันที ผงโรยข้าวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ส่วนใหญ่มักใช้วัตถุดิบจากเนื้อสัตว์ ปลาแห้ง จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่ใช้วัตถุดิบจากพืช เพื่อเพิ่มทางเลือกอาหารที่เหมาะสมต่อสุขภาพ และสอดคล้องกับแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน

ประเทศไทยมีความหลากหลายของพืชผักพื้นบ้านที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงจำนวนมาก แต่ยังไม่ถูกใช้บริโภคในเฉพาะท้องถิ่น และขาดการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบสมัยใหม่ ผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz.) Sw.) เป็นเฟิร์นกินได้ที่พบทั่วไปในพื้นที่ชุ่มน้ำของเขตร้อน ผักกูดมี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์อาหูน มีลักษณะยอดใหญ่อวบ สายพันธุ์ห้วยลำทับ มีลักษณะยอดสั้นกว่า ใบคลี่เร็ว ใบเล็ก ใบถี่ และสายพันธุ์คลองเขาคราม ซึ่งมีลักษณะยอดยาว ใบใหญ่ ก้านใบห่าง ซึ่งคณะผู้จัดทำได้เลือกผักกูดพันธุ์อาหูนมาทำผลิตภัณฑ์ โดยผักกูดนิยมบริโภคยอดอ่อนเนื่องจากมีรสชาติดีมัน กรอบ และรับประทานง่าย (Watanabe *et al.*, 2021) งานศึกษาพบว่าผักกูดมีสารในกลุ่มฟีนอลิก (Phenolics) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งสารพฤกษเคมีหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีโปรตีน และใยอาหารในปริมาณสูง (Sareen *et al.*, 2020) จึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป แต่ผักกูดสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น และเน่าเสียง่ายโดยเฉพาะในช่วงที่มีผลผลิตมากจะไม่สามารถบริโภคได้ทันทีทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหาร และมูลค่าทางเศรษฐกิจ การแปรรูปด้วยการอบแห้งเป็นวิธีสำคัญที่ช่วยลดความชื้น ยืดอายุการเก็บรักษา และคงคุณค่าทางอาหารของพืชผักไว้ อีกทั้งช่วยลดการสูญเสียผลผลิตทางเกษตร และขยะอาหาร (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013) และยังสามารถนำไปแปดเป็นผงเพื่อนำไปใช้ในอาหารสำเร็จรูปได้ การศึกษาของสุรวิธรรม และคณะ (2564) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการบริโภคในชีวิตประจำวัน และแสดงให้เห็นว่าการนำวัตถุดิบท้องถิ่นมาประยุกต์ในรูปแบบผงโรยข้าวสามารถตอบโจทย์ทั้งด้านโภชนาการ และการใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง โดยศึกษากระบวนการผลิต และสัดส่วนส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เพียงช่วยเพิ่มทางเลือกอาหารจากพืช แต่ยังช่วยส่งเสริมการบริโภคผักในชีวิตประจำวัน เพิ่มมูลค่าให้ผักพื้นบ้าน และสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง
- 2.2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งโดยใช้กระบวนการแปรรูป
- 2.3 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนและใยอาหารของผักกูดหลังผ่านกระบวนการแปรรูป
- 2.4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- 1.1.1. ประชากรในงานวิจัย คือ นักเรียนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมจำนวน 2,694 คน
- 1.1.2. การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากสูตร Yamane, Taro (1970)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

1.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.2.1 ผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้ง

1.2.2 แบบสอบถามความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้ง คือ ข้อมูลแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้บริโภค ประกอบด้วย เพศ อายุ และระดับชั้น

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตรายงานของรายวิชา ประกอบด้วย ประสบการณ์ในการบริโภคผลิตรายงานของรายวิชา ความถี่ในการทำผลิตรายงาน รูปแบบของผลิตรายงานที่ชอบ และเหตุผลที่รับประทานผลิตรายงานในแต่ละครั้ง

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้ง ประกอบด้วย ความสนใจในผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้งได้ผลิตรายงานจำหน่ายสู่ตลาดแล้ว และประเภทของบรรจุภัณฑ์

1.3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 ดำเนินการจัดทำการพัฒนาผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้ง โดยนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าแล้วขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาประกอบการดำเนินการ และปรับปรุงแก้ไขจนได้ผลิตรายงานที่สมบูรณ์

1.3.3 ดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้ง

1.3.4 นำเครื่องมือที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ของรายการสำรวจความพึงพอใจ เพื่อหาความสอดคล้องในด้านโครงสร้างความเที่ยงตรงในด้านเนื้อหา และความถูกต้องของการใช้ภาษา แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of item objectives congruence : IOC)

1.4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจความสนใจผ่านระบบออนไลน์ (Google Form) ก่อนนำไปพัฒนาผลิตรายงานของรายวิชาจากผักกูดอบแห้งจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 349 คน

1.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิเคราะห์ใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistic) ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Statistic) โดยใช้โปรแกรม Excel (ชาติรี, 2559) ได้แก่

1.5.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม, 2556)

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (2)$$

ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งโดยใช้กระบวนการแปรรูป

2.1. ขั้นตอนเตรียมการทดลองก่อนทำผงโรยข้าว

2.1.1 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการปลูกผักกูดและการทำผงโรยข้าว

2.1.2 ศึกษาวิธีปลูกผักกูดและพื้นที่ในการปลูก

2.1.3 ศึกษาค้นคว้าสูตรผงโรยข้าว

2.2. วิธีการดำเนินการเพาะปลูกผักกูด

2.2.1 ทำแปลงเพาะขนาด 1.65 x 1.8 เมตร สูง 1.55 เมตร

2.2.2 เตรียมต้นกล้าผักกูดและแปลงเพาะ

2.2.3 นำต้นกล้าผักกูดลงแปลงเพาะแล้วเติมดินลงไป

2.2.4 นำถุงเพาะไปไว้ในแปลงเพาะ

2.2.5 รดน้ำตอนเช้าปริมาณ 500 มิลลิลิตรต่อ 1 ถุงเพาะ เมื่อครบ 1 เดือน จึงนำลงแปลงปลูก

2.3. วิธีการดำเนินการปลูกผักกูด

2.3.1 นำผักกูดที่เพาะไว้เป็นเวลา 1 เดือน ลงแปลงปลูกขนาด 5.4 x 13.26 เมตร

2.3.2 ติดต่อกษณินพัฒนาที่ดินพิจิตร ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินในบาง

ประการสำหรับการปลูก

2.3.3 แบ่งการทดลองการปลูกผักกูด จำนวน 30 ต้น ได้สแลนสีเขียว 50%

2.3.4 รดน้ำตอนเช้า ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตรต่อต้นใน 1 วัน

2.4. วิธีการดำเนินการแปรรูปผักกูดเป็นผงโรยข้าว

2.4.1 เตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์ ได้แก่ ซ้อนตวง เครื่องชั่งดิจิตอล เครื่องปั่นอาหารไฟฟ้า ชามสำหรับผสม ไม้พายสำหรับผสม ถาดรอง วัตุดิบตอนอบ ผ้าขาวบาง ตู้อบลมร้อน ตะแกรงพัสดุวัตุดิบ ถุงซีลลือคขนาด 10x15 เซนติเมตร น้ำตาลมะพร้าว ไข่ไก่ งามขาว เกลือ สาหร่ายอบแห้ง และซองดูดความชื้น

2.4.2 ล้างผักกูดด้วยเบกกิ้งโซดาปริมาณ 7.5 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด หลาย ๆ รอบจนกว่าน้ำจะใส (สำนักงานอาหารและยา, 2567)

2.4.3 ทำให้สุกโดยการต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 95±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที (รัญธิญา, 2564)

2.4.4 นำผักกูดที่ต้มเสร็จแล้ว มาแช่น้ำเย็นลดอุณหภูมิเพื่อยุติการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งทำให้ผักเป็นสีน้ำตาล (Ijod *et al.*, 2017)

2.4.5 นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ผ่านกระบวนการทำแห้ง (Dehydration) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ และลดความชื้นให้เหลือ 50-60% (รัญธิญา, 2564)

$$\text{ปริมาณน้ำในยอดผักกูด (\%)} = (\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}) \times \frac{100}{\text{น้ำหนักสด}} \quad (3)$$

$$\text{น้ำหนักแห้งสุทธิ (\%)} = 100 - \text{ปริมาณน้ำในยอดผักกูด} \quad (4)$$

- 2.4.6 เมื่ออบเสร็จนำผักกูดไปแปรรูปเป็นผงละเอียด โดยใช้เครื่องปั่น ระยะเวลา 5-10 นาที ให้ละเอียดแล้วใช้กระชอนที่เจาะรูกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ร่อนความละเอียดจากส่วนที่ไม่ละเอียดออก
- 2.4.7 ต้มไข่ไก่ในน้ำเดือด เป็นเวลา 13 นาที เมื่อครบเวลา นำออกมาแล้วแยกไข่แดงและไข่ขาว
- 2.4.8 นำไข่แดงไปดัดให้พอเหมาะ ไม่ละเอียดจนเกินไป แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน
- 2.4.9 เมื่อคั่วไข่แดงจนแห้ง แล้วนำออกมาพักไว้
- 2.4.10 คั่วงาขาวในกระทะด้วยไฟอ่อนจนหอม และเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเข้ม แล้วจึงนำออกจากกระทะ
- 2.4.11 ผสมวัตถุดิบที่เตรียมไว้ทั้งหมดคลุกเคล้าให้เข้ากัน ศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบของผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง โดยใช้สูตรจากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำมาศึกษาสูตรที่เหมาะสมดังนี้ (นพรัตน์ และคณะ, 2563)

ตารางที่ 1 แสดงตารางสูตรผงโรยข้าวผักกูด (30 กรัม/ถุง)

วัตถุดิบ	สูตรที่ 1 (กรัม)	สูตรที่ 2 (กรัม)	สูตรที่ 3 (กรัม)
ผักกูดอบแห้ง	4.00	9.00	4.00
งาขาว	7.00	5.00	5.00
สาหร่ายอบแห้ง	3.00	2.00	1.00
ผงไข่แดง	14.00	10.00	18.00
เกลือ	1.00	1.00	1.00
น้ำตาลมะพร้าว	1.00	3.00	1.00

2.4.12 นำผงโรยข้าวบรรจุใส่ถุงซิปล็อค ขนาด 10x15 เซนติเมตร ปริมาณ 30 กรัม ใส่ช่องดูความชื้น แล้วซีลปิดให้เรียบร้อย

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนและใยอาหารของผักกูดหลังผ่านกระบวนการแปรรูป

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำผักกูดอบแห้งจากตอนที่ 1 น้ำหนัก 50 กรัม ส่งที่ศูนย์ส่งเสริมและตรวจสอบการผลิตตามมาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร รายการที่ตรวจวิเคราะห์ประกอบด้วย โปรตีน (Protein) และใยอาหารทั้งหมด (Crude fiber) โดยการตรวจวิเคราะห์โปรตีนใช้วิธี In-house method based on AOAC (2019) 981.10 และการตรวจวิเคราะห์ใยอาหารใช้วิธี In-house method based on AOAC (2019) 985.29

ตอนที่ 4 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1. ประชากรในงานวิจัย คือ นักเรียนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมจำนวน 2,694 คน

4.1.2. การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากสูตร Yamane, Taro (1970)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (5)$$

4.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

4.2.2 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง คือ ข้อมูลแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบถาม ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ และช่วงระดับชั้นที่กำลังศึกษา กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งทั้ง 3 สูตร โดยให้กลุ่มตัวอย่างประเมินรายการประเมินของผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งในแต่ละสูตร โดยไม่มีการรับประทาน เพียงประเมินลักษณะภายนอกเท่านั้น

ตอนที่ 2 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ รายการประเมิน 5 ข้อ (ศจี, 2551)

- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| 1. ความคิดสร้างสรรค์ | 2. รูปแบบผลิตภัณฑ์ | 3. รสชาติ |
| 4. เนื้อสัมผัส | 5. คุณค่าทางโภชนาการ | |

4.3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.3.2 ดำเนินการจัดทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง โดยนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าแล้วขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาประกอบการดำเนินการ และปรับปรุงแก้ไขจนได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

4.3.3 ดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง จำนวนรายการประเมิน 5 ข้อ (ศจี, 2551)

- | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|
| 1. ความคิดสร้างสรรค์ | 2. รูปแบบผลิตภัณฑ์ | 3. รสชาติ |
| 4. เนื้อสัมผัส | 5. คุณค่าทางโภชนาการ | |

4.3.4 นำเครื่องมือที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) ของรายการประเมินความพึงพอใจ เพื่อหาความสอดคล้องในด้านโครงสร้างความเที่ยงตรงในด้านเนื้อหา และความถูกต้องของการใช้ภาษา แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of item objectives congruence : IOC)

4.4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจผ่านระบบออนไลน์ (Google Form) หลังจากได้รับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 349 คน

การประเมินแบ่งระดับคะแนน ออกเป็น 5 ระดับ ให้คะแนนแต่ละข้อ จำแนกรายข้อในแบบสอบถาม ดังนี้ (บุญชม, 2556)

- | | |
|-----------------|---------------------|
| ระดับมากที่สุด | ให้มีค่าคะแนนเป็น 5 |
| ระดับมาก | ให้มีค่าคะแนนเป็น 4 |
| ระดับปานกลาง | ให้มีค่าคะแนนเป็น 3 |
| ระดับน้อย | ให้มีค่าคะแนนเป็น 2 |
| ระดับน้อยที่สุด | ให้มีค่าคะแนนเป็น 1 |

นำแบบสอบถามที่ลงคะแนนเรียบร้อยแล้วไปประมวลข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป พร้อมกำหนดเกณฑ์การให้ค่าเฉลี่ย ดังนี้ (บุญชม, 2556)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

4.5. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิเคราะห์ใช้สถิติพรรณนา (Discriptive Statistic) ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Statistic) โดยใช้โปรแกรม Excel (ชาติรี, 2559) ได้แก่

4.5.1 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม, 2556)

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (6)$$

4.5.2 ค่าเฉลี่ย (Arihmetic Mean) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม, 2556)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (7)$$

4.5.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยใช้สูตรดังนี้ (บุญชม, 2556)

$$S. D. = \sqrt{\frac{N(\sum x)^2 - (\sum x)^2}{N(N - 1)}} \quad (8)$$

4. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 เพื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

ตารางที่ 2 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of item objectives congruence : IOC) ที่ใช้ในการสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความเที่ยงตรงในเนื้อหาและเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในตอนต่อไป

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	\bar{x}
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	ประสบการณ์ในการบริโภคผงโรยข้าว	+1	+1	+1	3	1.00
2	ความถี่ในการบริโภคผงโรยข้าว	+1	+1	+1	3	1.00
3	รูปแบบผงโรยข้าวที่ชื่นชอบ	+1	+1	+1	3	1.00
4	เหตุผลที่รับประทานผงโรยข้าวในแต่ละครั้ง	+1	+1	+1	3	1.00
5	ความสนใจในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง ได้ผลิตออกจำหน่ายสู่ตลาดแล้ว	+1	+1	+1	3	1.00
6	ประเภทบรรจุภัณฑ์	+1	+1	+1	3	1.00
รวมทั้งสิ้น		6	6	6	18	1.00

ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งโดยใช้กระบวนการแปรรูป

ตารางที่ 3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของพืชที่ศึกษาแต่ละชนิด

ชนิดผัก	ปริมาณสารอาหาร (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)		แหล่งที่มา
	โปรตีน (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)	
ผักกูด	4.09	4.14	สถาบันวิจัยพหุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ม.ป.ป.)
คะน้า	2.7	0	สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2018)
กะหล่ำปลีสีม่วง	1.61	2.3	สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2018)
ดอกโสน	2.50	2.20	อรวัลย์ (2556)
ใบตำลึง	4.10	1.00	อรวัลย์ (2556)

เกณฑ์หารให้คะแนนคัดเลือกจากปริมาณสาร ได้แก่ โปรตีน และใยอาหาร

- 1) มีปริมาณสารอาหารมากที่สุด 10 คะแนน
- 2) มีปริมาณสารอาหารเป็นอันดับ 2 8 คะแนน
- 3) มีปริมาณสารอาหารเป็นอันดับ 3 6 คะแนน
- 4) มีปริมาณสารอาหารเป็นอันดับที่ 4 4 คะแนน
- 5) มีปริมาณสารอาหารเป็นอันดับน้อยที่สุด 2 คะแนน

ตารางที่ 4 แสดงการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของพืชแต่ละชนิดตามเกณฑ์ที่กำหนด

ชนิดผัก	เกณฑ์การให้คะแนน		คะแนนรวม
	โปรตีน	ใยอาหาร	
ผักกูด	10	10	20
คะน้า	6	2	8
กะหล่ำปลีสีม่วง	2	8	10
ดอกโสน	4	6	10
ใบตำลึง	8	4	12



ภาพที่ 1 แสดงแปลงเพาะปลูกผักกูด



ภาพที่ 2 แสดงการแปรรูปผักกูดด้วยวิธีการอบแห้ง



ภาพที่ 3 แสดงการปั่นผักกูดอบแห้งให้เป็นผง



ภาพที่ 4 แสดงขณะทำผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณสารสกัดจากผักกูดและ % yield ของสารสกัดจากผักกูด

ชนิดพืช	น้ำหนักผักกูดสด (กรัม)	น้ำหนักผักกูดอบแห้ง (กรัม)	% Yield (%)
ผักกูด	1,850	119	6.43

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งในแต่ละสูตร

สูตรที่	ลักษณะของผงโรยข้าวผักกูดอบแห้ง		
	ผลิตภัณฑ์	อธิบายลักษณะทางกายภาพ	น้ำหนัก (กรัม/ชิ้น)
1		มีลักษณะเป็นสารเนื้อผสมชนิดผงละเอียด มีสีเขียว สีขาว และสีเหลืองกระจายตัวปะปนกันอย่างสม่ำเสมอ มีกลิ่นโดยรวมคล้ายผักอบแห้ง และมีลักษณะเนื้อผงแห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน	30
2		มีลักษณะเป็นสารเนื้อผสม ชนิดผงละเอียด มีสีเขียวเป็นส่วนใหญ่ มีผงสีขาว และสีเหลืองกระจายตัว มีกลิ่นโดยทั่วไปเป็นกลิ่นของผักอบแห้งค่อนข้างชัดเจน และมีลักษณะเนื้อผงแห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน	30
3		มีลักษณะเป็นสารเนื้อผสม ชนิดผงละเอียด มีสีเหลืองเป็นส่วนใหญ่ มีผงสีขาว และสีเขียวกระจายตัว มีกลิ่นของไข่ชัดเจน และมีลักษณะเนื้อผงแห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน	30

ตอนที่ 2 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผักกูดหลังผ่านกระบวนการแปรรูป



ภาพที่ 5 แสดงผักกูดอบแห้งที่ส่งทดสอบค่าโปรตีนและใยอาหาร

ผลการนำผักกูดอบแห้ง น้ำหนัก 50 กรัม ส่งทดสอบค่าโปรตีน และใยอาหาร ได้ผลตามตารางนี้

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบค่าโปรตีนและใยอาหารของผักกูดอบแห้ง น้ำหนัก 50 กรัม

ลำดับ	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	วิธีทดสอบอ้างอิง
1	Protein	16.04	%	In-house method based on AOAC (2019) 981.10
2	Crude fiber	5.14	%	In-house method based on AOAC (2019) 985.29

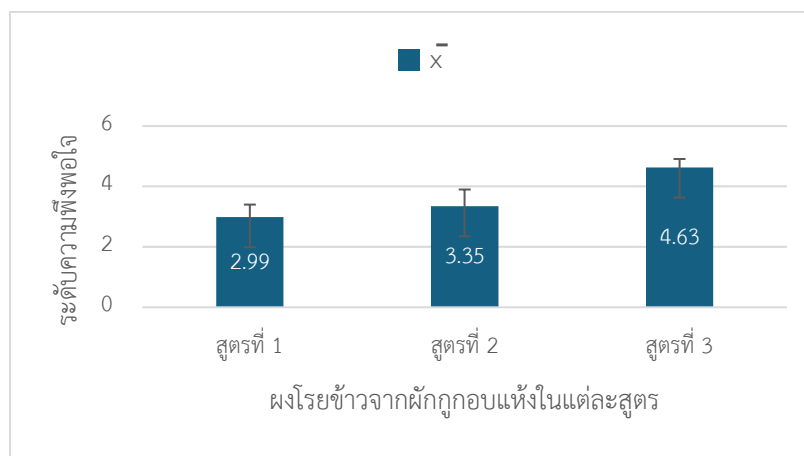
ตอนที่ 3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง

ตารางที่ 8 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (Index of item objectives congruence : IOC) ที่ใช้ในการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความเที่ยงตรงในเนื้อหาและเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในตอนี่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	\bar{X}
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	ความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1.00
2	รูปแบบผลิตภัณฑ์	+1	+1	+1	3	1.00
3	รสชาติ	+1	+1	+1	3	1.00
4	เนื้อสัมผัส	+1	+1	+1	3	1.00
5	คุณค่าทางโภชนาการ	+1	+1	+1	3	1.00
รวมทั้งสิ้น		5	5	5	15	1.00

ตารางที่ 9 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคในแต่ละสูตร โดยพิจารณาคะแนนความพึงพอใจโดยเฉลี่ย พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด ทั้งนี้แต่ละสูตรมีระดับความพึงพอใจแตกต่างกันตามลักษณะ ด้านความคิดสร้างสรรค์ รูปแบบผลิตภัณฑ์ รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ

สูตรที่	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	2.99	0.41	ปานกลาง
2	3.35	0.55	ปานกลาง
3	4.63	0.28	มากที่สุด



ภาพที่ 6 แสดงแผนภาพระดับความพึงพอใจของผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งแต่ละสูตรและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 เพื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง พบว่า จากผู้เข้าร่วมทำแบบสำรวจจำนวน 349 คน เมื่อสำรวจความสนใจของผู้บริโภค พบว่า ส่วนใหญ่จำนวน 209 คนเคยรับประทานผงโรยข้าว คิดเป็นร้อยละ 59.89 โดยรับประทานทุกวัน (7 ครั้ง/สัปดาห์) คิดเป็นร้อยละ 33.52 2-6 ครั้ง/สัปดาห์ 48 คน คิดเป็นร้อยละ 13.75 สัปดาห์ละครั้ง 41 คน คิดเป็นร้อยละ 11.75 น้อยกว่า 1 ครั้ง/เดือน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.43 และอื่น ๆ เช่น เคยบริโภค 1-2 ครั้ง ในชีวิต 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.57 ด้านรูปแบบของผงโรยข้าวที่ชื่นชอบ แบบเกล็ดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 25.50 รองลงมาเป็นแบบผงหยาบ ร้อยละ 22.35 แบบผงละเอียดและอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 14.61 และ 0.00 ตามลำดับ ส่วนมากเหตุผลที่รับประทาน คือ รสชาติ คิดเป็นร้อยละ 15.47 รองลงมา คือ รับประทานสะดวก ความนิยม ตามโอกาสและเทศกาล ความหิว เก็บรักษาได้นาน ชอบรับประทาน มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รักษา-บรรเทาโรค และติดเป็นนิสัย คิดเป็นร้อยละ 8.31, 6.30, 6.02, 5.16, 4.58, 2.87, 0.86, 0.29 และ 0.00 ตามลำดับ จากข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้ง ความสนใจในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักกูดอบแห้งได้ผลดีออกจำหน่ายสู่ตลาดแล้ว จำแนกเป็นมากที่สุด จำนวน 69 คน คิดเป็นร้อยละ 19.77 มาก จำนวน 136 คน คิดเป็นร้อยละ 38.97 ปานกลาง 117 คน คิดเป็นร้อยละ 33.52 น้อย จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 6.30 และ น้อยที่สุดจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 1.43 และประเภทของบรรจุภัณฑ์ จำแนกเป็น ซองพลาสติกใส 96 คน คิดเป็นร้อยละ

27.51 ของอะลูมิเนียมฟอยล์ จำนวน 170 คน คิดเป็นร้อยละ 48.71 กระทบพลาสติกทรงกระบอก จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 23.21 และอื่น ๆ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.57 ซึ่งข้อความสอดคล้องกับงานวิจัยของวรางคณา (2560) จากการสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคผงดองโรยขาว และความต้องการของผู้บริโภค สามารถสร้างแนวคิดผลิตภัณฑ์ผงดองโรยขาวจากผักกูดอบแห้งได้

ตอนที่ 2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงดองโรยขาวจากผักกูดอบแห้งโดยใช้กระบวนการแปรรูป พบว่า การอบแห้งเริ่มจากกระบวนการอบแห้ง โดยเลือกใช้ผักกูดพันธุ์อาหุณ นำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ และมีความชื้นคงเหลือประมาณร้อยละ 50-60 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัญธิญา (2564) ที่อบแห้งผักกูดด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ทั้งผักกูดยังมีคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญ โดยอุณหภูมิด้วยสารฟอกขาวเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และต้านจุลชีพ ซึ่งมีส่วนช่วยลดความเครียด (Oxidation) ออกซิเดชัน และยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ สารสกัดจากผักกูดยังสามารถด้านแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Raina et al. (2023) จากนั้นนำผักกูดอบแห้งมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผงดองโรยขาวจำนวน 3 สูตร โดยแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันที่อัตราส่วนของส่วนผสม ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน สูตรที่ 1 มีอัตราส่วนของงาขาวมากที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนและมีกลิ่นหอมของงา สูตรที่ 2 มีอัตราส่วนของผงดองโรยขาวมากที่สุด ส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นและมีกลิ่นเฉพาะของผักกูดเด่นชัด ส่วนสูตรที่ 3 มีอัตราส่วนของผงดองโรยขาวมากที่สุด ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองมากกว่าสูตรอื่น แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของอัตราส่วนส่วนผสมมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการทำผงดองโรยขาวจะเริ่มเมื่ออบผักกูดเสร็จ นำผักกูดไปบดโดยการปั่น ระยะเวลา 5-10 นาที แล้วใช้กระชอนที่เจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ร่อนความละเอียดจากส่วนที่ไม่ละเอียดออก หลังจากนั้นพักไว้ ก่อนไปต้มไข่ไก่ในน้ำเดือด เป็นเวลา 13 นาที เมื่อครบเวลานำออกมาแล้วแยกไข่แดงและไข่ขาว นำไข่แดงไปบดให้พอเหมาะ ไม่ละเอียดจนเกินไปโดยยังเห็นเป็นลักษณะไข่แดงชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 0.5-1 เซนติเมตร แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน เมื่อคั่วไข่แดงจนแห้งแล้วนำออกมาพักไว้ คั่วงาขาวในกระทะด้วยไฟอ่อนจนหอม และเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเข้ม แล้วจึงนำออกจากกระทะ ผสมวัตถุดิบที่เตรียมไว้ทั้งหมดคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากศึกษาสูตรผลิตภัณฑ์ต้นแบบของผงดองโรยขาวจากผักกูดอบแห้ง โดยใช้สูตรจากงานวิจัยของ นพรัตน์ และคณะ (2563)

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนและใยอาหารของผักกูดหลังผ่านกระบวนการแปรรูป พบว่า ปริมาณโปรตีน และใยอาหาร มีค่าต่ำกว่างานวิจัยของ Sareen et al. (2020) ที่ได้โปรตีน 25.39 กรัม/ผักกูด 100 กรัม เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ร้อยละ 25.39 และใยอาหาร 38.32 กรัม/ผักกูด 100 กรัม เมื่อคิดเป็นร้อยละ ได้ร้อยละ 38.32 ความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุจากปัจจัยหลายประการจากงานวิจัยของ Sun (2005) ได้แก่ ดันกล้ำ สภาพความสด ความชื้น ความชื้น การเก็บรักษา และวิธีการตรวจโปรตีนและใยอาหาร

ตอนที่ 4 เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ผงดองโรยขาวจากผักกูดอบแห้ง พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อยู่ในระดับปานกลาง แต่มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาตามค่าเฉลี่ยรวมในแต่ละสูตรจากมากไปหาน้อย พบว่า ลำดับแรก คือ สูตรที่ 3 มีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63$ และ S.D. = 0.28) รองลงมา คือ สูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ ซึ่งหลักการที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องคำนึงถึงความต้องการ ความแปลกใหม่และคุณค่าทางโภชนาการที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการประเมินระดับความพึงพอใจสอดคล้องกับงานวิจัยของศจี (2551) และได้ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถเก็บรักษาได้นาน เพื่อความสะดวก และเพิ่มอายุการวางจำหน่าย
2. บรรจุภัณฑ์ควรมีความมิดชิดและได้มาตรฐาน เพื่อรักษาคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์
3. ควรออกแบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบฟังก์ชันให้สามารถรับประทานได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคมให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับเอกสารวิชาการที่ใช้สำหรับการค้นคว้างาน ตลอดจนข้อเสนอแนะ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

- ชาติรี มูลชาติ. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานโดยอาศัยสื่อ eDLTV รายวิชาคอมพิวเตอร์และสารสนเทศเพื่อ
งานอาชีพ [วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. สืบค้นจาก
<https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2559/118093/abstract.pdf>
- นพรัตน์ มะเห, ดลฤดี พิชัยรัตน์, และ นัฏฐา คชนทร์ภักดี. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกคาเกะ) จากปลาผสมหนัง
ปลากระพงขาวทอดกรอบ. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 49(1), 30-39. สืบค้นจาก
<https://www.repository.muts.ac.th/bitstream/handle/123456789/3830/FullText.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 9). สุวีริยาสาส์น.
- รัฐธิญา เอียดเอก, อรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ์, และ พุกฤษ์ ชูติมานุกูล (2565) ผลของการพรางแสงและการใส่ปุ๋ยต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของผักกูด. เกษตร, 50(1), 164-173. สืบค้นจาก <https://li01.tcithaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/249646>
- รัฐธิญา เอียดเอก. (2564). การจัดการระบบการผลิตผักกูดเพื่อการค้า [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
สืบค้นจาก https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2020/TU_2020_6209034609_13941_15970.pdf
- วรางคณา สกชัยเจริญพร. (2560). การสร้างแนวความคิดผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากผักเชียงดาอบแห้งของวิสาหกิจชุมชนสันมหาพน
สมุนไพรอินทรีย์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นจาก <https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:160656>
- สถาบันวิจัยพหุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (ม.ป.ป.). ผักกูด: คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์. สืบค้นจาก
<https://mdri.cmu.ac.th/article.php?type=research&id=11>
- สำนักคณะกรรมการอาหารและยา. (2567). 3 วิธีล้างผัก เพื่อลดสารเคมีตกค้าง. สืบค้นจาก https://oryor.com/media/infoGraphic/media_printing/2193
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2018). กะหล่ำปลี, สีม่วง (Cabbage, red). สืบค้นจาก
<https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?fid=04020>

- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2018). *ผักคะน้า (Chinese kale)*. สืบค้นจาก <https://thaifcd.anamai.moph.go.th/nss/view.php?flD=04111>
- ศจี สุวรรณศรี. (2551). หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์. *เกษตรศาสตร์*, 51(2), 13.
- สุริวรรณ ราชสม, ณัฐวภา สีลำ, และ สุทธิดา ทากอนแก้ว. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสและผงโรยข้าวจากถั่วเหลืองหมักที่บ้าน. *วารสารวิจัยมทร.พระนคร*, 14(2), 173–184. สืบค้นจาก <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RMUTP/article/view/240893>
- อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์. (2556). *ผักแผ่นจากผักพื้นบ้าน แหล่งแคลเซียมใกล้ตัว*. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. สืบค้นจาก https://ird.rmutt.ac.th/?wpfb_dl=519
- Bhuvnesh, S., Bhattacharya, A., & Srivatsan, V. (2021). Nutritional characterization and chemical composition of *Diplazium maximum* (D. Don) C. Chr. *Journal of Food Science and Technology*, 58(3), 844–854. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7884525/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). The state of food and agriculture 2013. Retrieved from <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210473125>
- Ijod, G., Nawawi, N. I. M., Sulaiman, R., Adzahan, N. M., Anwar, F., & Azman, E. M. (2024). Blanching-induced changes in polyphenol oxidase, antioxidants and phenolic profile of mangosteen pericarp. *Food Technology and Biotechnology*, 62(4), 465–479. Retrieved from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11740744/>
- Raina, K., Chaudhary, A., Sharma, P., Sharma, R., Bhardwaj, K., Kumar, P., Kabra, A., Thakur, S., Chaudhary, A., Prajapati, M., Prajapati, P. K., Singla, R. K., & Sharma, R. (2023). (2023). Phytochemical profiling and biological activities of *Diplazium esculentum* (Retz.) Sw.: An edible vegetable fern. *Drug Metabolism and Personalized Therapy*, 38(4), 309–322. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37535427/>
- Sareen, B., Bhattacharya, A., & Srivatsan, V. (2020). Nutritional characterization and chemical composition of *Diplazium maximum* (D. Don) C. Chr. *Journal of Food Science and Technology*, 58(3), 844–854. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7884525/>
- Sun, X. S. (2005). *Bio-Based Polymers and Composites*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/monograph/abs/pii/B9780127639529500101?via%3Dihub>
- Watanabe, M., Miyashita, T., & Devkota, H. P. (2021). *Phenolic compounds and ecdysteroids of Diplazium esculentum* (Retz.) Sw. (Athyriaceae) from Japan and their chemotaxonomic significance. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305197820304518>
- Yamane, T. (1970). *Statistic : an Introductory Analysis*. 2nd ed. New York : Harper & Row.

การพัฒนาและศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย
(SCAR Model) เพื่อสร้างเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี

Development and Evaluation of the SCAR Instructional Model Integrating Science and
Thai Language to Enhance Critical Thinking Skills and Rhetorical Communication
for Grade 9 Students at Lampang Kanlayanee School

เบญจมาศ นวลอนงค์^{1*}, กาญจนา ตีะวงศ์ษา², จานทองบุญ กลมมา³, อัจฉรา ชื่นใจ⁴
Benjmaas Nuananong^{1*}, Kanjana Tawongsa², Jarnthongboon Klomma³, Achara Chuenjai⁴

¹โรงเรียนลำปางกัลยาณี อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

¹Lampang Kanlayanee School, Mueang Lampang, Lampang, Nuananong118@gmail.com

²โรงเรียนลำปางกัลยาณี อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

²Lampang Kanlayanee School, Mueang Lampang, Lampang

²โรงเรียนลำปางกัลยาณี อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

³Lampang Kanlayanee School, Mueang Lampang, Lampang

⁴โรงเรียนลำปางกัลยาณี อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

⁴Lampang Kanlayanee School, Mueang Lampang, Lampang

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ก่อนและหลังเรียน และเพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี จำนวน 40 คน ได้มาโดยการสุ่ม แบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ SCAR Model ชุดสื่อการเรียนรู้ แบบวัดทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ และแบบประเมินทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (t-test) ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์สถานการณ์ (S) 2) การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) 3) การโต้แย้งด้วยหลักฐาน (A) 4) การใช้วาทีศิลป์พร้อมการสะท้อนคิด (R) โดยผลการหาประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 82.5/82.5 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะการใช้ภาษาเพื่อการโน้มน้าวใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้บูรณาการ การคิดเชิงวิพากษ์ วาทีศิลป์การสื่อสาร

Abstract

This study aimed to develop and examine the efficiency of an integrated learning management model combining science and Thai language, known as the SCAR Model. The objectives were to compare students' critical thinking skills and rhetorical communication skills before and after the implementation of the model. The sample consisted of 40 Grade 9 students from Lampang Kanlayanee School, selected through cluster random sampling. The research instruments included SCAR Model-based lesson plans, instructional media packages, a critical thinking skills test, and a rhetorical communication skills assessment form. The statistical methods used for data analysis were mean (\bar{x}), standard deviation (S.D.), and dependent samples t-test. The findings revealed that the developed SCAR Model consisted of four stages: 1) Situation Analysis (S), 2) Claim Formulation (C), 3) Argumentation with Evidence (A), and 4) Rhetoric and Reflection (R). The efficiency of the model was 82.5/82.5, which exceeded the established criterion. The students' critical thinking skills after learning through the SCAR Model were significantly higher than before at the .05 level. Similarly, their rhetorical communication skills after the intervention were significantly higher than before at the .05 level. Additionally, students demonstrated the ability to effectively integrate scientific knowledge with persuasive language skills.

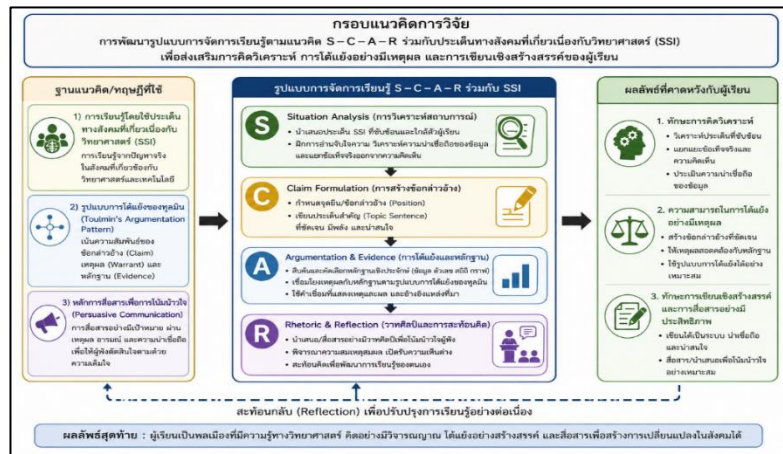
Keywords: Integrated Learning Management, Critical Thinking, Rhetorical Communication Skills

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันที่สังคมขับเคลื่อนด้วยฐานข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างฉับพลัน ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) และการสื่อสาร (Communication) ได้ถูกระบุว่าเป็นสมรรถนะหลักที่สำคัญที่สุดในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) โดยเฉพาะการรู้เท่าทันสื่อและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม รายงานจากสภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum) ระบุว่าปัญหาการสื่อสารที่ขาดการไตร่ตรองและข้อมูลที่บิดเบือนกำลังเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาสังคม การจัดการศึกษาจึงต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะความจริงเชิงประจักษ์ควบคู่ไปกับศิลปะในการถ่ายทอดอย่างมีเหตุผล

สำหรับบริบทประเทศไทย หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะด้านการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน, 2567) สะท้อนว่านักเรียนยังมีความสามารถด้านการอ่านเชิงวิเคราะห์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ต้องปรับปรุง ซึ่งส่งผลต่อทักษะการโต้แย้งและการนำเสนอข้อมูล ขณะเดียวกันจากการศึกษาสภาพจริงในโรงเรียนลำปางกัลยาณี พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านการเขียนและการวิเคราะห์ข้อมูลเฉลี่ยเพียงร้อยละ 57.69 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยแม้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้ แต่ยังคงขาดทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในการแยกแยะข้อเท็จจริงกับความเชื่อ และขาดวาทศิลป์ในการสื่อสาร ทำให้การเขียนและการนำเสนอขาดความน่าเชื่อถือและพลังในการโน้มน้าวใจ

ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุสำคัญมาจากนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผลของวิทยาศาสตร์เข้ากับทักษะด้านการเขียนและการพูดโน้มน้าวใจได้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) เป็นนวัตกรรมที่เข้ามาช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านการคิดวิเคราะห์ การเขียน และการพูดให้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมทั้งเสริมสร้างให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี พัฒนาไปสู่การเป็นผู้สื่อสารที่มีวิจารณญาณและมีวาทีศิลป์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของเยาวชนในการขับเคลื่อนสังคมไทยในอนาคต จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่นำมาสังเคราะห์ตามกรอบแนวคิดดังภาพ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ตารางที่ 1 ตารางสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีการวิจัย

กระบวนการ (S-C-A-R)	รายละเอียดกิจกรรมในกรอบแนวคิด	ฐานแนวคิด / ทฤษฎีที่รองรับ	นักการศึกษา / นักทฤษฎีหลัก	ผลลัพธ์คาดหวังที่เชื่อมโยง (Expected Outcomes)
S - Situation Analysis (การวิเคราะห์สถานการณ์)	- นำเสนอประเด็น SSI ที่ซับซ้อนและใกล้ตัว - ฝึกการอ่านจับใจความ วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ และแยกข้อเท็จจริงออกจากความคิดเห็น	- Socio-Scientific Issues (SSI) - Context-Based Learning - Critical Thinking Theory	- Sadler (2004) - Zeidler & Nichols (2009) - Facione (1990)	1. ทักษะการคิดวิเคราะห์ - วิเคราะห์ประเด็นที่ซับซ้อน - แยกแยะข้อเท็จจริงและความคิดเห็น - ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล
C - Claim Formulation (การสร้างข้อกล่าวอ้าง)	- กำหนดจุดยืน/ข้อกล่าวอ้าง (Position) - เขียนประเด็นสำคัญ (Topic Sentence) ที่ชัดเจน มีพลัง และน่าสนใจ	- Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) - Bloom's Taxonomy (ขั้นวิเคราะห์และประเมินค่า)	- Stephen Toulmin (1958) - Anderson & Krathwohl (2001)	2. ความสามารถในการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล - สร้างข้อกล่าวอ้างที่ชัดเจน (เชื่อมโยงสู่ทักษะ การเขียน และการคิดวิเคราะห์)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กระบวนการ (S-C-A-R)	รายละเอียดกิจกรรมในรอบแนวคิด	ฐานแนวคิด / ทฤษฎีที่รองรับ	นักการศึกษา / นักทฤษฎีหลัก	ผลลัพธ์คาดหวังที่เชื่อมโยง (Expected Outcomes)
A - Argumentation & Evidence (การโต้แย้งและหลักฐาน)	- สืบค้นและคัดเลือกหลักฐานเชิงประจักษ์ (ข้อมูล ตัวเลข สถิติ กราฟ) - เชื่อมโยงเหตุผลกับหลักฐานตามรูปแบบของทูลมิน - ใช้คำเชื่อมแสดงเหตุผลและอ้างอิงแหล่งที่มา	- Toulmin's Argumentation Pattern (TAP) ในบริบทวิทยาศาสตร์ - Social Constructivism (การสร้างความรู้ผ่านการปฏิสัมพันธ์)	- Erduran, Simon, & Osborne (2004) - Vygotsky (1978)	2. ความสามารถในการโต้แย้งอย่างมีเหตุผล - ให้เหตุผลสอดคล้องกับหลักฐาน - ใช้รูปแบบการโต้แย้งได้อย่างเหมาะสม
R - Rhetoric & Reflection (วาทศิลป์และการสะท้อนคิด)	- นำเสนอ/สื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ - เพื่อโน้มน้าวใจผู้ฟัง (เหตุผล อารมณ์ ความน่าเชื่อถือ) - พิจารณาความสมเหตุสมผล - เปิดรับความเห็นต่าง - สะท้อนคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง	- Persuasive Communication & Rhetoric - Reflective Practice - Metacognition (การรู้คิด)	- Aristotle (ต้นคิด Logos, Pathos, Ethos) - Perloff (2003) - Donald Schön (1983) - Kolb (1984)	3. ทักษะการเขียนเชิงสร้างสรรค์และการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ - เขียนได้เป็นระบบ - นำเชื่อถือ - สื่อสาร/นำเสนอเพื่อโน้มน้าวใจอย่างเหมาะสม (รวมถึงการสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้)

จากการศึกษาและสังเคราะห์แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ผู้วิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรประกอบด้วย (1) การใช้สถานการณ์จริงเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ (2) การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการโต้แย้งอย่างเป็นระบบ และ (3) การส่งเสริมการสื่อสารเชิงเหตุผลผ่านการเขียนและการพูด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ S-C-A-R ซึ่งเป็นการบูรณาการแนวคิดดังกล่าวเข้าด้วยกันอย่างเป็นลำดับขั้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การโต้แย้งการเขียน และการพูดเชิงสร้างสรรค์ได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (SCAR Model)
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลัง การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (SCAR Model)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาและศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการไว้ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (Instructional Tools)

1.1 คู่มือการจัดการเรียนรู้ SCAR Model : อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการสอนทั้ง 4 ขั้นตอน

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวม 6 ชั่วโมง ที่บูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์และ

ภาษาไทย

1.3 นวัตกรรมเชิงผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) : SCAR Canvas : แผนผังนำคิดสำหรับ

วิเคราะห์ข้อมูลและวางโครงสร้างวาทศิลป์ คือ ชุดการ์ดสถานการณ์ (Scenario Cards) : โจทย์สถานการณ์จำลองเรื่องอาหารเสริมและสื่อโฆษณา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล (Data Collection Tools)

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน : เน้นสาระการวิเคราะห์ข้อมูลและการเขียน (ปรนัย จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน และอัตนัย จำนวน 5 ข้อ 10 คะแนน)

2.2 แบบวัดทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ : สถานการณ์จำลองให้นักเรียนวิเคราะห์และให้เหตุผล

2.3 แบบประเมินทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ (Rubric Score) : เกณฑ์การประเมินการพูดและการเขียนเชิงโต้แย้ง

2.4 แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบ SCAR Model เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของรูปแบบการสอนกับตัวชี้วัดในรายวิชาวิทยาศาสตร์และภาษาไทย ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.80 โดยทุกรายการประเมินผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามระเบียบวิธีวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงรายละเอียดเล็กน้อยตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้จริง (Try-out)

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 4 ระยะ (Phase) ตามวงจรการพัฒนา ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Analysis) วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางฯ ตัวชี้วัดวิชาวิทยาศาสตร์และภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิเคราะห์ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนลำปางกัลยาณี พบคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57.69 ศึกษาทฤษฎีการคิดเชิงวิพากษ์ และวาทศิลป์การสื่อสาร เพื่อกำหนดกรอบแนวคิด SCAR Model

ระยะที่ 2 การพัฒนาและสร้างเครื่องมือ (Design & Development) ร่าง SCAR Model ประกอบด้วย S - Situation Analysis (การวิเคราะห์สถานการณ์) C - Claim Formulation (การสร้างข้อกล่าวอ้าง) A - Argumentation & Evidence (การโต้แย้งและหลักฐาน) R - Rhetoric & Reflection (วาทศิลป์และการสะท้อนคิด) ผลิตนวัตกรรม ออกแบบ SCAR Canvas และ การ์ดสถานการณ์ ให้สอดคล้องกับหัวข้อ "อาหารเสริมและการโฆษณา" "การติดต่อพันธุกรรมเพื่อรักษาโรค" หรือ "ผลกระทบของนิวเคลียร์ต่อระบบนิเวศ" ตรวจสอบคุณภาพ และนำเครื่องมือทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ 3-5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง (Content Validity) โดยหาค่า IOC (0.67 - 1.00) ปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปทดลอง

ใช้และการหาความเชื่อมั่น (Reliability) นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไป Try-out กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี (ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) จำนวน 29 คน เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) สำหรับข้อสอบปรนัย โดยผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 29 คน จากนั้นตรวจให้คะแนน โดยกำหนดให้ข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน แล้วนำผลคะแนนมาคำนวณหาค่าความยากง่าย (p) ของข้อสอบรายข้อ โดยใช้สูตร $p=R/N$ ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของข้อสอบปรนัย พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.32 – 0.78 ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างยากถึงค่อนข้างง่าย โดยมีข้อสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงว่าข้อสอบมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้

ระยะที่ 3 การทดลองใช้ (Implementation) ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลำปางกัลยาณี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยมีขั้นตอนดังนี้

- Pre-test ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบวัดการคิดเชิงวิพากษ์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์
- Learning Act จัดการเรียนรู้ตามแผน SCAR Model โดยใช้นวัตกรรม SCAR Canvas และการัดสถานการณ์เป็นสื่อหลัก
- Post-test เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการทดสอบหลังเรียนด้วยเครื่องมือชุดเดิม และประเมินทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์

ระยะที่ 4 การประเมินผลและสรุป (Evaluation) วิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ t-test Dependent เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละที่โรงเรียนกำหนด เพื่อพิสูจน์การแก้ปัญหาจากฐาน 57.69

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาและศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) เพื่อสร้างเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model ตามขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน (Surveying & Analysis) 2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบ (Design & Development) 3) การทดลองใช้รูปแบบ (Implementation) และ 4) การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบ (Evaluation & Revision) ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model ที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

S - Situation Analysis (การวิเคราะห์สถานการณ์) วิทยาศาสตร์: นำเสนอประเด็น SSI (Socio-Scientific Issues) ที่ซับซ้อน เช่น "อาหารเสริมและการโฆษณา" "การตัดต่อพันธุกรรมเพื่อรักษาโรค" หรือ "ผลกระทบของนิวเคลียร์ต่อระบบนิเวศ" ภาษาไทย: ฝึกการอ่านจับใจความ (Skimming & Scanning) จากข่าวหรือบทความวิชาการ เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อคิดเห็น

C - Claim Formulation (การสร้างข้อกล่าวอ้าง) วิทยาศาสตร์: ให้นักเรียนเลือกจุดยืน (Position) โดยมีสมมติฐานรองรับ ภาษาไทย: ฝึกการเขียน "ประเด็นสำคัญ" (Topic Sentence) ที่ชัดเจน มีพลัง และน่าสนใจ ตามหลักการเขียนย่อหน้าที่มีประสิทธิภาพ

A - Argumentation & Evidence (การโต้แย้งและหลักฐาน) วิทยาศาสตร์: การสืบค้นข้อมูลเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) การใช้ตัวเลข สถิติ หรือกราฟเพื่อยืนยันเหตุผล ภาษาไทย: การใช้ "คำเชื่อม" (Conjunctions) ที่แสดงเหตุและผล (เช่น เนื่องจาก... ส่งผลให้... ด้วยเหตุนี้...) และการอ้างอิงแหล่งที่มาของคำพูดเพื่อสร้างน้ำหนัก

R - Rhetoric & Reflection (วาทศิลป์และการสะท้อนคิด) วิทยาศาสตร์: การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Reasoning) และการยอมรับฟังความคิดเห็นต่างหากมีหลักฐานใหม่ ภาษาไทย: การฝึกบุคลิกภาพ การใช้น้ำเสียง ท่วงท่า และ "วาทศิลป์" ในการโน้มน้าวใจผู้ฟังรวมถึงมารยาทในการโต้แย้ง

สื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ใบความรู้ และสื่อมัลติมีเดียต่างๆ

การวัดและประเมินผล ใช้การวัดและประเมินผลที่หลากหลาย เช่น แบบทดสอบทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ แบบประเมินทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนคิด

1.2 ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model ที่พัฒนาขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประเมินความเหมาะสม ความเป็นไปได้ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และคุณภาพโดยรวม ผลการประเมินพบว่า รายการประเมินทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 0.50 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการศึกษาการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และภาษาไทยของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model

วิชา	N	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน (\bar{x})	S.D.	หลังเรียน (\bar{x})	S.D.	t- test
วิทยาศาสตร์	40	20	12.23	2.65	15.35	2.21	11.31
ภาษาไทย	40	20	12.78	2.17	15.83	2.19	15.01

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน (\bar{x} = 15.35 และ S.D. = 2.21) สูงกว่าก่อนเรียน (\bar{x} = 12.23 และ S.D. = 2.65) และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยหลังเรียน (\bar{x} = 15.83 และ S.D. = 2.19) สูงกว่าก่อนเรียน (\bar{x} = 12.78 และ S.D. = 2.17)

2.2 ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์

ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ

SCAR Model

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model

ทักษะ	N	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน (\bar{x})	S.D.	หลังเรียน (\bar{x})	S.D.	t- test
การคิดเชิง วิพากษ์	40	50	24.60	5.70	38.30	4.29	15.91

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดเชิงวิพากษ์หลังเรียน ($\bar{x} = 38.30$ และ S.D. = 4.29) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 24.60$ และ S.D. = 5.70)

2.3 ทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์

ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model พบว่า

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ SCAR Model

ทักษะ	N	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน (\bar{x})	S.D.	หลังเรียน (\bar{x})	S.D.	t- test
การสื่อสาร อย่างมี วาทศิลป์	40	50	25.48	5.70	40.43	3.87	25.55

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทศิลป์หลังเรียน ($\bar{x} = 40.43$ และ S.D. = 3.87) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 25.48$ และ S.D. = 5.70)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาและศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับภาษาไทย (SCAR Model) สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัยในประเด็นของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model พบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 4.50, S.D. = 0.50) สะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสม ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกระบวนการออกแบบที่อาศัยการสังเคราะห์แนวคิดสำคัญ ได้แก่ แนวคิด Socioscientific Issues (SSI) แนวคิด การโต้แย้ง และการสื่อสารเชิงโน้มน้าว ซึ่งช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้มีความเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างมีความหมาย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Troy D. Sadler (2018) และ Dana L. Zeidler (2019) ที่

ยืนยันว่าการใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาการคิดเชิงจริยธรรมและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลของผู้เรียนได้

ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในรายวิชาวิทยาศาสตร์และภาษาไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบ SCAR Model มีประสิทธิผลในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก ผ่านการสืบเสาะ วิเคราะห์ และสื่อสารอย่างเป็นลำดับขั้น ซึ่งเอื้อต่อการสร้างความเข้าใจเชิงลึก ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Jonathan Osborne (2020) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการโต้แย้งช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกของผู้เรียน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยที่ใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งพบว่าสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาด้านทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ พบว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบ SCAR Model สามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมในขั้น C (Critical Analysis) และ A (Argumentation) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูล แยกแยะข้อเท็จจริงออกจากความคิดเห็น และให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Stephen Toulmin (2003) ที่เน้นโครงสร้างของการให้เหตุผลอย่างเป็นระบบ และสอดคล้องกับงานวิจัยร่วมสมัยด้านการโต้แย้ง (Osborne et al., 2019; Kuhn, 2019) ที่พบว่าการศึกษาโต้แย้งช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ขณะเดียวกัน ในด้านทักษะการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมในขั้น A (Articulate Communication) และ R (Reflective Reasoning) ที่เน้นการเรียบเรียงความคิด การใช้ภาษาอย่างเหมาะสม และการสื่อสารเพื่อโน้มน้าวใจอย่างมีเหตุผล ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ George E. Hillocks Jr. (2011) และงานวิจัยด้านการเขียนเชิงโต้แย้งในช่วงหลัง (Graham et al., 2020; Andrews, 2021) ที่ชี้ให้เห็นว่าการสอนเขียนโดยเน้นโครงสร้างของเหตุผลและหลักฐานสามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศไทยที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) ซึ่งพบว่าสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น งานวิจัยของนฤมล นวลพกา (2566) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิไลวัลย์ เทียงผดุง (2566) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในรายวิชาประวัติศาสตร์ไทย พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และรูปแบบการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด รวมถึงงานวิจัยในระดับอุดมศึกษาที่ใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกและบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) ซึ่งพบว่าสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น งานวิจัยของชัยรัตน์ มีมา และคณะ (2567) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นแนวทางใกล้เคียงกับ Inquiry-based Learning เช่น งานของปิยาพัชร สาวีสัย และคณะ (2568) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงการร่วมกับเครื่องมือทางความคิด สามารถพัฒนาทักษะการตัดสินใจและผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้ปัญหาสถานการณ์จริง และ

กระบวนการสืบเสาะเป็นฐาน มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบ SCAR Model ในการวิจัยครั้งนี้ที่เน้นกระบวนการ S (Inquiry) C (Analysis) และ A (Communication) อย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยขอเสนอข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้และเพื่อการศึกษาต่อ ดังนี้

1. ควรศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ SCAR Model ในกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น และในระดับชั้นหรือรายวิชาอื่น ๆ เพื่อให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย
2. ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการสื่อสารอย่างมีวาทีศิลป์ เช่น แรงจูงใจในการเรียนรู้ บรรยากาศการเรียนรู้ และบทบาทของครู เป็นต้น
3. ควรพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ ที่สามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการใช้ภาษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอนในการเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสมกับนักเรียนและบริบทการเรียนรู้

6. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ชัยรัตน์ มีมา และคณะ. (2567). การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารการศึกษาไทย*, 15(2), 45–60.
- นฤมล นวลพกา. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 14(1), 23–38.
- ปิยาพัชร สาวีสัย และคณะ. (2568). การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานร่วมกับเครื่องมือทางความคิดเพื่อพัฒนาทักษะการตัดสินใจของผู้เรียน. *วารสารวิจัยการศึกษา*, 16(1), 55–70.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2567). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2566. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- วิไลวัลย์ เทียงผดุง. (2566). การใช้ Problem-based Learning เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาประวัติศาสตร์ไทย. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 12(2), 67–82.
- Andrews, Richard. (2021). *A theory of contemporary rhetoric*. London: Routledge.
- Barrows, Howard S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
- Bybee, Rodger W. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Graham, Steve., Harris, K. R., & Beard, K. S. (2020). Teaching writing effectively in grades K–12. *Educational Psychology Review*, 32(3), 1–30.

- Hillocks, George E. Jr. (2011). Teaching argument writing, grades 6–12: Supporting claims with relevant evidence and clear reasoning. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Hmelo-Silver, Cindy E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Kuhn, Deanna. (2019). Critical thinking as discourse. *Human Development*, 62(3), 146–164.
- Osborne, Jonathan., Erduran, S., & Simon, S. (2019). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020.
- Sadler, Troy D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Toulmin, Stephen. (2003). The uses of argument (Updated ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sadler, Troy D. (2018). *Socioscientific issues in science education: Theory, research, and practice*. Dordrecht: Springer.
- Zeidler, Dana L. (2003). The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 1–27). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Zeidler, Dana L. (2019). Socioscientific issues as a curriculum emphasis. *Journal of Science Education*, 28(2), 1–15.

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การจำแนกสัตว์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้
แบบ Active Learning ร่วมกับบอร์ดเกม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

The Improving Learning Achievement in Animal Classification Using Active Learning
Methods Combined with Board Games for Grade 4 Elementary School Students

นภาพรณ์ อุชิ¹, ศักดิ์ศรี สิบสิงห์^{2*}
Napaporn Uchi¹, Saksri Suebsing^{2*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

¹General Science Department, Faculty of Education and Human Development, Roi Et Rajabhat University.

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์และการพัฒนามนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

²General Science Department, Faculty of Education and Human Development, Roi Et Rajabhat University.

*E-mail: sci.sak@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อเปรียบเทียบผลการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบทดสอบ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสอบถามความคิดเห็น สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t – test ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.50/83.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 2) ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะเห็นได้ว่า ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยคะแนนเฉลี่ยภายหลังจากการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด มีความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก

Abstract

This study's goals were to 1) evaluate the effectiveness of active learning in conjunction with board games on the topic of animal classification for fourth-grade students; 2) compare the skill development in active learning

in conjunction with board games on the topic of animal classification for fourth-grade students; and 3) look into how students view active learning in conjunction with board games on the topic of animal classification. Twenty fourth-graders from class 4/1, first semester, academic year 2025, were chosen via purposeful sampling. The instruments used were lesson plans, opinion polls, and an assessment. The statistical methods used were the mean, standard deviation and t-test. The results of the investigation showed that: 1) The researcher's combination of active learning management and a board game on animal classification produced an effectiveness score of 81.50/83.95 for fourth-grade elementary school students, which was higher than the required 80/80. 2) Following the learning intervention, there was a statistically significant difference ($p < 0.05$) in the average score of fourth-grade students' development of active learning skills in connection with a board game on animal classification. 3) When the active learning approach was combined with the board game on animal classification, fourth-graders at Roi Et Municipal Kindergarten School demonstrated the highest level of enjoyment.

Keywords: Learning Management, Learning Management Skills Development, Active learning management

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยได้อยู่ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งมีการขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม เพื่อที่จะนำพาประเทศไทยไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน (พาสนา จุฬรัตน์, 2561) การก้าวเข้าสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ของประเทศไทยนั้น อาจจะทำให้เกิดผลกระทบในทุก ๆ ภาคส่วน ซึ่งจะมีการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของบุคคลเพิ่มขึ้น (दनัยศักดิ์ กาโร, 2562) การจัดการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งสอนให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับมาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้ตอบสนองต่อความต้องการของสังคมได้ ซึ่งเมื่อศึกษาข้อมูลในเรื่องดังกล่าวจะพบว่าการจัดการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 สามารถตอบสนองการพัฒนาผู้เรียนให้เติบโตตามกระแสสังคมโลกและศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี (กุลิสรา จิตรชญาวณิช, 2562) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน จึงถือเป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยพัฒนาให้คนไทยในยุคไทยแลนด์ 4.0 เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ในศตวรรษที่ 21 สามารถก้าวข้ามปัญหาและก้าวผ่านปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันนี้ได้ (กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา, 2560)

การจัดการเรียนรู้เชิงรุก หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นจัดว่า เป็นหลักการที่สำคัญประการหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (วัชรา เล่าเรียนดี, 2560) ดังที่ Bonwell & Eison (1991) สรุปว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุก คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและได้ใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เขาได้กระทำลงไป และเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้สมมติฐานพื้นฐาน 2 ประการ คือ 1) การเรียนรู้เป็นความ พยายามโดยธรรมชาติของมนุษย์ และ 2) แต่ละบุคคลมีแนวทางในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน Meyers & Jones (1993) โดยผู้เรียนจะถูกเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับความรู้ไปสู่การมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ และชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2561) ได้สรุปไว้ว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเป็นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ หรือการลงมือทำซึ่งความรู้ที่เกิดขึ้นเป็นความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เชิงรุกจึงเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้

ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมาย ทำให้ผู้เรียนรักษาผลการเรียนรู้ให้อยู่คงทนได้มากและนานกว่ากระบวนการเรียนรู้แบบ Passive Learning สอดคล้องกับทฤษฎี แคมมณี (2545) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ต้อง มุ่งหวังให้ผู้เรียนเกิดการมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวในกิจกรรมการเรียนรู้ หรือ Active Participation ครอบคลุมทั้งทางกาย สติปัญญา สังคมและอารมณ์ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทใน การเรียนรู้ (ตื่นตัว) สูง และเป็นผู้ใช้เวลาของการเรียนเป็นส่วนใหญ่ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข (2559) สรุปว่าการเรียนรู้เชิงรุกเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฟัง พูดอ่าน เขียน และแสดงความคิดเห็น ขณะลงมือทำกิจกรรมและในขณะที่ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดขั้นสูง คือ การวิเคราะห์การสังเคราะห์ และการประเมินค่าในสิ่งที่กำลังกระทำอยู่ด้วย

ปัจจุบันทิศทางการจัดการเรียนการสอนสมัยใหม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก จากการเน้นหนักที่วิชาการเป็นการเน้นให้ความสำคัญไปที่ผู้เรียน รูปแบบการเรียนการสอนสมัยใหม่จึงมุ่งเน้นไปที่กิจกรรมและสื่อที่น่าสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและทดลองทำด้วยตัวเอง ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบสื่อการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ด้วยการประยุกต์นำเอาบอร์ดเกมเข้ามาใช้กับการเรียนรู้ โดยมีการจำลองเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถทำให้ผู้เรียนได้เล่นและเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กัน (วรรัตน์ อินทสระ, 2562) การจัดการเรียนการสอนด้วยบอร์ดเกม จึงเป็นเทคนิคการสอนสมัยใหม่ที่ได้รับความนิยมมาก เพราะไม่เพียงแต่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แล้ว บอร์ดเกมยังสามารถช่วยพัฒนาทางด้านสมอง ช่วยเปิดพื้นที่และประสบการณ์ที่เพิ่มขึ้น และหากได้นำรูปแบบการเรียนรูแบบร่วมมือ เข้ามาช่วยส่งเสริมในการเรียนการสอนแล้วนั้น ยิ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะและกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย โดยอาจมีการตั้งคำถามเพื่อเป็นตัวนำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้ ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเองโดยผู้เรียนจะต้องศึกษา

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งถือว่าเป็นประชากรโลกให้มีความพร้อมในยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก มีบทบาทอย่างสูงต่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพของประชากรโลกความพร้อมของครูที่จะต้องวิจัยพัฒนานตนเองอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง เป็นทักษะที่มีความจำเป็นและต้องปรับเปลี่ยนให้ทันกับยุคสมัย นอกจากนี้การวิจัยและการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้ถือว่าเป็นทักษะที่สำคัญของนักวิจัยและประชากรโลกในยุคปัจจุบัน ให้มีความพร้อมต่อการก้าวเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 และใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 รวมทั้งสิ้น 43 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 รวม 20 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่ผู้วิจัยทำการสอน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ จำนวน 8 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง รวม 8 ชั่วโมง ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 เรื่อง สิ่งมีชีวิต

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 เรื่อง การสร้างอาหาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6 เรื่อง การเคลื่อนที่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-8 เรื่อง การใช้กระดูกสันหลังเป็นเกณฑ์ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้

ทุกแผนมีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การจำแนกสัตว์ พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.73 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

3. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

4. ขั้นตอนการสร้าง ดังนี้ 1) ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ และสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการประเมินกระบวนการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง 2) นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน สำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ได้ค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำเครื่องมือวิจัยไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ 3) นำเครื่องมือมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองกับนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 20 คน และ 4) นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด รายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 20 คน

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้ 1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ 2) จัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ระยะเวลาในการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ ระหว่างวันที่ 15 มิถุนายน 2568 ถึงวันที่ 19 กรกฎาคม 2568 ใช้เวลาในการจัดกิจกรรม 8 ครั้ง 8 ชั่วโมง โดยไม่รวมเวลาทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน 3) ทำการทดสอบหลังเรียน (Post – test) ภายหลังจากการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นแล้วทั้ง 8 กิจกรรม และตรวจให้คะแนนเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และ t - test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการวิจัย

1. การหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

การจัดกิจกรรม	จำนวน (คน)	คะแนน เต็มเฉลี่ย	\bar{X}	ร้อยละ
คะแนนจากการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning) ร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ แต่ละกิจกรรม	20	10	8.15	81.50
การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning) ร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์	20	20	16.79	83.95

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.50/83.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

การจัดกิจกรรม	N	\bar{X}	S.D	t	Sig.
ก่อนการจัดการเรียนรู้	20	10.53	1.68	32.681	0.00**
หลังการจัดการเรียนรู้	20	16.79	1.23		

** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะเห็นได้ว่า ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยคะแนนเฉลี่ยภายหลังจากการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

3. การศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์
 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น		ความหมาย
		\bar{X}	S.D.	
1	เนื้อหากิจกรรมเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก	4.51	0.49	มากที่สุด
2	เนื้อหาในกิจกรรมมีความชัดเจนทุกเรื่อง	4.60	0.40	มากที่สุด
3	กิจกรรมมีความน่าสนใจ เร้าใจ และมีหลากหลายรูปแบบ	4.61	0.47	มากที่สุด
4	คำอธิบายในการทำกิจกรรมมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.64	0.42	มากที่สุด
5	กิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความครอบคลุมและสอดคล้องกับ กิจกรรมการเรียนการสอนที่ผ่านมา	4.54	0.51	มากที่สุด
6	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอ และเหมาะสม	4.69	0.40	มากที่สุด
7	ภาษาที่ใช้ในกิจกรรมถูกต้องตามหลักเกณฑ์ เข้าใจง่าย	4.62	0.52	มากที่สุด
8	กิจกรรมในกิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง	4.60	0.55	มากที่สุด
9	นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4.64	0.43	มากที่สุด
10	กิจกรรมทำให้ผู้เรียนมีความรู้และเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข	4.65	0.50	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย		4.61	0.47	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด มีความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอ และเหมาะสม รองลงมาคือ นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม และกิจกรรมทำให้ผู้เรียนมีความรู้และเรียนรู้ได้อย่างมีความสุขตามลำดับ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.50/83.95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 เนื่องจากมีการดำเนินการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จึงส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ นักเรียนมีความสนใจ และสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทธีรา คงนาวัง และณฤมล ภูสิงห์ (2565) พบว่า ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) หน่วยการเรียนรู้ วัสดุและสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 83.42/81.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐวุฒิ ศรีระษา (2564) พบว่า ประสิทธิภาพของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยจึงได้ปรับเนื้อหาให้ได้ใจความมากยิ่งขึ้น และจัดการเรียนรู้ตามระยะเวลาให้เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางไว้ ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 82.16/80.15 หลังจากที่ได้จัดสร้างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ให้มีความมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นฤเดช สุริยะวงค์

และคณะ (2568) พบว่า ประสิทธิภาพของแบบฝึกทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active learning) เพื่อพัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ของ เท่ากับ 82.25/83.89 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 ที่กำหนดไว้ และกชนนท์ ขวัญพุด (2562) พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมี (CAI) เรื่อง ธาตุและสารประกอบอินทรีย์ ในอุตสาหกรรมมีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 82.98/81.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะเห็นได้ว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยคะแนนเฉลี่ยภายหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกมมีความน่าสนใจ เนื้อหาเหมาะสมในการปฏิบัติกิจกรรม ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภัทรีรา คณาวัง และนฤมล ภูสิงห์ (2565) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ วัสดุและสาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ ศรีระชา (2564) พบว่า คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของนฤเดช สุริยะวงค์ และคณะ (2568) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยแบบฝึกทักษะการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active learning) เพื่อพัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ของ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับงานวิจัยของกชนนท์ ขวัญพุด (2562) พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมี (CAI) เรื่อง ธาตุและสารประกอบอินทรีย์ในอุตสาหกรรมส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอับดุลเลาะ อุมาร์ ญีญี โมพันธ์ และคณะ (2562) พบว่า หลังจากการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นส่งผลให้คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นมีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

3. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด มีความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การจำแนกสัตว์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมเพียงพอและเหมาะสม รองลงมาคือ นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมและกิจกรรมทำให้ผู้เรียนมีความรู้และเรียนรู้อย่างมีความสุขตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกมมีความน่าสนใจ เนื้อหาที่กำหนดภายในกิจกรรม การเรียนรู้แบบเชิงรุกร่วมกับบอร์ดเกมนั้นมีความเหมาะสมชัดเจนมีการใช้ภาพและภาษาง่ายต่อการทำความเข้าใจช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนฤเดช สุริยะวงค์ และคณะ (2568) พบว่า มีความพึงพอใจมากที่สุดด้านการจัดกิจกรรมด้านการประเมินผลด้านการออกแบบสื่อการเรียนรู้ และมีความพึงพอใจมากที่สุดด้านเนื้อหาตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐวุฒิ ศรีระชา (2564) พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับการใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อยู่ในระดับระดับมากที่สุด และอับดุลเลาะ อุมาร์ ญีญี โมพันธ์ และคณะ (2562) พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น อยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้สอนควรเน้นการส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน โดยมีการจัดกิจกรรมหรือการปฏิบัติเพิ่มมากขึ้น หรือควรมีสื่อประกอบให้มากขึ้น
2. ควรมีการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถด้านการปฏิบัติ การส่งเสริมการคิดให้กับนักเรียน เนื่องจากเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ควรมุ่งเน้นให้กับผู้เรียน
3. ควรมีการศึกษาวิจัย ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรูปแบบอื่น ๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- กชนนท์ ขวัญพุด. (2562). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความพึงพอใจต่อบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. (2560). Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน. [ออนไลน์]. จาก: <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171114-draeqa-blueprint.pdf>. [สืบค้นเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2567].
- กุลิศรา จิตรชญาภนิช. (2562). การจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2561). เอกสารประกอบการพัฒนาครูโครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการพัฒนาท้องถิ่นโดยมีอุดมศึกษาเป็นพี่เลี้ยง (U-School) ประจำปีงบประมาณ 2561. พิษณุโลก: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ณัฐวุฒิ ศรีระชา. (2564). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- दनัยศักดิ์ กาโร. (2562). ปฏิบัติการสอนสู่ห้องเรียน 4.0 ด้วย Google for Education. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2545). กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้อใจ. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- นฤเดช สุริยะวงศ์ สุกัญญา ขลิบเงิน และสุทัศน์ คล้ายสุวรรณ. (2568). การใช้แบบฝึกทักษะการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active learning) เพื่อพัฒนาการอ่านจับใจความสำคัญของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลเชียงใหม่ของ. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา*. 19(1), 1-24.
- พาสนา จุฬรัตน์. (2561). การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในยุค Thailand 4.0 Learning Management for Students in the Thailand 4.0 Era. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*. 11(2); 2363-2380.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, และพะเยาว์ ยินดีสุข. (2559). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วรัตต์ อินทสระ. (2562). เปลี่ยนห้องเรียนเป็นห้องเล่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. นครปฐม: เพชรเกษม ปรี้นติ้งกรุ๊ป.
- สุภัทธีรา คงนาวัง และนฤมล ภูสิงห์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหน่วย การเรียนรู้ วัสดุและสสาร และการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*. 16(3), 131 – 147.
- อับดุลเลาะ อุมาร์ ณีฐินี โมพันธุ์ และคณะ. (2562). ผลของการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมีที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. 30(1), 181-194.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Higher Education, George Washington University.
- Meyers, C., & Jones, T. B. (1993). *Promoting Active Learning: Strategies for the College Classroom*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

The Development of a Learning Management Model Using the CIPPA Model Integrated with Activity-Based Learning (ABL) through Agricultural Projects to Enhance Innovative Thinking Skills among Mathayom Suksa 5 Students

จิตยา ใจมั่น

Titaya Jaimun

โรงเรียนสาธิตเทศบาลบ้านเซตวัน เทศบาลเมืองแพร่ จังหวัดแพร่

Thetsaban Ban Che Tawan School Phrae Municipality, Email: wtitya09@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) 2) เพื่อศึกษาผลการทดลองการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) 3) รับรองรูปแบบโดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตเทศบาลบ้านเซตวัน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1. รูปแบบการเรียนรู้ 2. แผนการจัดการเรียนรู้ 3. แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ 4. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม 5. แบบประเมินชิ้นงาน และ 6. แบบประเมินโครงการ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ One sample t-test 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ที่มาของรูปแบบการเรียนรู้ 2) รูปแบบการเรียนรู้ 3) การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้มาใช้ 4) ผลที่เกิดขึ้นต่อผู้เรียน มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x} = 4.71$, S.D. = 0.30) 2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนชิ้นงาน หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 3. ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านได้รับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้จริง

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลชิปปา กิจกรรมเป็นฐาน โครงการเกษตร ทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1)to develop a learning management model using the CIPPA Model in conjunction with Activity-Based Learning (ABL); 2)to examine the results of implementing the learning management model based on the CIPPA Model integrated with Activity-Based Learning (ABL); and 3)to validate the developed learning management model using the CIPPA Model combined with Activity-Based Learning (ABL). The sample group consisted of 30 Grade 11 students from Satit Tessaban Ban Chetawan School, Mueang District, Phrae Province, during the second semester of the 2025 academic year. The participants were selected through purposive sampling. The research instruments included: 1)the learning management model, 2)lesson plans, 3)an expert opinion questionnaire on the model development, 4)an innovative thinking skills assessment form, 5) a workpiece assessment form, and 6)a project evaluation form. The statistics used for data analysis were mean, percentage, standard deviation, and one-sample t-test. **The research findings were as follows:** 1) The learning management model based on the CIPPA Model combined with Activity-Based Learning (ABL) through agricultural projects, aimed at enhancing innovative thinking skills among Grade 11 students, consisted of four components: 1)background of the model, 2)the learning model, 3) implementation of the model, and 4)outcomes for learners. The overall quality of the model was at the highest level (\bar{x} = 4.71, S.D. = 0.30). 2) The Grade 11 students' workpiece scores after instruction were significantly higher than the criterion at the .05 level. Additionally, their innovative thinking skills after instruction were significantly higher than the criterion at the .05 level. 3) All experts endorsed the developed learning management model using the CIPPA Model integrated with Activity-Based Learning (ABL) through agricultural projects to enhance innovative thinking skills among Grade 11 students, confirming that it was appropriate and could be effectively implemented in real classroom settings.

Keywords: CIPPA Model-based learning management, Activity-Based Learning, agricultural projects, innovative thinking skills.

1. บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2554 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 หมวดที่ 4 มาตรา 22 ได้บัญญัติไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ การคิดค้นนวัตกรรมสำหรับนักเรียนนั้นเป็นการพัฒนาความสามารถของตนเองได้เป็นอย่างดี และนวัตกรรมก็มีความสำคัญอย่างมากในการศึกษา โดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรม เข้าสู่การศึกษาช่วยเพิ่มคุณค่าในกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวว่ นวัตกรรมไม่ได้หมายถึงสิ่งประดิษฐ์เท่านั้นแต่ยังหมายถึงการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเพื่อก่อให้เกิดคุณค่าและคุณค่าคือการทำหน้าที่สามารถวัดได้ว่านวัตกรรม ที่สร้างขึ้นเกิดประโยชน์กับใครบ้างสอดคล้องกับ (ชาญณรงค์ วิเศษศักดิ์, 2562) ที่กล่าวว่า การคิดเชิงนวัตกรรมหมายถึง การคิดสร้างสรรค์

สิ่งใหม่เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาความเจริญแก่สังคม ซึ่งสิ่งใหม่นี้อาจไม่เคยมีผู้ใดเคยทำมาก่อนหรือเคยทำมาแล้วในอดีตแต่ได้รับการรื้อฟื้นขึ้นมาใหม่ หรือสิ่งใหม่ที่มีการพัฒนามาจากของเก่าที่มีอยู่เดิม โดยที่ผู้คิดมองเห็นผลผลิตที่จะสำเร็จแตกต่างไปจากบุคคลอื่นและคาดว่าจะได้รับการยอมรับที่ดีจากสังคม การจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบยึด ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างแท้จริง (ทีศนา เขมมณี, 2563) และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยนำหลักทฤษฎีการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนผ่านกิจกรรมที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ประโยชน์ของการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถแก้ปัญหาผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีความหมาย (NCSALL, 2006; Lakshmi, 2007; สุพีรา ดาวเรือง, 2555; ศศิธร ลิจันทรพรม, 2556)

จากที่กล่าวมาการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA) และ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ รายวิชางานเกษตรเพิ่มเติม ทำให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหาจริงหรือสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ และร่วมกันคิดวิเคราะห์หาทางแก้ปัญหาที่ต่าง ๆ จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายสามารถนำปัญหาไปฝึกคิดพิจารณา และแก้ปัญหาด้วยตนเองเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต จนเกิดทักษะการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ และรู้จักวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตรเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อศึกษาผลการทดลองการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ระยะที่ 3 การรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตเทศบาลบ้านเขตวัน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 139 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตเทศบาลบ้านเขตวัน อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

1. แบบวิเคราะห์เอกสาร
2. แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างผู้เชี่ยวชาญ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 2 การศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

1. แบบประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม
2. แบบประเมินชิ้นงาน
3. แบบประเมินโครงการ
4. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ระยะที่ 3 การรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

- แบบประเมินรับรองรูปแบบ

4. ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการสอบถามผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	N = 7		
	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. การสอนโครงการควรใช้รูปแบบที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม	3.86	0.69	มาก
2. การสอนรูปแบบโมเดลซิปปา (CIPPA Model) เหมาะสมกับการสอนโครงการ	4.14	0.38	มาก
3. กิจกรรมเป็นฐาน (ABL) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้มีความคิดเชิงนวัตกรรม	4.57	0.53	มากที่สุด
4. บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมเป็นโค้ช ชี้แนะ ให้คำปรึกษา จุดประกาย สร้างแรงบันดาลใจ	4.29	0.76	มาก
5. บทบาทของผู้เรียน ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมควรคิดเป็น คิดสิ่งใหม่ ทำงานเป็นทีม ทำงาน เป็นระบบและนำเสนอ	3.71	0.49	มาก
6. การจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning: ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมควรเป็นกิจกรรมกลุ่ม คิดลงมือปฏิบัติ นำเสนอ ประเมิน	4.43	0.79	มาก
7. กระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมควรมีขั้นเตรียมความพร้อมขั้นสอน/จัดการเรียนรู้และประเมินผล	4.00	0.58	มาก
รวมเฉลี่ย	4.14	0.16	มาก

พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.14$, S.D. = 0.16) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อ 3 กิจกรรมเป็นฐาน (ABL) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้มีความคิดเชิงนวัตกรรม มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 4.57 และ ข้อ 5 บทบาทของผู้เรียน ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม ควรคิดเป็น คิดสิ่งใหม่ ทำงานเป็นทีม ทำงานเป็นระบบและนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 3.71

การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	N = 7		
	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. หลักการและแนวคิดของรูปแบบมีความชัดเจน	4.43	0.53	มาก
2. วัตถุประสงค์ของรูปแบบสอดคล้องกับการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม	4.14	0.38	มาก
3. เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	4.00	0.58	มาก
4. การบูรณาการ CIPPA กับ ABL มีความเหมาะสม	4.29	0.49	มาก
5. รูปแบบสามารถนำไปใช้จริงในสถานศึกษาได้	4.14	0.38	มาก
รวมเฉลี่ย	4.20	0.23	มาก

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมากทุกด้าน ($\bar{x} = 4.20$, S.D. = 0.23) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ พบว่า หลักการและแนวคิดของรูปแบบมีความชัดเจน มีค่าเฉลี่ยมาก เท่ากับ 4.43 รองลงมา คือ เนื้อหาและกิจกรรมเหมาะสมกับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และรูปแบบสามารถนำไปใช้จริงในสถานศึกษาได้ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.00

การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (Activity-Based Learning : ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	N = 7		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. แผนการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุมเนื้อหาสาระ มีความเหมาะสม	3.86	0.69	มาก
2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	4.29	0.49	มาก
3.จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมพฤติกรรม 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	4.14	0.69	มาก
4. สาระการเรียนรู้ครบถ้วน สัมพันธ์กับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.00	0.82	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ	3.71	0.49	มาก
6. มีการนำสื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนการสอน	4.14	0.90	มาก
7. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษา มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม	4.00	0.58	มาก
8. ระบุการใช้สื่อ/แหล่งเรียนรู้ สัมพันธ์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	3.86	0.69	มาก
9. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.00	0.58	มาก
10. ระบุวิธีการวัดผลประเมินผลอย่างชัดเจน	4.29	0.76	มาก
11. ระบุเกณฑ์การประเมินผลอย่างชัดเจน	4.14	0.90	มาก
12. หลักฐาน อาทิ สื่อ เครื่องมือวัดและประเมินผลที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ครบถ้วน	3.86	0.69	มาก
13. สื่อการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม กับเวลาและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง	4.43	0.79	มาก
14. ประเด็นและหลักเกณฑ์การประเมินสมรรถนะ สะท้อนคุณภาพผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	4.00	0.58	มาก
15. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม สามารถนำไปให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือโครงการได้	3.71	0.49	มาก
รวมเฉลี่ย	4.03	0.19	มาก

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.03$, S.D. = 0.19) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ พบว่า สื่อการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรมมีความเหมาะสม กับเวลาและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 4.79 รองลงมา คือ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

การประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมพื้นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมสอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมพื้นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	N = 7		
	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
องค์ประกอบที่ 1 โครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้	4.86	0.38	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 2 รูปแบบการเรียนรู้	4.57	0.53	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 3 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มาใช้	4.71	0.49	มากที่สุด
องค์ประกอบที่ 4 ผลที่เกิดขึ้นต่อผู้เรียน	4.71	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.71	0.30	มากที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมพื้นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน (\bar{X} = 4.71, S.D. = 0.30) เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 โครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 4.86 รองลงมา คือ องค์ประกอบที่ 3 การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้มาใช้ และองค์ประกอบที่ 4 ผลที่เกิดขึ้นต่อผู้เรียน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.71 และองค์ประกอบที่ 2 รูปแบบการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.57

การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมพื้นฐาน(ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 CONNECT-ABL Model รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model)ร่วมกับกิจกรรมพื้นฐาน(ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แนวคิดและความเป็นมาของโมเดล CONNECT-ABL Model ดังนี้

- C – Connect to Prior Knowledge : กระตุ้นและเชื่อมโยงความรู้เดิม
- O – Obtain New Knowledge through Activities : แสวงหาความรู้ใหม่ผ่านกิจกรรม
- N – Navigate and Understand : ศึกษาและทำความเข้าใจข้อมูลจากกิจกรรม
- N – Network and Collaborate : สร้างเครือข่ายและทำงานร่วมกัน
- E – Explain and Organize Knowledge : อธิบายและจัดระเบียบความรู้
- C – Create and Perform : สร้างสรรค์และแสดงผลงาน
- T – Transfer and Apply Knowledge : ประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่

ระยะที่ 2 ผลการทดลองการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินชิ้นงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ประเมินผลงานชิ้นงาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80

คะแนนเต็ม	N	Mean	S.D.	เกณฑ์ร้อยละ 80	t-test
100	30	83.00	4.93	80	85.042

$t(.05,29) = 2.045$ *มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ผลการประเมินชิ้นงาน พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดล ชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 83.00คิดเป็นร้อยละ 83.00 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนชิ้นงานหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ตารางที่ 6 ผลการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัด กิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประเมินผลทักษะการคิด เชิงนวัตกรรมเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80

คะแนนเต็ม	N	Mean	S.D.	เกณฑ์ร้อยละ 80	t-test
20	30	16.73	1.46	16	38.385

$t(.05,29) = 2.045$ *มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ผลการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลชิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 16.73 คิดเป็นร้อยละ 83.65 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 80 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติระดับ .05

ระยะที่ 3 ผลการรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมสอดคล้องขององค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	N = 7		
	\bar{x}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านหลักการและแนวคิดของรูปแบบ	4.57	0.53	มากที่สุด
2. ด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบ	4.57	0.49	มากที่สุด
3. ด้านองค์ประกอบ	4.86	0.38	มากที่สุด
4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.57	0.53	มากที่สุด
5. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้	4.71	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.69	0.30	มากที่สุด

ผลการประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน พบว่า ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ($\bar{x} = 4.69$, S.D. = 0.30) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านองค์ประกอบ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 4.86 รองลงมา คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.71 และด้านหลักการและแนวคิดของรูปแบบด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบ และ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 4.57

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประเด็นการอภิปรายที่สำคัญตามวัตถุประสงค์ ของการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ผลการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการงานเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในระยะแรกนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแบบการเรียนรู้โดยอาศัยแนวทางการสังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึง ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม โดยเน้นการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking Skills) องค์ประกอบของรูปแบบประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ที่มาของรูปแบบการเรียนรู้ 2) รูปแบบการเรียนรู้ 3) การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้มาใช้ 4) ผลที่เกิดขึ้นต่อผู้เรียน รูปแบบที่พัฒนามีการ นำเสนอตามแนวคิดของ Joyce, Weil and Calhoun (2004) ที่เสนอไว้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนควรจะมีองค์ประกอบหลักที่ขาดไม่ได้ 4 องค์ประกอบ คือ 1. ที่มาของรูปแบบการเรียนการสอน 2. รูปแบบการเรียนการสอน 3. การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ และ 4. ผลที่เกิดขึ้นต่อผู้เรียน ซึ่งจะเป็นส่วนที่บ่งชี้ให้เห็นผลในอนาคตที่จะเกิดขึ้นหลังจากการนำรูปแบบไปใช้ และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ อภิชาติ อนุกุลเวช (2551) วิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบการเรียนการสอนฝึกปฏิบัติทางเทคนิคบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับ

นักเรียนอาชีวศึกษา รูปแบบนี้มีการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) สามารถกระตุ้นการคิดขั้นสูง การแก้ปัญหา และการสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบนี้ในระดับ "มากที่สุด" โดยค่าเฉลี่ยรวมของการประเมินอยู่ที่ 4.71 ซึ่งสะท้อนถึงความชัดเจนและความเหมาะสมของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ความสอดคล้องกับ Horn & Staker (2011) ระบุว่า การเรียนรู้แบบผสมผสานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ผ่านการเชื่อมโยงระหว่างแหล่งเรียนรู้แบบออนไลน์และแบบเผชิญหน้า ผลการศึกษาของพวกเขาแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการวิเคราะห์และการคิดเชิงนวัตกรรมได้ดียิ่งขึ้นเมื่อใช้รูปแบบนี้ 2) ผลการประเมินทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 81.92 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ร้อยละ 80 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Macdonald (2006) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้แบบผสมผสานเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้ตลอดเวลาแบบ Online และเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การประเมินผลที่สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ยังแสดงถึงการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมและตอบสนองต่อธรรมชาติของผู้เรียนในยุคดิจิทัล 3) ผลการรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 7 ท่าน ได้รับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้จริง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการทางการศึกษา ได้ อดี ความสอดคล้องกับประสพลาภ นุ่มนวล (2564) ทำการศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทย เรื่อง รามเกียรติ์ ตอน ศีกสายเลือด โดยจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล (CIPPA MODEL) ร่วมกับเกมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สรุปภาพรวมของผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนมีความก้าวหน้าอย่างชัดเจนในด้านการคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกัน และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ผลการประเมินในทุกระยะสะท้อนถึงความเหมาะสมและความสำเร็จของรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาอื่น ๆ เพื่อสร้างผู้เรียนที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหาและพัฒนา นวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการของสังคมในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. การนำผลการวิจัยไปใช้ ผู้สอนควรประเมินนิเทศชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ และผู้เรียนควรมีความรู้พื้นฐานในด้านเทคโนโลยีการเกษตรและการใช้สื่อออนไลน์
2. การศึกษาวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อประเมินว่าทักษะที่ได้รับส่งผลประสิทธิภาพและต่อยอดในเชิงพาณิชย์ หรือไม่

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลซิปปา (CIPPA Model) ร่วมกับกิจกรรมเป็นฐาน (ABL) ผ่านโครงการเกษตร เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสำเร็จและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ให้ข้อเสนอแนะ และรับรองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้กำลังใจ การสนับสนุน และความเข้าใจตลอดระยะเวลาในการศึกษาและดำเนินการวิจัย จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมา

7. เอกสารอ้างอิง

ชาญณรงค์ วิเศษศักดิ์. (2562). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงนวัตกรรมของนักศึกษาวิชาชีพครู*.

[วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต] มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทิตนา แชมมณี. (2563). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 24)*.

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสพลาภ นุ่มนวล. (2564). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทย เรื่องรามเกียรติ์ ตอน คีทสายเลือด โดยการจัดการเรียนรู้แบบ ซิปปาโมเดล (CIPPA MODEL) ร่วมกับเกม ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. [การค้นคว้าอิสระ ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต] พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศศิธร ลิ้นจี่พร. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมเป็นฐานโดยใช้แอปพลิเคชัน เพื่อการศึกษาบนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมความมีวินัยของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย*. [วิทยานิพนธ์ คุรุศาสตร์มหาบัณฑิต] สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพิรดา ดาวเรือง. (2555). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้การเรียนรู้แบบกิจกรรมเป็นฐานและเทคนิคเพื่อนคู่คิดบนวิกิเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*.

[วิทยานิพนธ์ คุรุศาสตร์มหาบัณฑิต] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิชาติ อนุกุลเวช. (2551). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนฝึกปฏิบัติทางเทคนิคบนเครือข่าย อินเทอร์เน็ต สำหรับนักเรียนอาชีวศึกษา*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต] มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Horn, B.M. & Staker, H. (2011). *The Rise of K-12 Blended Learning*. Unpublished. Paper, Innosight Institute.

Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2004). *Models of teaching*. Boston: Allyn and Bacon.

Lakshmi, A. (2007). *Activity-based learning a report on an innovative method in Tamil*

Nadu.<http://www.ssa.tn.nic.in/Docu/ABL-Report-byDr.Anandhalakshmi.pdf>

Macdonald, S. (2006): *อ้างอิงถึงหนังสือ เรื่อง A Companion to Museum Studies (คู่มือประกอบการศึกษา*

พิพิธภัณฑ์) แก้ไขโดย Sharon Macdonald ศาสตราจารย์ด้านมานุษยวิทยาสังคม ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญในด้าน
พิพิธภัณฑ์ศึกษาและประวัติศาสตร์วัฒนธรรม

NCSALL. (2006). Activity-based Instruction: Why and How. Retrieved June 12, 2018, from [www.ncsall.net/
fileadmin/resources/teach/GED_inst.pdf](http://www.ncsall.net/fileadmin/resources/teach/GED_inst.pdf)

ผลของการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์
รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลำปางกัลยาณี
จังหวัดลำปาง

Effects of Flipped Classroom Learning Integrated with Electronic Lessons on Online
Product Sales Website Development for Grade 10

ฐิติพงษ์ มิ่งเชื้อ

Thitipong Mingchua

โรงเรียนลำปางกัลยาณี อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

Lampang Kanlayanee School, Mueang Lampang, Lampang, ajankoo@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ – บริหารธุรกิจ โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ในวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.37) ประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เท่ากับ 80.37/83.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้ง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test มีค่า t เท่ากับ 7.8527 และมีค่า $p < .001$ สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ – บริหารธุรกิจ หลังจากรู้จักเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เฉลี่ยภาพรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.55, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.53)

คำสำคัญ: บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ห้องเรียนกลับด้าน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้า

Abstract

This research entitled “Effects of Flipped Classroom Learning Integrated with Electronic Lessons on Online Product Sales Website Development for Grade 10 Students in the Economics–Business Program at Lampang Kanlayanee School, Lampang Province” aimed to develop and evaluate the quality of a flipped classroom learning management plan integrated with electronic lessons (E-Lessons) in the course of online product sales

website development, as well as to investigate the satisfaction of Grade 10 students after studying through the electronic lessons. The results revealed that the flipped classroom learning management plan integrated with electronic lessons was of good quality (Mean = 4.37). The efficiency of the electronic lessons, in terms of process and outcome, was 80.37/83.12, which met the established criterion of 80/80. The students' learning achievement after studying was higher than before studying. It was found that the post-test learning achievement was higher than the pre-test. The results of the hypothesis testing using a t-test showed that $t=7.8527$ and $p<.001$. It can be concluded that the students' post-test learning achievement was significantly higher than the pre-test at the .05 level of statistical significance. In addition, the overall satisfaction of Grade 10 students in the Economics–Business program toward learning through the electronic lessons was at the highest level (Mean = 4.55, Standard Deviation = 0.53).

Keywords: Electronic lessons, Flipped classroom, Learning achievement, Online product sales website development

1. บทนำ

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และนโยบายการศึกษาของประเทศไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้ให้ความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพ มีสมรรถนะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เพื่อให้สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัล เศรษฐกิจฐานความรู้ และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565; กระทรวงศึกษาธิการ, 2566)

นอกจากนี้ แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 และแผนพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2566–2570 ยังได้กำหนดทิศทางการพัฒนาการศึกษาที่มุ่งเน้นการสร้างผู้เรียนให้เป็น “พลเมืองที่มีคุณภาพ” มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีสมรรถนะด้านดิจิทัล (Digital Literacy) และสามารถแข่งขันได้ในเวทีโลก พร้อมทั้งส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง) ซึ่งมุ่งพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม ทั้งด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยเฉพาะกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการทำงาน การใช้เทคโนโลยี และการเตรียมความพร้อมสู่โลกอาชีพในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาสภาพการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลำปางกัลยาณี พบว่ายังคงใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเป็นหลัก โดยครูเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้น้อย ขาดการมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน อีกทั้งมีข้อจำกัดด้านเวลาในการฝึกปฏิบัติ ทำให้นักเรียนไม่สามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และทักษะเชิงปฏิบัติได้อย่างเต็ม

ศักยภาพ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะในเรื่องการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับไม่น่าพอใจ ปัญหาดังกล่าว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ OECD (2021) และ UNESCO (2023) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบเน้นครูเป็นศูนย์กลางไม่สามารถส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนในระยะยาว

จากบริบทดังกล่าว แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจึงได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่พลิกบทบาทของการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์นอกเวลาเรียน และใช้เวลาในชั้นเรียนเพื่อทำกิจกรรมเชิงปฏิบัติ การอภิปราย การทำงานร่วมกัน และการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน รวมทั้งระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง (Bishop & Verleger, 2013; Chen et al., 2022) ขณะเดียวกัน บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล เนื่องจากสามารถนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบมัลติมีเดียที่หลากหลาย มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองตามศักยภาพและความสนใจ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิผลทางการเรียนและแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Hodges et al., 2020; Bond et al., 2021)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลำปางกัลยาณี โดยมุ่งหวังที่จะส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพและพร้อมต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์
2. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ – บริหารธุรกิจ ที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.1 การหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Lessons) ในวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและตอบแบบประเมินคุณภาพ แผนการจัดการเรียนรู้

3.1.2 นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ – บริหารธุรกิจ จำนวน 1 ห้อง 40 คน โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.2.1 ผู้วิจัยชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอน และวิธีการใช้งานบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ สื่อสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน

3.2.2 ให้นักเรียนศึกษาเรียนรู้ที่หน่วยการเรียนรู้ด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยตนเองที่บ้านแล้วทดลองทำแบบฝึกหัด จากนั้นในคาบเรียนให้นักเรียนลงมือทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเพื่อเก็บสะสมคะแนนรวมกันเป็นคะแนนของกระบวนการ แล้วทำการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ

3.2.3 หลังจากจบกระบวนการทดลองแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์

3.2.4 นำผลการทดสอบระหว่างเรียนและหลังเรียนมาหาประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ E^1/E^2 คือ 80/80

3.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

3.3.1 ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3.3.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของแผนการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

3.3.3 ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3.3.4 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ด้วยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

ตารางที่ 4.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี (ค่าเฉลี่ย = 4.37)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับคุณภาพ
1. ความครบถ้วนและสอดคล้องสัมพันธ์กันขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้	4.89	0.19	ดีมาก
2. ความถูกต้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.58	ดี

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน	ระดับ
		มาตรฐาน	คุณภาพ
3. ความถูกต้องของเนื้อหาสาระ	4.67	0.58	ดี
4. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้	4.33	0.39	ดี
5. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้	4.11	0.19	ดี
6. ความถูกต้องและเหมาะสมของการวัดและประเมินผล	4.17	0.58	ดี
รวม	4.37	0.35	ดี

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน โดยภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.37) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านความครบถ้วนและสอดคล้องสัมพันธ์กันขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.89) รองลงมาได้แก่ ด้านความถูกต้องของเนื้อหาสาระมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.67) และด้านความถูกต้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ด้านความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.33) ตามลำดับ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ ด้านความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.11) ซึ่งสรุปได้ว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์โดยรวมมีคุณภาพในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์เท่ากับ 80.37/83.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

การหาประสิทธิภาพของบทเรียน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของบทเรียน
แบบทดสอบระหว่างเรียน (E^1)	40	30	24.11	80.37	80.37/83.12
แบบทดสอบหลังเรียน (E^2)		30	26.65	83.12	

จากตารางที่ 4.2 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ได้คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนเท่ากับ 24.11 คิดเป็นร้อยละ 80.37 (E^1) และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 26.65 คิดเป็นร้อยละ 83.12 (E^2) แสดงว่า บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพ (E^1/E^2) เท่ากับ 80.37/83.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	p
แบบทดสอบก่อนเรียน	40	30	21.29	2.02	7.8527*	<.001
แบบทดสอบหลังเรียน		30	26.65	1.57		

จากตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 21.29 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 26.65 แสดงให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า คะแนนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 2.02 มีการกระจายของข้อมูลมากกว่าคะแนนหลังเรียนที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.57 สะท้อนให้เห็นว่าผลการเรียนหลังเรียนมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test มีค่า t เท่ากับ 7.8527 และมีค่า $p < .001$ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ – บริหารธุรกิจ ที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ภาพรวมทุกด้านเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.55, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.53)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านคู่มือแนะนำการใช้งานบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์			
1.1 คู่มือมีลำดับขั้นตอนชัดเจน	4.69	0.47	มากที่สุด
1.2 คู่มือในการใช้บทเรียนเข้าใจง่าย	4.53	0.10	มากที่สุด
1.3 ภาพรวมด้านคู่มือแนะนำการใช้งานบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.61	0.29	มากที่สุด
2. ด้านการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์			
2.1 ภาษาที่ใช้ในบทเรียนบนบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์เข้าใจง่าย	4.85	0.37	มากที่สุด
2.2 เนื้อหาวิชาเข้าใจง่าย	4.69	0.47	มากที่สุด
2.3 ปริมาณเนื้อหาในแต่ละบทเรียนมีความเหมาะสม	4.41	0.59	มาก
2.4 นักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจในเนื้อหาได้ด้วยตนเอง	4.28	0.72	มาก
2.5 ภาพรวมด้านการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.56	0.54	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์			
3.1 แบบของตัวอักษรที่ใช้ในบทเรียนบนเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.41	0.59	มาก
3.2 สีของตัวอักษรที่ใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม	4.48	0.68	มาก
3.3 ภาพกราฟิกในบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม	4.45	0.61	มาก
3.4 เสียงมีความเหมาะสมกับเนื้อหาในบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.54	0.64	มากที่สุด
3.5 ภาพรวมด้านการออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.47	0.63	มาก
4. ด้านประโยชน์จากการเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์			
4.1 บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ให้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาได้เช่นเดียวกับเรียนจากครูผู้สอน	4.49	0.88	มาก
4.2 บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ทำให้สามารถศึกษาบทเรียนได้ตลอดเวลา	4.67	0.48	มากที่สุด
4.3 บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ช่วยแก้ปัญหาการเรียนไม่ทันเพื่อนได้	4.59	0.82	มากที่สุด
4.4 บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเหมือนจริง	4.49	0.51	มาก
4.5 ภาพรวมด้านประโยชน์จากการเรียนบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.56	0.67	มากที่สุด
ภาพรวมทุกด้าน	4.55	0.53	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอน ด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ภาพรวมทุกด้านเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.55, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.53) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า รายการที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุดมี 3 ด้าน เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ ด้านคู่มือแนะนำการใช้งานบทเรียนบนเว็บไซต์ (ค่าเฉลี่ย = 4.61, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.29) ด้านประโยชน์จากการเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (ค่าเฉลี่ย = 4.56, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.67) และด้านการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (ค่าเฉลี่ย = 4.56, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.54) ส่วนรายการที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีจำนวน 1 ด้าน คือ ด้านการออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (ค่าเฉลี่ย = 4.47, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.63)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการศึกษาพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.37) ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยยึดหลักการและทฤษฎีทางการศึกษาเป็นสำคัญ ครอบคลุมองค์ประกอบหลัก 6 ด้าน ได้แก่ ความครบถ้วนขององค์ประกอบ ความถูกต้องของวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผล อีกทั้งมีการวิเคราะห์โครงสร้างเนื้อหาให้สอดคล้องกับหลักสูตร ตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมทั้งออกแบบกิจกรรมตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุกและการเรียนรู้แบบรอบรู้ (Mastery Learning) นอกจากนี้ยังผ่านกระบวนการตรวจสอบ แก้ไข และปรับปรุงจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเป็นขั้นตอน จึงส่งผลให้แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุภาวดี อินทร์แก้ว (2566) และ กิตติพงษ์ ศรีสุวรรณ (2567) ที่พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาอย่างเป็นระบบจะมีคุณภาพอยู่ในระดับดีถึงดีมาก

5.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ในส่วนของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.37/83.12 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (80/80) แสดงให้เห็นว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาบทเรียนดำเนินการตามกระบวนการ ADDIE Model อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Development) การทดลองใช้ (Implementation) และการประเมินผล (Evaluation) โดยมีการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค รวมถึงมีการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเพื่อนำผลมาปรับปรุงก่อนการใช้งานจริง ส่งผลให้บทเรียนมีความสมบูรณ์ น่าสนใจ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของชลธิชา พรหมมา (2565) และ ณัฐวุฒิ แก้วคำ (2568) ที่พบว่าบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่พัฒนาอย่างเป็นระบบตามกระบวนการ ADDIE Model จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสามารถนำไปใช้ได้มีประสิทธิภาพ

5.3 ผลการหาค่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ t-test มีค่า t เท่ากับ 7.8527 และมีค่า $p < .001$ สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับรูปแบบห้องเรียนกลับด้านสามารถพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนมีการนำเสนอเนื้อหาที่ถูกต้อง ชัดเจน มีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม และมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ อีกทั้งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองล่วงหน้าและทบทวนเนื้อหาได้ตามความต้องการ ส่งผลให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปริยานุช คำหล้า (2566) และ ธนกร วงศ์สุวรรณ (2567) ที่พบว่าการใช้บทเรียนออนไลน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 ผลการหาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนเศรษฐศาสตร์ - บริหารธุรกิจ ที่เรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ผ่านบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์และรูปแบบห้องเรียนกลับด้าน ทั้งในด้านการออกแบบสื่อที่มีความน่าสนใจ การใช้ภาพ สี และตัวอักษรที่เหมาะสม ความสะดวกในการใช้งาน รวมถึงความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ที่สามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลา อีกทั้งรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนมากยิ่งขึ้น ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การคิดวิเคราะห์ และการเรียนรู้ตามศักยภาพของแต่ละบุคคล

ทั้งนี้ เนื่องจากบทเรียนมีการออกแบบที่เหมาะสม มีภาพประกอบและสื่อที่ช่วยกระตุ้นความสนใจ อีกทั้งสามารถเรียนรู้และทบทวนได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งช่วยตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ วราภรณ์ จันทร์เพ็ญ (2565 : บทคัดย่อ) ที่พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนออนไลน์ในระดับมากที่สุด และยังสอดคล้องกับศุภชัย นิลน้อย (2568 : บทคัดย่อ) ที่รายงานว่า การใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับห้องเรียนกลับด้านส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง

กล่าวโดยสรุป จากการอภิปรายผลการศึกษาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้กับนักเรียนที่เรียนในเรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือเรื่องที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

6.1 ผู้สอนสามารถนำบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา การสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เรื่อง การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ไปประยุกต์ใช้ประกอบเป็นสื่อการสอนในห้องเรียนได้ และยังสามารถให้นักเรียนใช้ในการทบทวนที่บ้านได้

6.2 ผู้สอนควรให้คำแนะนำและชี้แจงขั้นตอนการใช้งานบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ให้นักเรียนเข้าใจอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน

6.3 การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหารายวิชาที่มีเวลาในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนไม่เพียงพอ ทั้งนี้ผู้สอนจะต้องศึกษา และวางแผนในการจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของรายวิชานั้น ๆ

6.4 ในการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาบทเรียนด้วยตนเองจากที่บ้าน แต่ด้วยความพร้อมด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตของนักเรียนแต่ละคนอาจไม่เท่ากัน ผู้สอนควรเตรียมแนวทางแก้ไข เช่น การออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถแสดงผลและใช้งานผ่านสมาร์ตโฟน (Responsive Design) ได้อย่างสมบูรณ์ หรือการเปิดให้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในช่วงพักกลางวันหรือหลังเลิกเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนที่ไม่มีอุปกรณ์สามารถเข้าถึงบทเรียนได้

6.5 ปัญหาหนึ่งที่พบคือผู้เรียนอาจขาดความรับผิดชอบในการศึกษาบทเรียนล่วงหน้ามาก่อนเข้าชั้นเรียน ผู้สอนควรมีกิจกรรมในการตรวจสอบการเข้าเรียนหรือการประเมินความรู้เบื้องต้น (Pre-class Quiz) สั้นๆ ก่อนเริ่มกิจกรรมในห้องเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเตรียมตัวล่วงหน้า และนำคะแนนส่วนนี้ไปบูรณาการกับคะแนนระหว่างเรียน

6.6 เนื่องจากวิชาการสร้างเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรมและเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนอาจพบข้อติดขัดหรือปัญหาทางเทคนิคระหว่างการศึกษาลงมือปฏิบัติด้วยตนเองที่บ้าน ผู้สอนควรจัดเตรียมช่องทางการสื่อสารออนไลน์ (เช่น กลุ่ม Line, Facebook Group หรือ Discord) เพื่อให้นักเรียนสามารถสอบถามปัญหา แจ้งข้อขัดข้อง หรือแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนและครูผู้สอนได้แบบเรียลไทม์

7. เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ศรีสุวรรณ. (2567). การออกแบบการเรียนรู้เชิงรุกในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการครุศาสตร์*, 18(1), 22–35.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). แผนพัฒนาการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2566–2570. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ชลธิชา พรหมมา. (2565). การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้รูปแบบ ADDIE. *วารสารเทคโนโลยีการศึกษา*, 14(3), 78–92.
- ณัฐวุฒิ แก้วคำ. (2568). ประสิทธิภาพของบทเรียนออนไลน์ในระดับมัธยมศึกษา. *วารสารนวัตกรรมการศึกษา*, 19(1), 33–47.
- ธนกร วงศ์สุวรรณ. (2567). การใช้สื่อดิจิทัลในการพัฒนาการเรียนรู้. *วารสารการศึกษาไทย*, 20(1), 55–70.
- ปริญญานุช คำหล้า. (2566). การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. *วารสารครุศาสตร์*, 15(2), 90–105.
- วารภรณ์ จันทร์เพ็ญ. (2565). ความพึงพอใจของนักเรียนต่อบทเรียนออนไลน์. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 16(1), 120–135.
- ศุภชัย นิลน้อย. (2568). การใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับห้องเรียนกลับด้าน. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 21(2), 66–80.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2566). แนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพมหานคร: สพฐ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2565). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13. (พ.ศ. 2566–2570). กรุงเทพมหานคร: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สุภาวดี อินทร์แก้ว. (2566). การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบห้องเรียนกลับด้าน. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 17(2), 45–60.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. Proceedings of the ASEE National Conference, Atlanta, GA.

Bond, M., et al. (2021). Emergency remote teaching in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 50.

Chen, H., et al. (2022). Effects of flipped classroom on student learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 1–20.

Hodges, C., et al. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review*, 27.

OECD. (2021). 21st century readers: Developing literacy skills in a digital world. Paris: OECD Publishing.

UNESCO. (2023). Global education monitoring report 2023. Paris: UNESCO.

การออกแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ
The Design of 3D Animation Media Integrated with Augmented Reality Technology to
Promote Buddhist Tourism.

ปฏิพัทธ์ ทองเทศ^{1*}, คมกฤษ จิระบุตร¹, ภาณุพันธ์ จิตคำ¹
Patiphat Thongthet^{1*}, Khomkrit Jiraboot¹, Panuphan Jitkham¹

¹คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

¹Digital Media Technology, Chiang Rai Rajabhat University, *651768005@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวที่เหมาะสมและน่าสนใจ เพื่อพัฒนาสื่อการท่องเที่ยวในรูปแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ได้มาใช้ต่อสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม การวิจัยเริ่มจากการวิเคราะห์เนื้อหาประวัติและปรีศนาธรรม จากนั้นนำมาออกแบบตัวละครสามมิติที่จะอธิบายข้อมูลต่าง ๆ ในแต่ละจุดภายในวัด แล้วจึงพัฒนาเป็นสื่อความจริงเสริม (AR) ที่แสดงผลผ่านสมาร์ตโฟน เครื่องมือวิจัย คือ แบบสอบถามความพึงพอใจ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ 4 ด้าน และนักท่องเที่ยว จำนวน 154 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบสุ่ม ผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางการพัฒนาสื่อที่เหมาะสม คือ การนำเสนอผ่านตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติ ที่สร้างอัตลักษณ์เชื่อมโยงกับสัตว์ประจำปีนักษัตร ผ่านระบบ Web-based AR ที่ไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชัน 2) ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 4 ด้าน พบว่ามีความเหมาะสมในระดับดีมาก 3) ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยว พบว่าในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ ดีมาก ($\bar{X} = 4.42$) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านเนื้อหาและประสบการณ์ผู้ใช้ อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.58$) รองลงมาคือด้านการใช้งาน ($\bar{X} = 4.25$) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถดึงดูดความสนใจและช่วยให้กลุ่มเป้าหมายเข้าใจปรีศนาธรรมได้ง่ายขึ้นผ่านประสบการณ์เทคโนโลยีสมัยใหม่

คำสำคัญ: แอนิเมชันสามมิติ เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) การท่องเที่ยวเชิงพุทธ วัดพระธาตุแช่แห้ง การออกแบบสื่อ

Abstract

This research aims to study appropriate and engaging approaches to developing tourism promotion media, specifically focusing on the development of 3D animation media incorporating augmented reality (AR) technology to promote Buddhist tourism. The study also evaluates user satisfaction with this AR media. The research began by analyzing the historical content and Buddhist riddles surrounding the temple. This was followed by the design of 3D characters to explain various information at each point within the temple, and then developed into AR media displayed via smartphones. The research instrument was a satisfaction

questionnaire. The sample group consisted of 154 individuals, including experts in four fields and tourists, selected randomly. The results showed that: 1) The most appropriate media development approach is presenting the content through 3D animation characters that create an identity linked to the zodiac animals, via a web-based AR system that does not require app installation. 2) The quality evaluation by the four experts indicated a very high level of appropriateness. 3) The satisfaction evaluation by the tourist sample group showed an overall high level of satisfaction ($\bar{X} = 4.42$), with the highest average scores in content and user experience. The level of satisfaction was very good ($\bar{X} = 4.58$), followed by usability ($\bar{X} = 4.25$), indicating that the developed media can attract attention and help the target audience understand the philosophical riddle more easily through modern technological experience.

Keywords: 3D Animation, Augmented Reality (AR), Web-based AR, Media Design, Character Design

1. บทนำ

ปัจจุบันการท่องเที่ยวมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตาม นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ มักมุ่งเน้นเพียงการทำบุญหรือถ่ายภาพ มากกว่าการเรียนรู้คุณค่าทางพุทธศิลป์ โดยผลสำรวจล่าสุดพบว่าประชาชนร้อยละ 46.63 ระบุว่าไม่ได้เดินทางไปวัดเลยในรอบปีและยังมีอีกร้อยละ 37.38 ที่เข้าเป็นบางครั้งต่อเดือนที่ผ่านมาเนื่องจากวิถีชีวิตที่เร่งรีบและขาดความเชื่อมั่นต่อภาพลักษณ์ของคณะสงฆ์ในสื่อ (ไทยรัฐออนไลน์, 2568) นอกจากนี้ การจัดการท่องเที่ยวเชิงพุทธยังประสบปัญหาเรื่องการสื่อสารข้อมูลที่ยังเป็นรูปแบบเดิม ขาดความน่าสนใจ และไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้รับสารในยุคดิจิทัล (พระสนั่น เจริญยิ่ง, 2565)

จากการศึกษาค้นคว้าผู้วิจัยพบว่า การใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) สามารถช่วยเพิ่มความน่าสนใจและสร้างประสบการณ์เชิงโต้ตอบให้กับผู้ใช้งานได้ (กนกกาญจน์ นมะหุต และคณะ, 2568) ขณะที่สื่อแอนิเมชันสามมิติสามารถช่วยอธิบายเนื้อหาที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น (สิริรัตน์ นิลศรี และ พัชรกาญจน์ มะลิวัลย์, 2567) ผู้วิจัยพบว่างานวิจัยรูปแบบเดิมมีช่องว่างในด้านความซับซ้อนของเนื้อหาทางพุทธศิลป์และหลักธรรม เช่น วัดหรือโบราณสถานหลายแห่งมีประวัติศาสตร์และหลักธรรมที่ลึกซึ้ง ซึ่งสื่อสิ่งพิมพ์หรือป้ายบอกทางแบบเดิมไม่สามารถอธิบายให้ดึงดูดใจหรือเข้าใจง่ายได้ โดยเฉพาะกับนักท่องเที่ยวรุ่นใหม่ ด้านข้อจำกัดทางกายภาพของโบราณสถาน เช่น ในสถานที่ท่องเที่ยวเชิงพุทธที่เป็นโบราณสถาน สิ่งก่อสร้างมักขรุขระทรุดโทรม ทำให้นักท่องเที่ยวไม่เห็นภาพความรุ่งเรืองในอดีต หรือไม่สามารถสัมผัสประสบการณ์ที่สมบูรณ์ได้อีกทั้งยังขาดการปฏิสัมพันธ์ (Engagement) การท่องเที่ยวเชิงพุทธมักถูกมองว่าน่าเบื่อหรือจำกัดอยู่แค่การไหว้พระ ขาดการมีส่วนร่วมที่ทำให้นักท่องเที่ยวจดจำและอยากบอกต่อ

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนเนื้อหาธรรมให้เป็นรูปธรรมที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะในด้านการเรียนรู้และการสื่อสารข้อมูล ซึ่งช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เนื่องจากสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาได้โดยตรง (วัชรวิภา ธรรมสอน และคณะ, 2565) นอกจากนี้ AR ยังสามารถประยุกต์ใช้ในบริบทของการท่องเที่ยวและวัฒนธรรม เพื่ออธิบายข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น ประวัติศาสตร์และโบราณสถาน ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ช่วยเพิ่มความน่าสนใจของข้อมูลและส่งเสริมการรับรู้ของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วิชุดา ช่วยพิชัย, 2566)

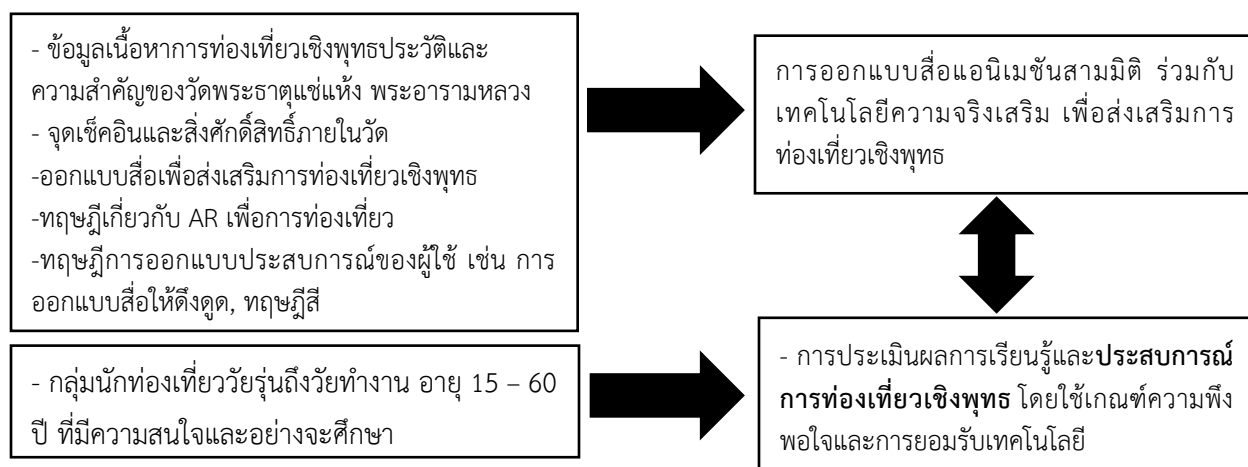
ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมบนแพลตฟอร์ม Web-based AR ซึ่งมีจุดเด่นด้านการเข้าถึงที่สะดวกรวดเร็วโดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชัน โดยดำเนินการออกแบบมีคฤเทศก์เสมือนที่มีอัตลักษณ์เชื่อมโยงกับวัด เพื่อทำหน้าที่ถ่ายทอดเนื้อหาผ่านกลยุทธ์การดึงดูดความสนใจภายในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของสื่อมัลติมีเดียสามมิติที่ช่วยเปลี่ยนเนื้อหาหลักธรรมที่เป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนและเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น (ยุทธศักดิ์ ทองแสน, 2567) อันเป็นการยกระดับภาพลักษณ์การท่องเที่ยวเชิงพุทธให้มีความทันสมัย และเพิ่มขีดความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านนวัตกรรมดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาสื่อการท่องเที่ยวในรูปแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ
- 2.2 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ได้มาใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธจะสามารถช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ กรอบแนวคิดของการวิจัย แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

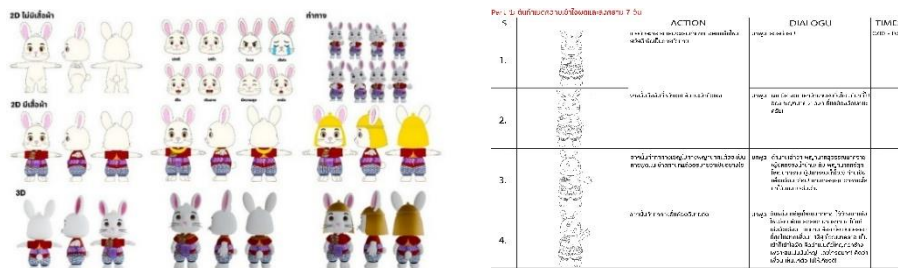
การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 5 ระยะ ดังนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาประวัติและประติมากรรม ณ วัดพระธาตุแช่แห้ง จ.น่าน โดยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อคัดเลือกจุดเช็คอินสำคัญที่มีคุณค่าทางวัฒนธรรมและพุทธศิลป์ จำนวน 9 จุด พร้อมทั้งศึกษาพฤติกรรมกลุ่มเป้าหมายคือนักท่องเที่ยววัยรุ่นถึงวัยทำงาน ช่วงอายุ 15 - 59 ปี ที่มีความคุ้นเคยกับการใช้สมาร์ทโฟนนอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการรับสารของกลุ่มเป้าหมาย พบว่ามีช่วงความสนใจเฉลี่ย ที่จดจ่ออยู่กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งบนหน้าจอเพียง 8-12 วินาที ผู้วิจัยจึงนำประเด็นดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกและสรุปเนื้อหาพุทธประวัติจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ เพื่อวางแผนการสร้างสื่อที่มีความกระชับและดึงดูดใจ โดยเน้นการสื่อสารผ่านตัวละครสมมติที่มีอัตลักษณ์เชื่อมโยงกับพุทธสถานทั้ง 9 แห่ง

2. การออกแบบสื่อ

2.1 การออกแบบตัวละคร (Character Design): ผู้วิจัยได้ออกแบบตัวละครมีคฤศม์คล้ายสามมิติ เป็นกระต่ายสีขาวชื่อ "วิสุ" (มาจากคำว่า วิสุทธิ์ สื่อถึงความบริสุทธิ์ทางธรรมและพระนิพพาน) ซึ่งสอดคล้องกับสัตว์ประจำปีนักษัตรของวัด โดยใช้ซอฟต์แวร์ Blender ในกระบวนการปั้นโมเดล (3D Modeling) การใส่กระดูก (Rigging) และการสร้างแอนิเมชัน (Animation)

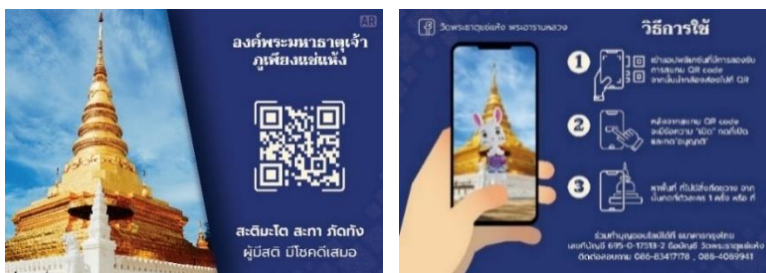


ภาพที่ 2 ตัวอย่างการเขียนสตอรี่บอร์ดและออกแบบตัวละครการสร้างโมเดลตัวละคร 3D และการทำแอนิเมชัน

การออกแบบเนื้อหา (Content Design): จัดทำสตอรี่บอร์ด (Storyboard) ของทั้ง 9 จุดเช็คอิน โดยออกแบบให้สอดคล้องกับพฤติกรรมรับรู้ของคนรุ่นใหม่ (Gen Z) โดยเน้นการสร้างแรงบันดาลใจ ในช่วง 3-5 วินาทีแรก และใช้เวลาบรรยายปริศนาธรรมจุดละประมาณ 3-5 นาที โดยเนื้อหาในแต่ละจุดจะมีการสอดแทรกกุศโลบายทางธรรมที่สำคัญ เช่น จุดพญานาคหน้าวัดจะบรรยายเรื่องความขัดแย้งของสองตระกูลพญานาคเพื่อสอนเรื่องการลดทิฐิและอีโก้ เป็นต้น

2.2 ผู้วิจัยได้ออกแบบสื่อสิ่งพิมพ์เพื่อเป็นตัวกลางในการเข้าถึงระบบความจริงเสริม โดยแบ่งรูปแบบการทำงานตามลักษณะการใช้งาน 2 รูปแบบ ดังนี้:

2.2.1 สื่อประจำจุดเช็คอินระบบ World Tracking (ป้ายขนาด A3) จัดทำเป็นป้ายขนาด A3 จำนวน 2 ใบต่อหนึ่งจุดเช็คอิน โดยใบที่ 1 คือป้ายแสดงภาพกราฟิกหลัก และใบที่ 2 คือป้ายอธิบายวิธีการใช้งานระบบ WebAR ใช้เทคโนโลยี World Tracking เพื่อให้ตัวละคร "วิสุ" ปรากฏตัวและวางตำแหน่งลงบนพื้นที่จริง ณ จุดเช็คอินทั้ง 9 แห่ง



ภาพที่ 3 ป้ายขนาด A3 สื่อประจำจุดเช็คอินระบบ World Tracking

2.2.2 สื่อแบบพกพาระบบ Image Tracking (การติดตามนามบัตร) จัดทำเป็นการ์ดขนาดพกพาสำหรับแจกให้นักท่องเที่ยว ใช้เทคโนโลยี Image Tracking โดยกำหนดให้กราฟิกบนการ์ดเป็นมาร์กเกอร์ เมื่อสแกนแล้วตัวละคร "วิสุ" จะปรากฏซ้อนทับอยู่บนหน้าการ์ดทันที เพื่อให้นักท่องเที่ยวนำไปปรับชมได้ทุกที่



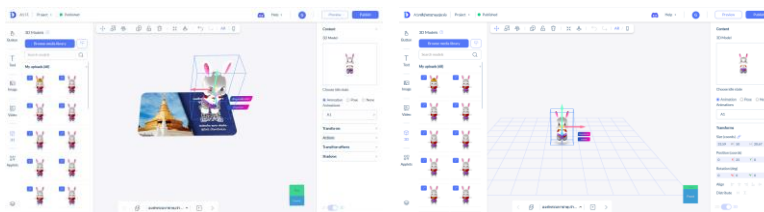
ภาพที่ 4 การ์ดขนาดนามบัตร Image Tracking

3.การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสริม

นำโมเดลสามมิติมาประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ผ่านแพลตฟอร์ม Zap works โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 การกำหนดการติดตามภาพ (Image Tracking): นำภาพถ่ายสถาปัตยกรรมจริงของจุดเช็คอินทั้ง 9 แห่ง มาใช้เป็นมาร์กเกอร์ (Marker) เพื่อเป็นจุดกระตุ้น (Trigger) ให้ระบบแสดงผล

3.2 การพัฒนาระบบ (WebAR Deployment): พัฒนาสื่อในรูปแบบ Web-based AR เพื่อให้แสดงผลผ่านสมาร์ทโฟนได้ ซึ่งช่วยลดความยุ่งยากในการดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้สามารถสแกนรหัสคิวอาร์ (QR Code) ณ จุดเช็คอิน และรับชมตัวละคร "วิสุ" พร้อมเสียงบรรยาย (Spatial Audio) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ทันทีนอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการ Retopology โมเดลของตัวละครและไฟล์ที่ไม่จำเป็นออก เช่น ไฟล์ภาพที่เป็นแบบของโมเดลหรือไฟล์เสียงที่ใส่เข้าไปเพื่อดูว่าปากตัวละครนั้น ขยับตามเสียงหรือป่าวจากนั้นได้อัพโหลดโมเดลเป็นไฟล์ GLB ขนาดไม่เกิน 35 MB และนำไปอัปโหลดลงในแพลตฟอร์ม Zap works พร้อมทั้งเสียงจากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดการทำงานของระบบให้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว เพื่อรักษาความต่อเนื่องของการรับชมสื่อแอนิเมชันให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ใช้กลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงาน



ภาพที่ 5 การสร้างสื่อความจริงเสริมด้วยเว็บไซต์ zap works

4. การทดสอบและประเมินผล

ผู้วิจัยได้นำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้และประเมินผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผู้วิจัยนำแบบประเมินคุณภาพสื่อและแบบสอบถามความพึงพอใจ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งได้ค่าระหว่าง 0.67 – 1.00 จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือด้วยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นในระดับที่น่าไปใช้งานได้

4.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านเนื้อหาประวัติและปรีตนาธรรม 2) ด้านเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) 3) ด้านการออกแบบตัวละครและสื่อแอนิเมชัน และ 4) ด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิภาพของสื่อก่อนนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

4.3 กลุ่มตัวอย่าง ทำการเก็บข้อมูลจากนักท่องเที่ยวกลุ่มวัยรุ่นถึงวัยทำงาน ณ วัดพระธาตุแช่แห้ง จำนวน 154 คน ซึ่งสุ่มแบบบังเอิญ จากการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยสูตรของ (Taro Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 จากขนาดประชากรโดยประมาณ 250 คน ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

n = ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดประชากร (250 คน)

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (0.05)

เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทการวิจัยและข้อจำกัดด้านทรัพยากร ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 154 คน ซึ่งเพียงพอในการสะท้อนความคิดเห็นและพฤติกรรมในการใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากแบบสอบถามจะถูกตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องก่อนนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ดังนี้ (ธานินทร์ ศิลป์จารุ, 2567)

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึง น้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึง น้อย
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึง ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึง มาก
ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึง มากที่สุด

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธจาก การนำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัย สามารถนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการสร้างสื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ

ผู้วิจัยมุ่งเน้นการสร้างประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ผ่านตัวละครมีคฤศก์เทศก์เสมือนสามมิติชื่อ 'วิสุ' ซึ่งเป็นตัวแทนสัตว์ประจำปีนักษัตรของวัดพระธาตุแช่แห้ง โดยเน้นการออกแบบให้มีลักษณะที่เป็นมิตรและเข้าถึงง่ายสำหรับคนรุ่นใหม่และวัยทำงาน เพื่อลดระยะห่างระหว่างหลักสูตรทางพุทธศาสนากับนักท่องเที่ยว ผลการดำเนินงานพบว่า สื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ณ จุดเช็คอินทั้ง 9 แห่งภายในวัด โดยผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการเข้าถึงสื่อออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1. ระบบ World Tracking ผ่านการติดตั้งป้ายสื่อความหมายขนาด A3 จำนวน 2 ใบต่อจุด 2. ระบบ Image Tracking ผ่านการแจกการ์ดมีคฤศก์เทศก์เสมือนขนาดนามบัตร

ซึ่งระบบ WebAR สามารถตรวจจับพิกัดพื้นที่และมาร์กเกอร์จากการ์ดได้อย่างแม่นยำ และแสดงผลแอนิเมชันตัวละครพร้อมเสียงบรรยายที่มีความกระชับ ช่วยให้นักท่องเที่ยวเกิดความเพลิดเพลินและได้รับความรู้เชิงพุทธศิลป์ไปพร้อมกัน



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติ ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ

3. ผลการวิเคราะห์การตอบแบบทดสอบความรู้ ก่อนและหลังการใช้งานสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านความรู้เกี่ยวกับประวัติและปรีชาธรรมของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 154 คน โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการรับชมสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบทดสอบความรู้

ก่อนใช้งาน/หลังใช้งาน	ตอบถูก (คน)	ร้อยละ	ตอบผิด (คน)	ร้อยละ
ก่อนใช้งาน	62	40.26	92	59.74
หลังใช้งาน	120	77.92	34	22.08

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนการใช้งานสื่อ ผู้ตอบแบบทดสอบสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องจำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 40.26 และตอบผิดจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 59.74 หลังจากการใช้งานสื่อ พบว่า ผู้ตอบแบบทดสอบสามารถตอบถูกเพิ่มขึ้นเป็น 120 คน คิดเป็นร้อยละ 77.92 และตอบผิดลดลงเหลือ 34 คน คิดเป็นร้อยละ 22.08 แสดงให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างชัดเจน

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธ

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	74	48.05
หญิง	62	40.26
LGBTQ+	18	11.69
รวม	154	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 74 คน คิดเป็น ร้อยละ 48.05 และเป็นเพศหญิงจำนวน 62 คน คิดเป็น ร้อยละ 40.26 และ LGBTQ+ จำนวน 18 คน คิดเป็น ร้อยละ 11.69 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า - 14 ปี (Gen Alpha)	12	7.79
15 - 29 ปี (Gen Z)	38	24.68
30 - 45 ปี (Gen Y)	74	48.05
46 - 60 ปีขึ้นไป (Gen X)	30	19.48
รวม	154	100.00

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม Gen Y จำนวน 74 คน คิดเป็นร้อยละ 48.05 รองลงมา คือ กลุ่ม Gen Z จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 24.68 อันดับที่สามคือกลุ่ม Gen X จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 19.48 และอันดับสุดท้ายคือกลุ่ม Gen Alpha จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 7.79

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกประสบการณ์การใช้เทคโนโลยี AR

การใช้งาน	จำนวน	ร้อยละ
ไม่เคยใช้งานมาก่อน	64	41.56
เคยใช้งานบ้างเล็กน้อย	68	44.15
ใช้งานเป็นประจำ	22	14.29
รวม	154	100.00

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยใช้งานบ้างเล็กน้อย จำ 68 คน คิดเป็น ร้อยละ 44.15 และไม่เคยใช้งานมาก่อนจำนวน 64 คน คิดเป็น ร้อยละ 41.56 และ ใช้งานเป็นประจำ จำนวน 22 คน คิดเป็น ร้อยละ 14.29

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านการใช้งาน

ความพึงพอใจต่อการใช้งาน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ขั้นตอนการเข้าใช้งานสื่อ (สแกน AR) ทำได้ง่ายและไม่ซับซ้อน	4.32	0.68	มาก
2. สื่อแสดงผลได้อย่างรวดเร็วและมีความลื่นไหล	4.15	0.72	มาก
3. ขนาดของตัวอักษรและปุ่มควบคุมมีความเหมาะสม ใช้งานสะดวก	4.28	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.25	0.68	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.25$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า สื่อแสดงผลได้อย่างรวดเร็วและมีความลื่นไหล ($\bar{X} = 4.15$) รองลงมา คือ ขั้นตอนการเข้าใช้งานสื่อทำได้ง่ายไม่ซับซ้อน ($\bar{X} = 4.32$) และขนาดของตัวอักษรและปุ่มควบคุม มีความเหมาะสม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{X} = 4.28$) ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนาระบบในรูปแบบ Web-based AR ที่ลดความหน่วง (Low Latency) เพื่อตอบสนองพฤติกรรมผู้ใช้

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านการนำเสนอ

ความพึงพอใจต่อการใช้งาน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติ มีความสวยงามและน่าสนใจ	4.45	0.62	มาก
2. เสียงประกอบหรือการพากย์เสียงมีความชัดเจน	4.45	0.62	มาก
3. การจัดวางองค์ประกอบบนหน้าจอมีความสวยงาม สบายตา	4.36	0.64	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.42	0.63	มาก

จากตารางที่ 6 พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านการนำเสนอ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติ มีความสวยงามและน่าสนใจ และ เสียงประกอบหรือการพากย์เสียงมีความชัดเจน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในระดับมากที่สุดเท่ากัน ($\bar{X} = 4.45$) ส่วนด้านตัวละครแอนิเมชัน 3 มิติ มีความสวยงามและน่าสนใจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$) ซึ่งผลการประเมินสะท้อนถึงความสำเร็จในการออกแบบตัวละคร "วิสุ" และการสร้างองค์ประกอบทางศิลป์ที่ดึงดูดใจ

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านการนำเสนอ

ความพึงพอใจต่อการใช้งาน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. สื่อช่วยให้ท่านเข้าใจประวัติหรือปรีศนาธรรมได้ง่ายขึ้น	4.36	0.64	มาก
2. ท่านรู้สึกสนุกและตื่นเต้นกับการรับชมผ่านเทคโนโลยี AR	4.73	0.61	มากที่สุด
3. สื่อช่วยสร้างบรรยากาศให้น่าสนใจว่าการอ่านป้ายเดิม	4.64	0.63	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.58	0.63	มากที่สุด

จากตารางที่ 7 พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้งานสื่อความจริงเสริม ด้านเนื้อหาและประสบการณ์ผู้ใช้ โดยรวม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า นักท่องเที่ยวมีความรู้สึกสนุกและตื่นเต้นกับการรับชมผ่านเทคโนโลยี AR ($\bar{X} = 4.73$) และเห็นว่าสื่อช่วยสร้างบรรยากาศให้น่าสนใจว่าการอ่านป้ายประกาศแบบเดิม ($\bar{X} = 4.64$) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งคู่ สำหรับด้านความเข้าใจประวัติหรือปรีศนาธรรมผ่านสื่ออยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$) แสดงให้เห็นว่าสื่อ AR สามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือกระตุ้นการเรียนรู้พุทธศิลป์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อแอนิเมชันสามมิติร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) สามารถถ่ายทอดเนื้อหาปริศนาธรรมที่มีลักษณะเป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมที่เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้นผ่านการเล่าเรื่องของตัวละครมีคฤเทศก์ “วิสุ” โดยผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้พบว่า หลังการใช้งานสื่อ ผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าสื่อสามารถช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการรับรู้ของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าสื่อมีความน่าสนใจ สามารถดึงดูดและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Immersive Experience) ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดของการสื่อสารด้วยป้ายข้อมูลแบบดั้งเดิม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ กนกกาญจน์ นมะหุต และคณะ (2568) ที่ระบุว่าเทคโนโลยี WebAR เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม เนื่องจากเข้าถึงได้ง่ายผ่านเว็บเบราว์เซอร์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังพบข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ ความแตกต่างของประสิทธิภาพอุปกรณ์สมาร์ทโฟน สภาพแสงในพื้นที่จริง และความเสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ต ซึ่งส่งผลต่อการประมวลผลกราฟิกและระบบเสียงเชิงพื้นที่ (Spatial Audio)

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาสื่อดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ ที่มีเนื้อหาซับซ้อน โดยมีข้อเสนอแนะที่สำคัญคือ ควรมีการบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Generative AI) เข้ามาเสริมการทำงานของตัวละครมีคฤเทศก์เสมือน เพื่อเปลี่ยนจากการนำเสนอเนื้อหาทางเดียว (One-way Communication) เป็นการโต้ตอบแบบเรียลไทม์ (AI Chatbot) ซึ่งจะช่วยให้ตัวละคร สามารถตอบคำถามเชิงลึกเกี่ยวกับธรรมะ หรือข้อมูลเฉพาะจุดได้ตามความสนใจของผู้ใช้งานแต่ละบุคคล (Personalized Learning) นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาแนวทางการนำโมเดลการนำเสนอในงานวิจัยนี้ไปปรับใช้กับศาสนสถานหรือโบราณสถานอื่น ๆ ที่มีบริบททางวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างมาตรฐานใหม่ในการสื่อสารคุณค่าของมรดกทางวัฒนธรรมผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลในวงกว้างต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่ให้การสนับสนุนการจัดทำรายงานวิจัย ขอขอบคุณวัดพระธาตุแช่แห้ง พระอารามหลวงที่ให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูลจัดทำรายงาน ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์คมกฤษ จิระบุตร ที่ให้การแนะนำด้านการออกแบบสื่อ และขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กานาพันธ์ จิตคำ ที่ให้คำแนะนำการใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสริม

7. เอกสารอ้างอิง

- กนกกาญจน์ นมะหุต, เกษวดี พุทธภูมิพิทักษ์ และ จักรกฤษณ์ นมะหุต. (2568). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันความจริงเสริม (AR) เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว เชิงประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม. *วารสารการจัดการธุรกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 14(1), 1–23. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/BJBM/article/view/278609>
- ไทยรัฐออนไลน์ (2568) ไทยรัฐโพล พบผู้ตอบแบบสอบถามเกือบครึ่งไม่ได้ไปทำบุญที่วัดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/lifestyle/life/2859942>
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2567). *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS* (พิมพ์ครั้งที่ 20). กรุงเทพฯ: บิสซิเนสอาร์ แอนด์ดี. สืบค้นจาก https://www.car.chula.ac.th/display7.php?bib=2041156&utm_source=chatgpt.com

- พระสนั่น เจริญยิ่ง. (2565) รูปแบบการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงพุทธวิถีใหม่เพื่อการเรียนรู้ในพื้นที่ศาสนสถาน. *วารสารมหาจุฬาฯ*.
หน้า 13 สืบค้นจาก <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/bitstream/123456789/4709/1/61601315.pdf>
- ยุทธศักดิ์ ทองแสน. (2567). การพัฒนานวัตกรรมสื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีความจริงเสมือนรูปแบบสามมิติ เรื่อง กิ่งก้านแห่ง
โพธิญาณสายธารแห่งธรรม ภูมิศึกษา ต้นไม้คำสอนของพระโพธิญาณเถร (ชา สุภทฺโท) ผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนและ
สื่อสิ่งพิมพ์โปสเตอร์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 9(1), 40–54.
สืบค้นจาก <https://doi.org/10.14456/journalindus.2024.5>
- วัชรวิญา ธรรมสอน, สถิติรัชต์ แก้วมุกดา, และ ชนกนาถ ชูพยัคฆ์. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาการงานอาชีพ
เรื่องขนมไทย โดยใช้สื่อเสมือนจริง (Augmented Reality: AR). ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
น้อมเกล้า. *วารสารนวัตกรรมการศึกษาและอุตสาหกรรม*, 36(130), 17–22.
สืบค้นจาก <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/jted/article/view/4750>
- วิชุดา ช่วยพิชัย. (2566). การสนับสนุนการเรียนรู้ด้วย AR (Augmented Reality) ในการด้านศึกษา. *วารสารมหาจุฬานาค
รธรรม*, 10(6), 324–334. สืบค้นจาก <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/270385>
- สิริรัตน์ นิลศรี และ พัชรกาญจน์ มะลิวัลย์. (2567). แอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อส่งเสริมการรับรู้ของนักท่องเที่ยว เรื่อง ปัญหาขยะทะเล.
วารสารแอนิเมชันเกมดิจิทัลมีเดียและเทคโนโลยี, 1(1), 37–51.
สืบค้นจาก <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/animationGDTJ/article/view/807>

การพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน Development of Fast Job Web Application Platform to Support Daily Labor Employment

สรอรรถ ต้นโพธิ์*, ไกล่รุ่ง เครือคำ, ธนวิษญู ตั้งแสน, กฤษฏี ดวงแสง, ชีรเดช กางกัน, พีรพัฒน์ รอยศรี, กวิสรา โกษาผล,
นิภาวรรณ งอกสุข

Sora-at Tonpho*, Klairung Kruakham, Thanawit Tangsaen, Krit Duangsaeng, Thiradet Kangkan,
Peerapat Roisee, Kawisara Kosaphon, Nipawan Ngoksuk

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Department of Information Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University,

*std.68122930113@ubru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job สำหรับสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน โดยนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างผู้จ้างงานและแรงงานรายวันได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว กระบวนการวิจัยดำเนินการตามหลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (SDLC) ตั้งแต่การสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน การออกแบบและพัฒนาระบบไปจนถึงการทดสอบและประเมินผล ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุด คือ ด้านความสะดวกและง่ายในการใช้งาน (Usability & Ease of Use) (ค่าเฉลี่ย = 4.87, S.D. = 0.23) รองลงมา คือ ด้านประสิทธิภาพและระบบงาน (Functionality & Performance) (ค่าเฉลี่ย = 4.73, S.D. = 0.35) ด้านการออกแบบและรูปแบบ (Visual Design & Layout) (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.46) ด้านความพึงพอใจและประโยชน์ (Overall Satisfaction & Value) (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.46) และด้านเนื้อหาและข้อมูล (Content & Information) (ค่าเฉลี่ย = 4.53, S.D. = 0.46) ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจริง จำนวน 50 คน พบว่ารายการที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุด คือ ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโดยรวม (ค่าเฉลี่ย = 4.78, S.D. = 0.46) รองลงมา คือ ระบบสมัครงานที่ใช้งานสะดวก ถูกต้อง และไม่ซับซ้อน (ค่าเฉลี่ย = 4.62, S.D. = 0.60) และความรวดเร็วในการโหลดหน้าเว็บและการตอบสนองของระบบ (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.57) โดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อแพลตฟอร์มอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.56, S.D. = 0.61) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม Fast Job มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการจ้างแรงงานรายวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบแรงงานให้มีความทันสมัย โปร่งใส และเข้าถึงได้อย่างเท่าเทียมมากยิ่งขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: การจ้างแรงงานรายวัน เว็บแอปพลิเคชัน แพลตฟอร์มหางาน ระบบจัดการแรงงาน

Abstract

This research aimed to develop the Fast Job web application platform to support daily labor employment by utilizing digital technology to enable convenient and rapid connections between employers and daily workers.

The research process followed the System Development Life Cycle (SDLC), including user requirements analysis, system design and development, as well as system testing and evaluation. The evaluation results from three experts indicated that the overall system quality was at the highest level across all dimensions. The highest-rated aspect was Usability and Ease of Use (Mean = 4.87, S.D. = 0.23), followed by Functionality and Performance (Mean = 4.73, S.D. = 0.35), Visual Design and Layout (Mean = 4.60, S.D. = 0.46), Overall Satisfaction and Value (Mean = 4.60, S.D. = 0.46), and Content and Information (Mean = 4.53, S.D. = 0.46), respectively. In addition, satisfaction evaluation from a sample of 50 actual users revealed that the highest-rated item was overall convenience and ease of use (Mean = 4.78, S.D. = 0.46), followed by the job application system being convenient, accurate, and uncomplicated (Mean = 4.62, S.D. = 0.60), and the speed of webpage loading and system responsiveness (Mean = 4.60, S.D. = 0.57). Overall user satisfaction with the platform was at the highest level (Overall Mean = 4.56, S.D. = 0.61). The findings indicate that the Fast Job platform has strong potential to effectively address challenges in daily labor employment. Furthermore, it provides a practical framework for developing a more modern, transparent, and equitable labor management system in the future.

Keywords: Daily Labor Employment, Web Application, Job Matching Platform, Labor Management System

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัล การหางานและการจัดหางานผ่านระบบออนไลน์มีบทบาทสำคัญต่อการเข้าถึงโอกาสในการจ้างงาน โดยงานวิจัยไทยพบว่า ผู้ใช้แอปพลิเคชันสมัครงานให้ความสำคัญกับการนำมาใช้งานจริง ความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ถึงประโยชน์ และทัศนคติที่มีต่อการใช้ ขณะที่งานวิจัยเกี่ยวกับแอปพลิเคชันหางานออนไลน์ชี้ว่า คุณภาพของระบบ ข้อมูล การบริการ การใช้งาน และความพึงพอใจของผู้ใช้ เป็นตัวชี้วัดสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการจับคู่งานระหว่างผู้หางานกับนายจ้าง (นันท์สินี คงแจ่ม, 2566; ัญญพัทธ์ ลิขิตธนสมบัติ และ เนตรนภา ไวทยเลิศศักดิ์, 2567)

นอกจากนี้ งานพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในประเทศไทยจำนวนมากใช้กระบวนการ ADDIE หรือ SDLC เป็นกรอบในการพัฒนา และประเมินทั้งคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งานควบคู่กัน ซึ่งสะท้อนว่า การออกแบบที่ดีไม่ได้หมายถึงเพียงระบบทำงานได้ แต่ต้องใช้งานง่าย โครงสร้างชัดเจน และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้จริง (เฉลิมเกียรติ ดีสม และคณะ, 2568; ศศิวรรณ สุวรรณกิตติ, 2567)

ดังนั้น การพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job จึงมุ่งเน้นการสร้างระบบที่สามารถเชื่อมโยงผู้จ้างงานกับผู้หางานในบริบทของแรงงานรายวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก ลดความซับซ้อนของขั้นตอนการสมัครงานและการประกาศงาน และสนับสนุนการใช้งานได้จริงในพื้นที่ศึกษา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานและออกแบบโครงสร้างของแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job สำหรับสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน

- 2.2 เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job ให้สามารถเชื่อมโยงผู้จ้างงานกับผู้หางานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.3 เพื่อประเมินคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job สำหรับสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน โดยมุ่งเน้นการพัฒนาสารสนเทศที่สามารถใช้งานได้จริง และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานในตลาดแรงงานรายวัน

ผู้วิจัยดำเนินการตามแนวคิดวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle: SDLC) ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผล เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร ได้แก่ ผู้จ้างงานและผู้รับจ้างงานในตลาดแรงงานรายวันในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความต้องการใช้ระบบในการค้นหาและจัดหางาน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งเป็นผู้จ้างงาน 25 คน และผู้รับจ้างงาน 25 คน กลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วมในการทดลองใช้งานและประเมินความพึงพอใจของระบบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือด้านการพัฒนาระบบ

- PHP สำหรับพัฒนาโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์
- HTML, JavaScript และ Bootstrap 5 สำหรับพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้
- ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL
- TCPDF สำหรับสร้างเอกสารสัญญาจ้างงาน
- PHPMailer สำหรับยืนยันตัวตนผ่านอีเมล (OTP)

3.2.2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Rating Scale 5 ระดับ)

3.3 ขอบเขตของระบบ

1) ด้านผู้ใช้งาน

ระบบรองรับผู้จ้างงานและผู้รับจ้างงาน โดยมีสิทธิ์การใช้งานแตกต่างกัน

2) ด้านความสามารถของระบบ

ครอบคลุมกระบวนการจ้างงานรายวัน ได้แก่ การประกาศงาน สมัครงาน สื่อสาร การชำระเงิน และการประเมินผล

3) ด้านพื้นที่และระยะเวลา

ดำเนินการในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ในช่วงปี พ.ศ. 2568–2569

3.4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานและออกแบบระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) เพื่อจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน งาน และธุรกรรมต่าง ๆ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการพัฒนากลไกคัดเลือกแรงงาน (Job Matching) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้วิธีการกำหนดเงื่อนไข (Rule-Based) ร่วมกับการให้คะแนนความเหมาะสม (Scoring) จากปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ประเภทงาน คะแนนรีวิว และประวัติการทำงาน

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1. ระยะก่อนพัฒนา (วิเคราะห์ความต้องการ)
2. ระยะทดลองใช้งานระบบ
3. ระยะประเมินผล

โดยมีการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และผู้ใช้งานจริง 50 คน

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่

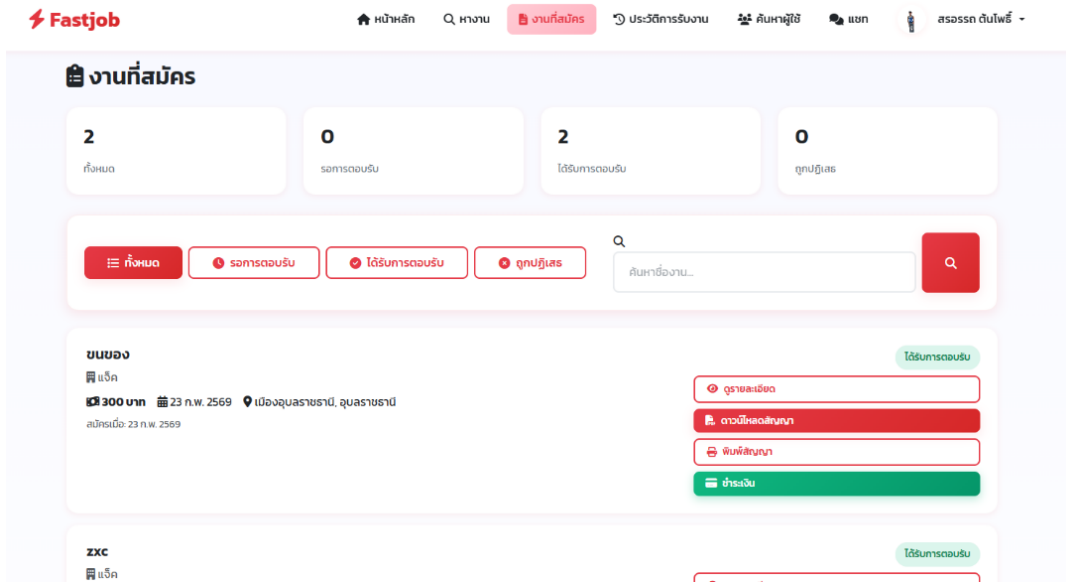
1. ค่าเฉลี่ย (Mean)
2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เพื่อวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

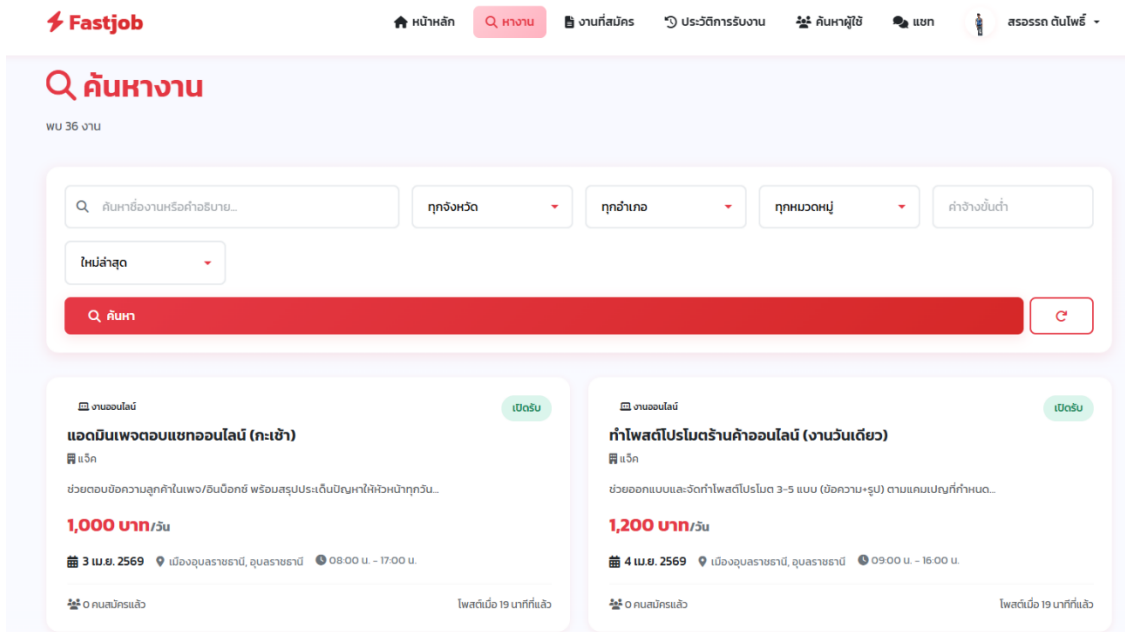
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน

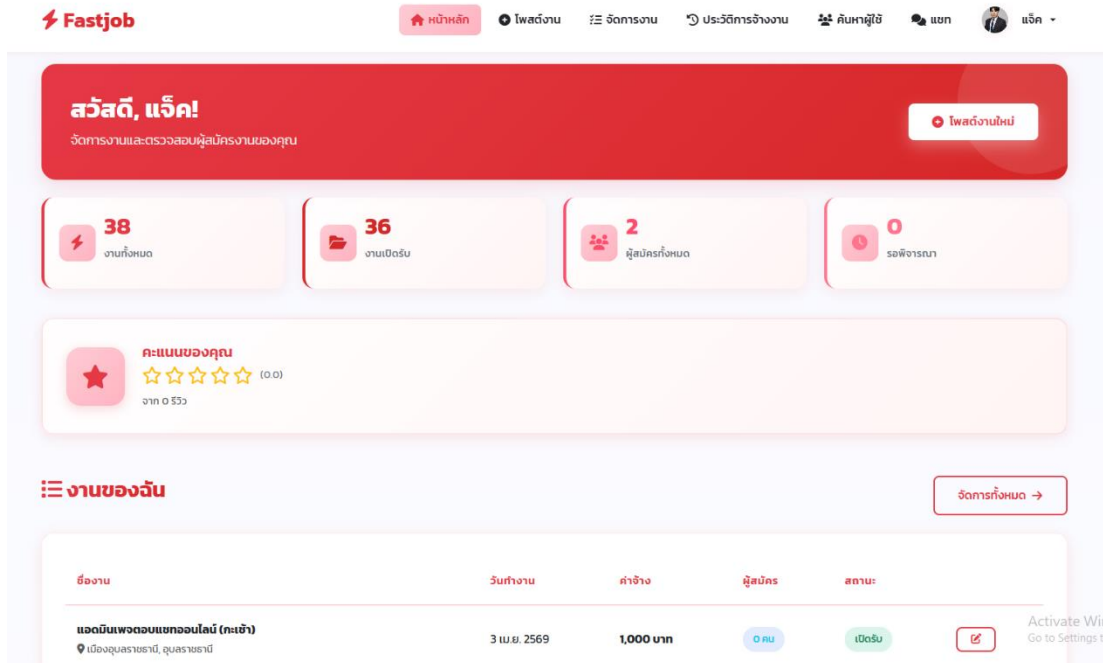
ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวันโดยมีรายละเอียด ดังนี้



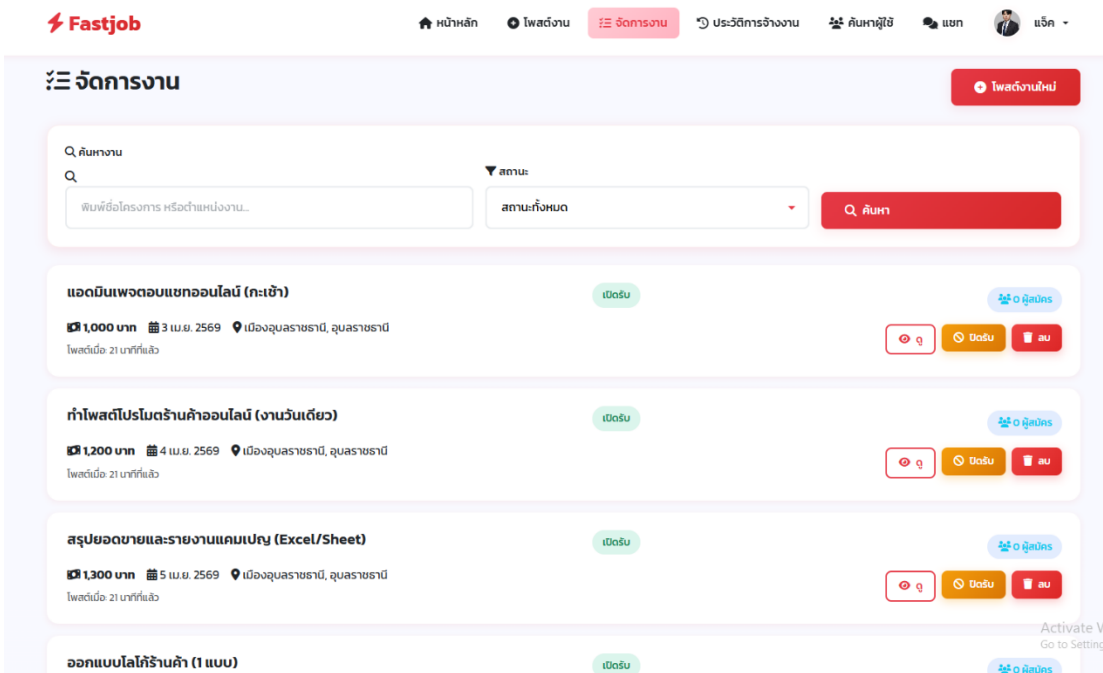
ภาพที่ 1 หน้างานที่สมัครของผู้หางาน



ภาพที่ 2 หน้าค้นหาหางานของผู้หางาน



ภาพที่ 3 หน้าหลักของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4 หน้าจัดการงานของผู้ใช้งาน

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน ดังแสดงในตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและรูปแบบ (Visual Design & Layout)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1.1 เว็บแอปพลิเคชันการออกแบบโดยรวมที่มีความสวยงาม ทันสมัย เหมาะสมต่อการใช้งาน	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 การจัดวางเมนู ปุ่มคำสั่ง และองค์ประกอบต่าง ๆ มีความเป็นระบบระเบียบ ช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก	4.67	0.58	มากที่สุด
1.3 ขนาดตัวอักษร รูปแบบฟอนต์ และการเลือกใช้สี มีความเหมาะสม ช่วยให้ผู้อ่านเนื้อหาได้อย่างชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 เว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้งานผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย	4.33	0.58	มาก
1.5 การออกแบบของเว็บแอปพลิเคชันช่วยสร้างประสบการณ์ที่ดีต่อผู้ใช้	4.33	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.60	0.46	มากที่สุด

ด้านการออกแบบและรูปแบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.46) โดยความเหมาะสมของตัวอักษรและสีมีค่าสูงสุด ($\bar{X} = 5.00$)

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความสะดวกและง่ายในการใช้งาน (Usability & Ease of Use)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
2.1 เมนูและระบบนำทาง (Navigation) เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ขั้นตอนการลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบ สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3 การค้นหาหรือผู้รับจ้าง (Search) ทำได้ง่ายและได้รับข้อมูลครบถ้วน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4 ลำดับขั้นตอนการใช้งานของระบบ (เช่น การสมัครงานหรือการว่าจ้าง) มีความต่อเนื่องตามลำดับขั้นตอน	4.67	0.58	มากที่สุด
2.5 ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และเข้าใจวิธีการใช้งานของระบบได้ด้วยตนเอง	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.87	0.23	มากที่สุด

ด้านความสะดวกในการใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.87$, S.D. = 0.23) ซึ่งเป็นด้านที่ได้รับค่าเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน

ตารางที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านประสิทธิภาพและระบบงาน (Functionality & Performance)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
3.1 เว็บแอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการโหลดหน้าเว็บและตอบสนองต่อการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.33	0.58	มาก
3.2 ระบบและการแจ้งเตือนทำงานได้ถูกต้องและรวดเร็ว (Real-time)	4.67	0.58	มากที่สุด
3.3 ระบบการสมัครและการจ้างงานทำงานได้ถูกต้อง เหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
3.4 การเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูล รูปภาพ หรือรายงานเอกสารทำงานได้ถูกต้อง เหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 ระบบมีเสถียรภาพและไม่เกิด System Error	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.73	0.35	มากที่สุด

ด้านประสิทธิภาพและระบบงานโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.35)

ตารางที่ 4 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและข้อมูล (Content & Information)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
4.1 หัวข้อและรายละเอียดของงาน (Job Description) มีความชัดเจน ครบถ้วน และสามารถสื่อสารขอบเขตของงานได้อย่างเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
4.2 ข้อมูลในโปรไฟล์ของผู้ใช้หรือบริษัทมีความน่าเชื่อถือ ถูกต้อง และสามารถตรวจสอบได้	4.33	0.58	มาก
4.3 ภาษาที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาและข้อมูลภายในเว็บแอปพลิเคชัน มีความถูกต้องตามหลักภาษา ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจได้	4.33	0.58	มาก
4.4 เว็บแอปพลิเคชันมีคำอธิบายหรือคำแนะนำเพิ่มเติม ในตำแหน่งที่ผู้ใช้งานต้องการข้อมูลประกอบการตัดสินใจ	4.67	0.58	มากที่สุด
4.5 การจัดหมวดหมู่ของงานและทักษะมีความเหมาะสม ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลได้ตรงตามความต้องการ	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.53	0.46	มากที่สุด

ด้านเนื้อหาและข้อมูลโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.46)

ตารางที่ 5 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความพึงพอใจและประโยชน์ (Overall Satisfaction & Value)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
5.1 ระบบมีมาตรการด้านความปลอดภัยที่เหมาะสมในการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน	4.33	0.58	มาก
5.2 ระบบมีการให้คะแนนผู้ใช้งานมีความยุติธรรม น่าเชื่อถือ และเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ	4.33	0.58	มาก
5.3 เว็บแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมในการนำไปเผยแพร่เป็นต้นแบบให้กับชุมชนอื่นได้	5.00	0.00	มากที่สุด
5.4 เว็บแอปพลิเคชันมีคุณค่าและประโยชน์ในการใช้งานที่สอดคล้องกับความต้องการและวัตถุประสงค์ของกลุ่มเป้าหมาย	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 เว็บแอปพลิเคชันมีส่วนช่วยสร้างคุณค่าทางสังคม (Social Value) ในด้านการจ้างงานและโอกาสทางอาชีพ	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.60	0.46	มากที่สุด

ด้านความพึงพอใจและประโยชน์โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.46) สะท้อนให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม Fast Job มีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงและสร้างประโยชน์ต่อตลาดแรงงานรายวันในระดับจังหวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 6 ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
1. เว็บแอปพลิเคชันมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโดยรวม	4.78	0.46	มากที่สุด
2. การออกแบบและรูปแบบของหน้าเว็บแอปพลิเคชันมีความสวยงาม ทันสมัย และเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.58	0.67	มากที่สุด
3. เว็บแอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการโหลดหน้าเว็บและสามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.60	0.57	มากที่สุด
4. ข้อมูลและเนื้อหาที่นำเสนอในเว็บแอปพลิเคชันมีความชัดเจน ถูกต้อง และเข้าใจง่าย	4.56	0.61	มากที่สุด
5. ระบบค้นหางานสามารถใช้งานได้ง่ายและช่วยให้ผู้ใช้งานค้นหางานได้ตรงตามความต้องการ	4.52	0.58	มากที่สุด
6. ผู้ใช้งานมีความเชื่อมั่นในมาตรการด้านความปลอดภัยและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลภายในเว็บแอปพลิเคชัน	4.50	0.54	มากที่สุด
7. ระบบสมัครงานสามารถใช้งานได้สะดวก ถูกต้อง และไม่ซับซ้อน สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.62	0.60	มากที่สุด
8. ระบบโปรไฟล์ผู้ใช้งานมีความครบถ้วน เหมาะสม และช่วยสนับสนุนการสมัครงานได้	4.36	0.69	มาก

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ความหมาย
9. เว็บแอปพลิเคชันมีประโยชน์ สามารถนำไปเผยแพร่เป็นต้นแบบ	4.48	0.71	มาก
10. เว็บแอปพลิเคชันมีส่วนช่วยสร้างคุณค่าทางสังคม (Social Value) ในด้านกร จ้างงานและโอกาสทางอาชีพ	4.60	0.64	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.56	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 6 ความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job เพื่อสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวัน โดยรวมพบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$ S.D. = 0.61)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่าระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ด้านความสะดวกและง่ายในการใช้งาน (Usability & Ease of Use) (ค่าเฉลี่ย = 4.87, S.D. = 0.23) รองลงมา คือ ด้านประสิทธิภาพและระบบงาน (Functionality & Performance) (ค่าเฉลี่ย = 4.73, S.D. = 0.35) ด้านการออกแบบและรูปแบบ (Visual Design & Layout) (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.46) ด้านความพึงพอใจและประโยชน์ (Overall Satisfaction & Value) (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.46) และด้านเนื้อหาและข้อมูล (Content & Information) (ค่าเฉลี่ย = 4.53, S.D. = 0.46) ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจริง จำนวน 50 คน พบว่ารายการที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุด คือ ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโดยรวม (ค่าเฉลี่ย = 4.78, S.D. = 0.46) รองลงมา คือ ระบบสมัครงานที่ใช้งานสะดวก ถูกต้องและไม่ซับซ้อน (ค่าเฉลี่ย = 4.62, S.D. = 0.60) และความรวดเร็วในการโหลดหน้าเว็บและการตอบสนองของระบบ (ค่าเฉลี่ย = 4.60, S.D. = 0.57) โดยภาพรวมกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อแพลตฟอร์มอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม = 4.56, S.D. = 0.61) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแพลตฟอร์ม Fast Job มีศักยภาพในการแก้ไขปัญหาการจ้างแรงงานรายวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลแรงงาน และการบันทึกเวลาการทำงานได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ลดความผิดพลาดจากวิธีการเดิม และช่วยให้การบริหารจัดการแรงงานรายวันสะดวกมากยิ่งขึ้น สะท้อนถึงบทบาทของระบบสารสนเทศในการสนับสนุนการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับ อัจฉรา บัวหอม และคณะ (2567) ที่พบว่าระบบสารสนเทศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของข้อมูลในองค์กร รวมถึงสนับสนุนการบริหารจัดการได้ดียิ่งขึ้น

ในด้านการใช้งาน ผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานให้การประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบมีความง่ายต่อการใช้งาน และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทสินี คงแจ้ง (2566) รวมถึงธัญญพัทธ์ ลิขิตธนสมบัติ และ เนตรนภา ไวทย์เลิศศักดิ์ (2567) ที่ชี้ว่าคุณภาพระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นปัจจัยสำคัญของแพลตฟอร์มทางออนไลน์

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยเห็นว่าระบบเว็บแอปพลิเคชัน Fast Job ยังสามารถพัฒนาให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ โดยข้อเสนอแนะเดิมที่เกี่ยวข้องกับด้านความสวยงามของการแสดงผล และการนำเสนอข้อมูลสถิติ ถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ระบบในลักษณะนี้พึงมีอยู่แล้ว ดังนั้น ในการพัฒนาต่อยอด ผู้วิจัยควรให้ความสำคัญกับการเพิ่มศักยภาพของระบบในประเด็นอื่น ๆ ดังนี้

1. ควรเพิ่มระบบยืนยันตัวตนและความน่าเชื่อถือของผู้ใช้งาน เช่น การยืนยันข้อมูลส่วนบุคคล หรือประวัติการใช้งาน เพื่อสร้างความมั่นใจและลดความเสี่ยงในการใช้งาน
2. ควรเพิ่มฟังก์ชันการสื่อสารและการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ เพื่อให้การประสานงานระหว่างผู้ใช้งานมีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยการสนับสนุนด้านทรัพยากรในการออกแบบและพัฒนาระบบจากสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี รวมถึงที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสนับสนุนการจ้างแรงงานรายวันต่อไป จึงขอขอบพระคุณทุกท่าน ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมเกียรติ ดีสม, วีระพันธ์ พานิชย์ และ ศรัณย์ ภิบาลชนม์. (2568). การพัฒนา Web application เพื่อการบริการและการเรียนรู้สำหรับสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 36(1), 1–16.
- ธัญญพัทธ์ ลิขิตธนสมบัติ และ เนตรนภา ไวทยเลิศศักดิ์. (2567). บทบาทในการจับคู่งานของตัวชี้วัดคุณภาพแอปพลิเคชันทางออนไลน์. *วารสารการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และองค์การ*, 16(1), 1–29.
- นันท์สินี คงแจ้ง. (2566). ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกใช้แอปพลิเคชันสมัครงาน. *วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม*, 5(1), 15–29.
- ศศิวรรณ สุวรรณกิตติ. (2567). การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ. *Ratchaphruek Journal*, 22(3), 1–17.
- อัจฉรา บัวหอม, ธรรมวิมล สุขเสริม และ ดุสิต จักรศิลป์. (2567). การศึกษาสมรรถนะส่วนบุคคลในการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ: กรณีศึกษา บุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. *วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 8(2), 275–289.

การพัฒนาเว็บไซต์ระบบตรวจสอบเบอร์แบล็กลิสต์

Development of a Blacklist Phone Number Verification Website

จักรพงษ์ ดวงอุปะ

Chakkaphong Duangapa

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,

chakkaphong.d@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ เพื่อเป็นเครื่องมือเฝ้าระวังภัยคุกคามทางไซเบอร์ และ 2) ยกระดับความน่าเชื่อถือของฐานข้อมูลด้วยมาตรการตรวจสอบข้อมูลแบบเข้มงวด การศึกษาดำเนินการผ่านกระบวนการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยประยุกต์ใช้เฟรมเวิร์กลาราวเวลร่วมกับเทคโนโลยีคอนเทนเนอร์ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล จุดเด่นของนวัตกรรมคือการบังคับแนบพยานหลักฐานเชิงประจักษ์ทุกครั้งในการรายงาน และบูรณาการระบบศูนย์ช่วยเหลือสำหรับการยื่นอุทธรณ์ ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบด้วยชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 100 รายการพบว่าระบบมีค่าความแม่นยำในการคัดกรองข้อมูลที่ร้อยละ 100 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจริงอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าระบบสามารถลดปัญหาการกลั่นแกล้งบนโลกออนไลน์ได้อย่างมีนัยสำคัญ การบูรณาการข้อมูลนี้เป็นรากฐานสำคัญสำหรับการต่อยอดเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (Mobile Native App) ในอนาคต

คำสำคัญ: บัญชีดำหมายเลขโทรศัพท์ การตรวจสอบข้อมูลแบบเข้มงวด ลาราวเวลเฟรมเวิร์ก ภูมิคุ้มกันดิจิทัล ภัยคุกคามทางไซเบอร์

Abstract

This research aims to 1) develop a Blacklist Phone Number Verification and Reporting Web Application as a cybersecurity monitoring tool, and 2) enhance database reliability through Hard Validation measures. The methodology followed the System Development Life Cycle (SDLC), utilizing the Laravel framework and Docker container technology. The system's key features include the mandatory submission of empirical evidence during reporting and the integration of a Help Center for appeals. Performance evaluation with 100 test cases revealed 100% accuracy in data filtering. User satisfaction was rated at the highest level. Analytical results indicate that these measures significantly reduce online cyberbullying. This data integration provides a crucial foundation for future Artificial Intelligence (AI) and Mobile Native App development.

Keywords: Phone number blacklist, Hard validation, Laravel framework, Digital immunity, Cyber threats

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การก้าวเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy) และการทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เติบโตอย่างก้าวกระโดด ได้ส่งผลให้อาชญากรรมทางเทคโนโลยีมีวิวัฒนาการตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการฉ้อโกงทางโทรศัพท์และโทรคมนาคม (Cyber Fraud) ปัญหาการหลอกลวงจากกลุ่มมิจฉาชีพหรือแก๊งคอลเซ็นเตอร์ ได้กลายเป็นภัยคุกคามที่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาลต่อประชาชน (Chen et al., 2023) จากรายงานสถิติภัยทางการเงินพบว่า รูปแบบการหลอกลวงมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้แนบเนียนและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้ประชาชนทั่วไปตกเป็นเหยื่อและสูญเสียทรัพย์สินเป็นจำนวนมากในแต่ละปี (ศูนย์ประสานงานด้านความมั่นคงปลอดภัยเทคโนโลยีสารสนเทศภาคการธนาคาร, 2567)

แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีความพยายามในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผ่านการสร้างกลุ่มเตือนภัยบนสื่อสังคมออนไลน์หรือการพัฒนากระบวนการข้อมูลหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ (Blacklist) แต่ระบบส่วนใหญ่ยังคงเผชิญกับข้อจำกัดสำคัญด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Data Reliability) เนื่องจากระบบเหล่านั้นมักเปิดให้ผู้ใช้งานรายงานหมายเลขโทรศัพท์ที่ได้อย่างอิสระโดยปราศจากกลไกการคัดกรองหลักฐาน ช่องโหว่นี้นำไปสู่ปัญหาการแจ้งข้อมูลเท็จ (False Information) การใส่ร้ายป้ายสี หรือการกลั่นแกล้งทางออนไลน์ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผู้บริโภคได้รับความเสียหายแล้ว ยังส่งผลให้ฐานข้อมูลขาดความสมบูรณ์ (Data Integrity) จนไม่สามารถนำสารสนเทศเหล่านั้นไปใช้เป็นหลักฐานประกอบการดำเนินคดีทางกฎหมายได้อย่างเป็นรูปธรรม

การพัฒนาระบบในครั้งนี้ ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างเครื่องมือสกัดกั้นภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่มีประสิทธิภาพ แต่ยังเป็นการสร้างฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ (Centralized Database) ที่มีมาตรฐานและปราศจากข้อมูลขยะ ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการต่อยอดไปสู่การวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อตรวจจับพฤติกรรมโทร (Calling Patterns) และการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (Mobile Native App) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันดิจิทัล (Digital Immunity) ให้แก่สังคมไทยอย่างยั่งยืนต่อไป

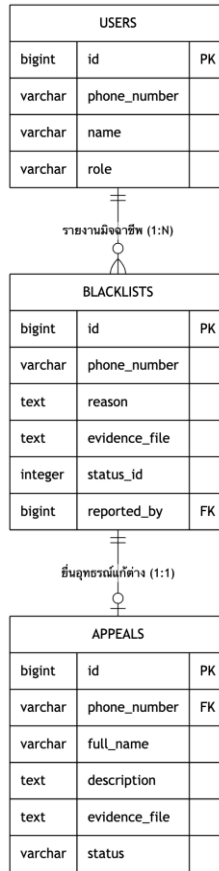
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ
- 2.2 เพื่อประเมินความแม่นยำของระบบในการคัดกรองข้อมูลแจ้งเหตุด้วยมาตรการตรวจสอบพยานหลักฐานแบบเข้มงวด
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ
- 2.4 เพื่อช่วยคนเท่าที่นักศึกษาคนนี้ได้

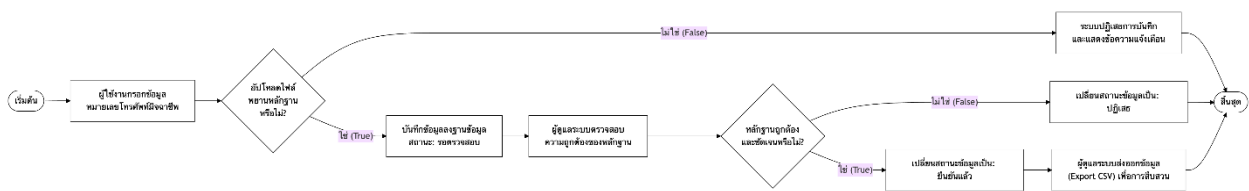
3. วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยดำเนินการตามวงจรการพัฒนาแบบ (SDLC) โดยแบ่งขั้นตอนดังนี้

3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบใช้เฟรมเวิร์กการาราวเวล (Laravel 12) แบบ MVC และเทคโนโลยีคอนเทนเนอร์ (Docker) ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL เพื่อความเสถียร โดยมีการออกแบบแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER-Diagram) แบบ 1:N ระหว่างผู้ใช้และรายการบัญชีดำ และออกแบบผังงานระบบ (Flowchart) ที่มีเงื่อนไขการตรวจสอบหลักฐานแบบตรรกศาสตร์ (จริง/เท็จ) อย่างรัดกุม



ภาพที่ 1 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER-Diagram) แบบ 1:N ระหว่างผู้ใช้และรายการบัญชีดำ



ภาพที่ 2 ผังงานระบบ (Flowchart) ที่มีเงื่อนไขการตรวจสอบหลักฐานระบบแบบตรรกศาสตร์

3.2 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ การประเมินประสิทธิภาพระบบแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

การประเมินความแม่นยำ (Accuracy) ของกลไกตรวจสอบข้อมูลแบบเข้มงวด โดยจำลองชุดข้อมูลทดสอบ 100 รายการ ทดสอบด้วยวิธีการกล่องดำ (Black-box Testing) และประเมินผลผ่านตารางเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100$$

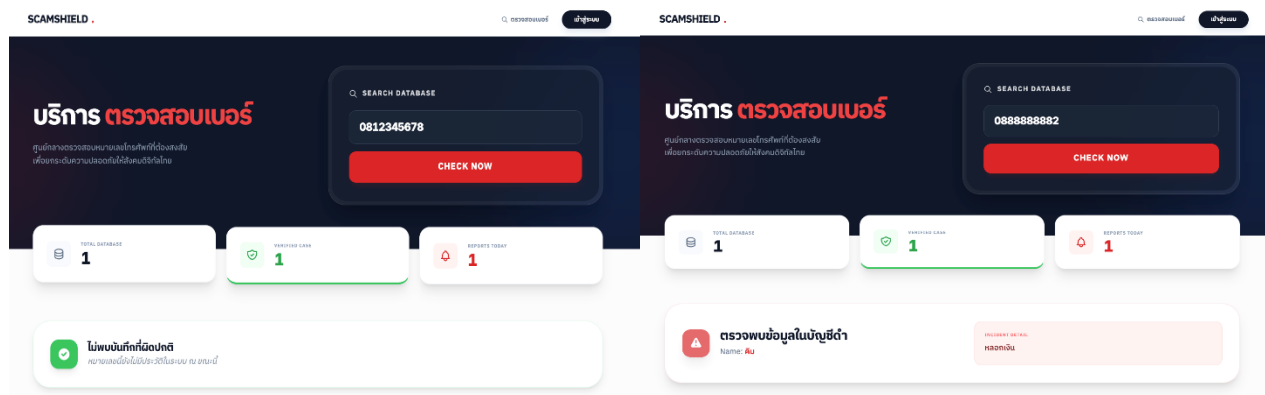
โดยกำหนดตัวแปร \$TP\$ (ระบบยอมรับข้อมูลที่ถูกต้อง), \$TN\$ (ระบบปฏิเสธข้อมูลที่ผิดเงื่อนไข), \$FP\$ (ผลบวกหลง) และ \$FN\$ (ผลลบหลง) เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการสกัดกั้นข้อมูลเท็จ

การประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน (User Satisfaction) โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน 30 คน ด้วยแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ครอบคลุมด้านประสิทธิภาพระบบ ส่วนต่อประสาน และความน่าเชื่อถือ วิเคราะห์ผลด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D).

4. ผลการวิจัย

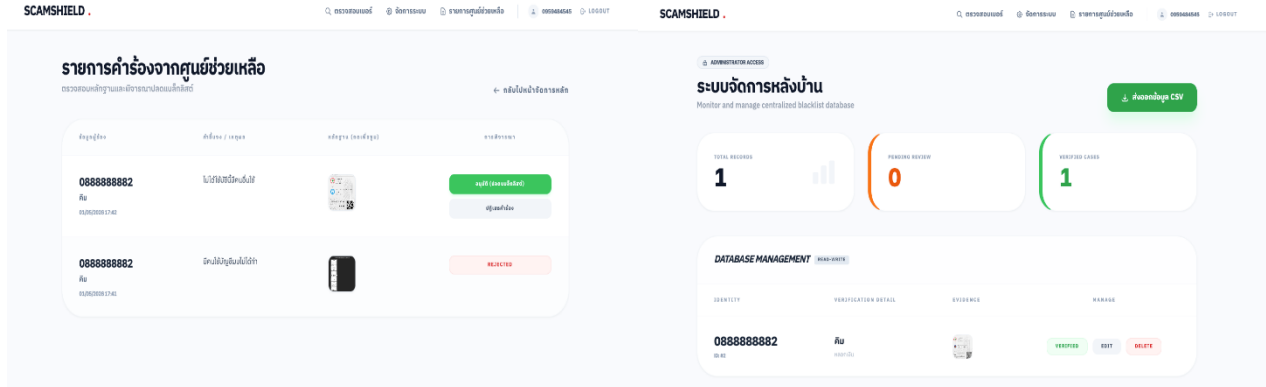
ผลการศึกษารวบรวมและพัฒนาระบบตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ สามารถแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ระบบสามารถตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์มีฉฉาชีพได้เต็มรูปแบบ โดยมีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ที่เน้นการตอบสนองเชิงฟังก์ชันอย่างทันท่วงที เมื่อผู้ใช้งานทำการค้นหาหมายเลขโทรศัพท์ที่มีประวัติการฉฉาชีพ ระบบจะแสดงผลการแจ้งเตือนระดับวิกฤต (Danger Alert) เพื่อสร้างการรับรู้ถึงความเสี่ยง



ภาพที่ 3 หน้าจอการค้นหาและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ ในส่วนของผู้ดูแลระบบ (Admin) มีแผงควบคุมการปฏิบัติงานสำหรับการตรวจสอบพยานหลักฐานเชิงประจักษ์ อนุมัติสถานะเหตุการณ์ และจัดการคำร้องอุทธรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 4 แผงควบคุมการปฏิบัติงานของผู้ดูแลระบบและการจัดการคำร้องอุทธรณ์

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำของระบบ จากการทดสอบประสิทธิภาพการสกัดกันข้อมูลเท็จของมาตรการตรวจสอบข้อมูลแบบเข้มงวด (Hard Validation) ด้วยชุดข้อมูลทดสอบจำนวน 100 รายการ พบว่าระบบสามารถคัดกรองพยานหลักฐานและจัดสถานะข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์แบบ โดยมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ที่ร้อยละ 100 ดังแสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพความแม่นยำในการคัดกรองข้อมูลแจ้งเหตุ

เงื่อนไขการทดสอบระบบ	จำนวน (รายการ)	การทำงานของระบบ	ความแม่นยำ
ข้อมูลครบถ้วนและมีภาพหลักฐาน (True Positive)	50	บันทึกสำเร็จ (รอตรวจสอบ)	100%
ข้อมูลผิดเงื่อนไข/ไม่มีภาพหลักฐาน (True Negative)	50	ปฏิเสธการบันทึกข้อมูล	100%
กรณีระบบเกิดข้อผิดพลาด (False Positive/False Negative)	0	-	0%
รวม	100	ทำงานถูกต้องตามเงื่อนไข	100%

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจริงจำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.65, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลและมาตรการตรวจสอบพยานหลักฐานได้รับคะแนนประเมินสูงสุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความมั่นใจในกระบวนการคัดกรองข้อมูลของระบบ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการวิจัย จากการพัฒนาระบบตรวจสอบและรายงานหมายเลขโทรศัพท์บัญชีดำ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้ ระบบมีประสิทธิภาพความแม่นยำในการคัดกรองข้อมูลร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ตั้งไว้ ความสำเร็จนี้เป็นผลมาจากการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ร่วมกับการบังคับใช้มาตรการตรวจสอบข้อมูลแบบเข้มงวด (Hard Validation) ที่กำหนดให้ผู้รายงานต้องแนบไฟล์พยานหลักฐานเชิงประจักษ์ทุกครั้ง (Evidence File) การทำงานของระบบช่วยสกัดกั้นการนำเข้าข้อมูลขยะและลดปัญหาการกลั่นแกล้งบนโลกออนไลน์ (Cyberbullying) ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ระบบยังสนับสนุนการทำงานของผู้ดูแลระบบผ่านแผงควบคุมส่วนกลางและการจัดการระบบอุทธรณ์ ทำให้ฐานข้อมูลมีมาตรฐาน โปร่งใส และสามารถนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการสืบสวนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานระบบ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อในอนาคต ดังนี้

5.2.1. การบูรณาการเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI): ควรนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการโทร (Calling Patterns) จากฐานข้อมูลบัญชีดำ เพื่อพัฒนาระบบพยากรณ์และตรวจจับความผิดปกติแบบอัตโนมัติ

5.2.2. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (Mobile Native App): ควรต่อยอดสถาปัตยกรรมระบบหลังบ้าน (Backend) ที่พัฒนาด้วยลาราวเวล ให้เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อสร้างฟังก์ชันการแสดงผลแจ้งเตือนมิฉฉาชีพบนหน้าจอขณะมีสายเรียกเข้า (Caller ID Overlay) และระบบตัดสายอัตโนมัติแบบเรียลไทม์

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยและการพัฒนาเว็บไซต์ระบบตรวจสอบเบอร์แบล็กลิสต์ในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ศุภชัย คนเที่ยง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องของระบบ และประเมินประสิทธิภาพ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จนส่งผลให้การศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ในครั้งนี้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และสนับสนุนทรัพยากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นรากฐานสำคัญในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลองใช้งานระบบทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจสำคัญเสมอมา ตลอดจนเพื่อนร่วมสาขาวิชาที่คอยช่วยเหลือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

7.เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์ประสานงานด้านความมั่นคงปลอดภัยเทคโนโลยีสารสนเทศภาคการธนาคาร (TBAC). (2567). รายงานสรุปสถิติภัยทางการเงินและรูปแบบการหลอกลวงผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ประจำปี 2566. *วารสารการเงินธนาคาร*, 42(501), 88–92.
- สุกฤษฎา มาดวง. (2565). การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศด้วยเลอราเวลเฟรมเวิร์ก. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 6(2), 45–58.
- สุนิสา ประวิชัย และคณะ. (2566). แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาอาชญากรรมทางเทคโนโลยี: กรณีศึกษามิจฉาซีพีแก๊งคอลเซ็นเตอร์ในประเทศไทย. *วารสารอาชญาวิทยาและนิติวิทยาศาสตร์*, 9(1), 112–125.
- สุชนพล ทวีทรัพย์สมบูรณ์. (2566). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเชิงรุก*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวิศรุต ขวัญคุ้ม. (2564). การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์สำหรับการแจ้งเตือนภัยคุกคามออนไลน์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 17(3), 201–215.

การพัฒนาเว็บขายของสะสมเกี่ยวกับวงดนตรี

Development of an online collectibles about band

กรรชัย ลินเอี่ยม¹, ศุภกิจ บุญชื่น^{2*}, ศุภชัย คนเที่ยง³

Kanchai Sinaim¹, Suppakit Boonchuen^{2*}, Suphachai Khonthiang³

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Pibulsongkram Rajabhat University, saraban@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ส่งเสริมการสะสมของวงดนตรี โดยมุ่งเน้นการสร้างแพลตฟอร์มออนไลน์ที่รวบรวมของสะสมไว้ในระบบเดียว เพื่อรองรับกลุ่มผู้ที่มีความสนใจในของสะสมเกี่ยวกับวงดนตรี เว็บไซต์ RETRO REPLAY ได้รับการออกแบบและพัฒนาตามกระบวนการวงจรการพัฒนา (System Development Life Cycle: SDLC) พร้อมทั้งมีการประเมินผลใน 2 ด้าน ได้แก่ การประเมินประสิทธิภาพของระบบ และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน การประเมินประสิทธิภาพของระบบดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ ผลการประเมินพบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.64) โดยมีจุดเด่นด้านความถูกต้องของข้อมูลและความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน ส่วนการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ดำเนินการโดยนักศึกษาจำนวน 18 คน ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ทดลองใช้งานระบบจริง ผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.78) โดยเฉพาะในด้านความง่ายต่อการใช้งาน และความสะดวกในการค้นหาของสะสม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เว็บไซต์ RETRO REPLAY สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ในระดับที่น่าพอใจ และมีแนวทางในการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในอนาคต

คำสำคัญ: เว็บไซต์ของสะสม ของสะสมวงดนตรี แพลตฟอร์มออนไลน์

Abstract

This research aimed to develop a website to promote music band collections, focusing on creating an online platform that integrates collectibles into a single system to serve users who are interested in music-related collections. The RETRO REPLAY website was designed and developed based on the System Development Life Cycle (SDLC). The evaluation of the system was conducted in two aspects: system performance and user satisfaction. The system performance evaluation was conducted by 2 experts in system development, who assessed the accuracy, appropriateness, and overall efficiency of the system. The results indicated that the overall system performance was at a moderate level (mean = 3.64), with strengths in data accuracy and completeness of system functions. The user satisfaction evaluation was conducted with 18 students who participated as system users. The results showed that the overall satisfaction was at a high level (mean = 3.78), particularly in terms of ease of use and convenience in searching for collectibles. The findings suggest that the RETRO REPLAY website effectively meets user

needs at a satisfactory level and has potential for further development to enhance system performance in the future.

Keywords: collectible website, music band collectibles, online platform

1. บทนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจและพฤติกรรมผู้บริโภคของผู้คนอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาระบบเครือข่ายและการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตช่วยอำนวยความสะดวกในการซื้อขายสินค้าและบริการ ลดข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ รวมทั้งช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาดให้กับผู้ประกอบการอย่างมีประสิทธิภาพ (ชำนาญ ทองเย็น, 2567) นอกจากนี้ ธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจและพฤติกรรมการค้าสมัยใหม่ โดยช่วยให้การเข้าถึงสินค้าและบริการเป็นไปอย่างรวดเร็วและเจาะจงมากยิ่งขึ้น (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2563) ขณะเดียวกัน การสะสมสินค้าเฉพาะกลุ่ม เช่น ของสะสมเกี่ยวกับวงดนตรี ถือเป็นกิจกรรมที่มีลักษณะเฉพาะและมีความต้องการตลาดแบบเฉพาะกลุ่ม (niche market) ซึ่งต้องอาศัยแพลตฟอร์มที่สามารถรวบรวมสินค้า แหล่งข้อมูล และชุมชนผู้สนใจไว้ในพื้นที่เดียว เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลและการแลกเปลี่ยนสินค้า งานวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคออนไลน์ในประเทศไทยยังพบว่ามีปัจจัยด้านประเภทสินค้าและความแตกต่างของกลุ่มผู้บริโภคมิผลต่อรูปแบบการซื้อสินค้าออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญ (มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2566) จากแนวโน้มดังกล่าว การพัฒนาเว็บไซต์ที่รวบรวมและสนับสนุนการซื้อขายของสะสมเฉพาะด้านจึงมีความสำคัญต่อการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมการสะสมของวงดนตรีในรูปแบบแพลตฟอร์มออนไลน์ที่สามารถรวบรวมสินค้าและข้อมูลไว้ในระบบเดียว พร้อมประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบสนับสนุนการซื้อขายของสะสมเฉพาะกลุ่มในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มเว็บไซต์ขายของสะสมออนไลน์ ที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ซื้อ
- 2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยหลักการ วงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวางแผนและการวิเคราะห์ (Planning and Analysis)

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาการพัฒนาและผลกระทบของเว็บไซต์ตลาดของสะสมในบริบทของการเจาะตลาดเฉพาะกลุ่ม โดยขอบเขตการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ คุณภาพของสินค้าของสะสมและความต้องการของผู้ซื้อ เพื่อนำไปออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มที่มีประสิทธิภาพ รองรับกระบวนการซื้อขายอย่างเป็นระบบ และปลอดภัย ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมการเติบโตของ

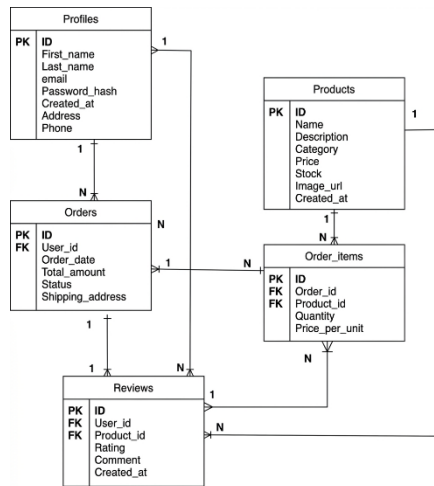
ตลาดนักสะสมอย่างยั่งยืนในระยะยาว โดยแผนการดำเนินงานจะเป็น 5 เดือน โดยจะเริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน - ตุลาคม แบ่งเป็น 1.การศึกษาข้อมูลของตลาด ระยะเวลา 1 เดือน 2.การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ ระยะเวลา 1 เดือน 3.การปรับปรุงระบบ ระยะเวลา 1 เดือน 4.การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาระบบ และนักศึกษา พร้อมทั้งปรับปรุงระบบ ระยะเวลา 1 เดือน 5. สรุปผลและทำรายงานนำเสนอ ระยะเวลา 1 เดือน

3.2 ชั้นการออกแบบระบบและสถาปัตยกรรมระบบ (Design and System Architecture)

ชั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะมุ่งเน้นการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface: UI) และประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX) ให้มีความเรียบง่ายและใช้งานสะดวก รองรับการค้นหาของสะสมตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด การอัปโหลดและดาวน์โหลดข้อมูล ตลอดจนระบบการชำระเงินที่มีความสะดวก

3.2.1 อี-อาร์ไดอะแกรม (E-R Diagram)

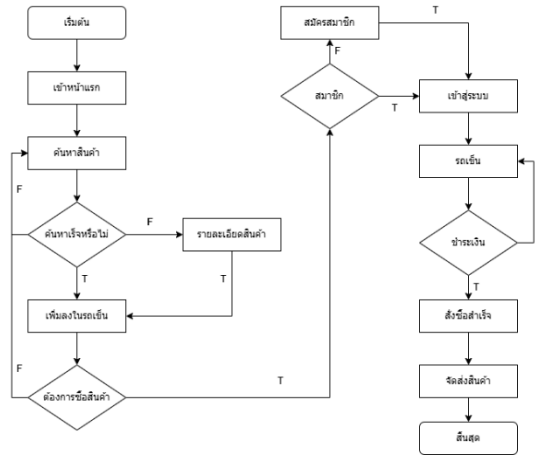
แผนภาพการทำงานของระบบ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในเว็บไซต์ retro replay โดยระบบกำหนดให้ผู้ชายสามารถอัปโหลดรายการของสะสมพร้อมรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ขณะที่ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาค้นหา ให้คะแนนรีวิว และทำการสั่งซื้อของสะสมที่สนใจได้อย่างเป็นระบบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อี-อาร์ไดอะแกรม (E-R Diagram)

3.2.2 แผนภาพการทำงานของระบบ

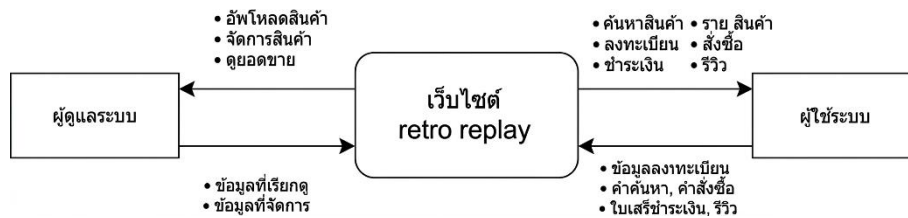
แผนภาพนี้เป็นผังงานที่จะแสดงขั้นตอนการสั่งซื้อของจากเว็บไซต์ retro replay โดยเริ่มจากการค้นหาสินค้าที่ต้องการ ตามเงื่อนไข จากนั้นแสดงรายละเอียด และหากสนใจสามารถ เพิ่มสินค้าลงในรถเข็นเพื่อสั่งซื้อได้ แต่ถ้ายังไม่มีสมาชิก จะต้องไปสมัครสมาชิกก่อน เมื่อชำระเงินแล้วจะจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพการทำงานของระบบ

3.2.3 คอนเท็กซ์ไดอะแกรม (Context Diagram)

ภาพแสดงคอนเท็กซ์ไดอะแกรม ของระบบเว็บไซต์ retro replay โดยมี ผู้ใช้งานหลัก 2 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ และ ผู้ใช้ระบบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 คอนเท็กซ์ไดอะแกรม (Context Diagram)

3.3 ขั้นตอนการพัฒนาและเขียนโค้ด (Development and Coding)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยใช้พีเอชพีเฟรมเวิร์ค สำหรับการเขียนโค้ด และใช้จาวาสคริปต์ในการเขียนส่วนของหลังบ้าน (Backend) โดยในตอนแรกเว็บไซต์นั้นยังคงไม่มีความสวยงาม จึงนำภาษาซีเอสเอสมาใช้ในการเขียนของหน้าบ้าน (Frontend) เพื่อให้มีความสวยงามและใช้งานได้ง่าย

3.4 ขั้นตอนการทดสอบระบบ (Testing and Quality Assurance)

ขั้นตอนการทดสอบระบบ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการประเมิน คือ แบบทดสอบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และแบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งาน โดยใช้กูเกิลฟอร์ม (Google Form) โดยให้คะแนนตั้งแต่ 1 (น้อยที่สุด) ถึง 5 (มากที่สุด) กับกลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาระบบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานต่อเว็บไซต์ retro replay จำนวน 2 ท่าน กลุ่มตัวอย่างในการเข้าใช้เว็บไซต์ retro replay จำนวน 18 คน ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

3.5 ขั้นตอนการบำรุงรักษาเว็บไซต์ (Deployment and Maintenance)

ภายหลังจากระบบผ่านการทดสอบและนำขึ้นใช้งานจริงแล้ว จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และมีเสถียรภาพ โดยครอบคลุมการตรวจสอบความผิดพลาด การปรับปรุงประสิทธิภาพ

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ retro replay เพื่อสนับสนุนการจำหน่ายของสะสมที่เกี่ยวข้องกับวงดนตรี โดยระบบแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิก และผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งผู้ใช้งานแต่ละประเภทสามารถเข้าถึงเว็บไซต์และเลือกชมสินค้าได้ตามสิทธิ์ที่กำหนด

4.1 ผู้ใช้งานทั่วไป

สามารถเข้าชมรายการของสะสมที่เกี่ยวข้องกับดนตรี และตรวจสอบรายละเอียดสินค้าได้ แต่ไม่สามารถดำเนินการสั่งซื้อได้ ผู้ใช้งานทั่วไปจะเห็นรายละเอียดหน้าเว็บ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าเว็บผู้ใช้งานทั่วไป

4.2 สมาชิก

สามารถสั่งซื้อของสะสมที่ต้องการได้ ใส่ที่อยู่ที่ต้องการจัดส่งได้ โดยสมาชิกจะเห็นรายละเอียด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าเว็บผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการประเมิน คือ แบบทดสอบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ แบบประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งาน โดยใช้กูเกิลฟอร์ม (Google Form) โดยให้คะแนนตั้งแต่ 1 (น้อยที่สุด) ถึง 5 (มากที่สุด) กับกลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาระบบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานต่อเว็บไซต์ retro replay จำนวน 2 ท่าน กลุ่มตัวอย่างในการเข้าใช้เว็บไซต์ retro replay จำนวน 18 คน ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1 – 2

4.2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 2 ท่าน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	การแปลผล
1. ความถูกต้องในการ แสดงผลข้อมูล	3.72	0.64	มาก
2. ความมีเสถียรภาพของ ระบบ	3.58	0.71	ปานกลาง
3. การเชื่อมโยงข้อมูลและการ แสดงผลข้อมูล	3.60	0.69	ปานกลาง
4. การออกแบบระบบใช้งาน ง่าย	3.60	0.62	มาก
5. ความเร็วในการประมวลผล	3.55	0.73	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	3.64	0.68	ปานกลาง

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานประเมินประสิทธิภาพโดยรวมในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 3.64$, $SD = 0.68$) โดยระบบมีจุดเด่นในด้าน การออกแบบระบบใช้งานง่าย ($\bar{X} = 3.75$) และ ความถูกต้องในการแสดงผลข้อมูล ($\bar{X} = 3.72$) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องและเข้าใจง่าย แม้ว่าจะยังมีบางด้านที่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในอนาคตตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ระบบ

4.2.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยนักศึกษาจำนวน 18 คน

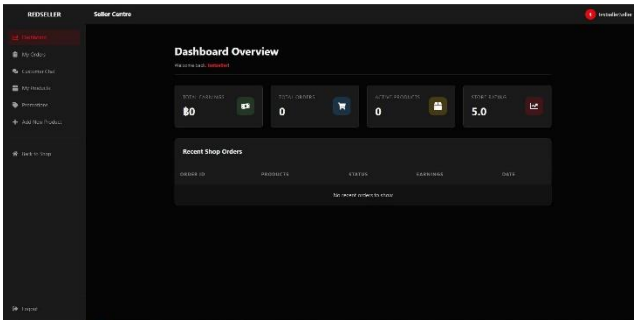
ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	การแปลผล
1. ความง่ายในการใช้งานระบบ	3.82	0.61	มาก
2. ระบบมีประสิทธิภาพ	3.74	0.66	มาก
3. การออกแบบระบบ	3.80	0.63	มาก
4. ความเร็วในการใช้งาน	3.69	0.70	มาก
5. ระบบช่วยเหลือเว็บไซต์	3.71	0.68	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.75	0.66	มาก

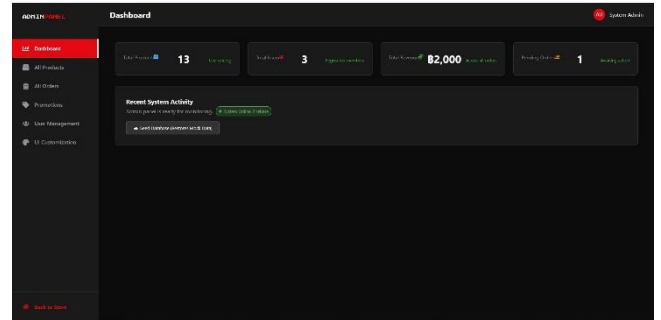
จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานประเมินโดยรวมอยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 3.75$, $SD = 0.66$) โดยระบบมีจุดเด่นในด้าน ความง่ายในการใช้งานระบบ ($\bar{X} = 3.82$) และ การออกแบบระบบ ($\bar{X} = 3.80$) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน ใช้งานได้สะดวก ไม่ซับซ้อน และมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้ในระดับที่น่าพึงพอใจ

4.3 ผู้ดูแลระบบ

มีหน้าที่บริหารจัดการข้อมูลสินค้า สมาชิก คำสั่งซื้อ และดำเนินการจัดส่งภายในเว็บไซต์ให้เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพการออกแบบระบบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการจำหน่ายของสะสมที่เกี่ยวข้องกับดนตรีผ่านช่องทางออนไลน์ และส่งเสริมให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลสินค้าได้อย่างสะดวกและครบถ้วน โดยในการนำเสนอของสะสมแต่ละรายการระบบจะแสดงรายละเอียดสำคัญ เช่น ประเภทสินค้า ศิลปินหรือวงดนตรีที่เกี่ยวข้อง ปีที่ผลิต สภาพสินค้า และข้อมูลประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการตัดสินใจซื้อ ทั้งนี้ ผู้ขายสามารถระบุรายละเอียดเฉพาะของสินค้าได้อย่างครบถ้วน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความโปร่งใสในการซื้อขาย ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8

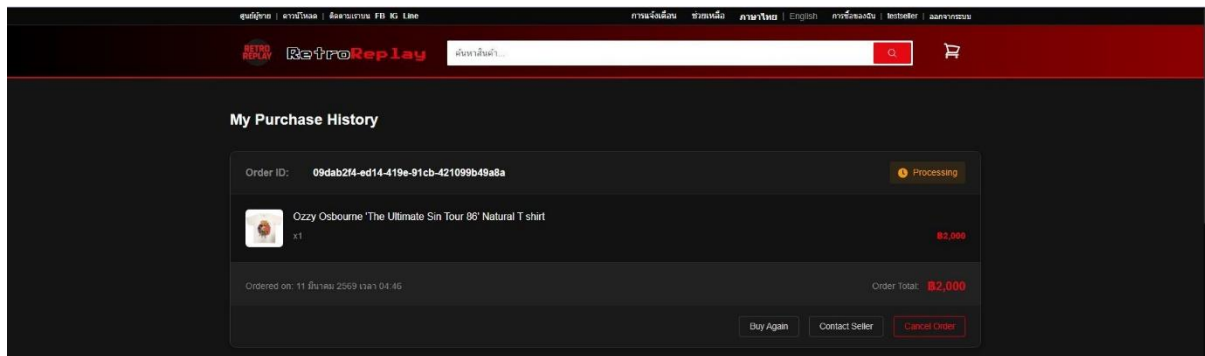


ภาพที่ 7 หน้าเว็บผู้ดูแล



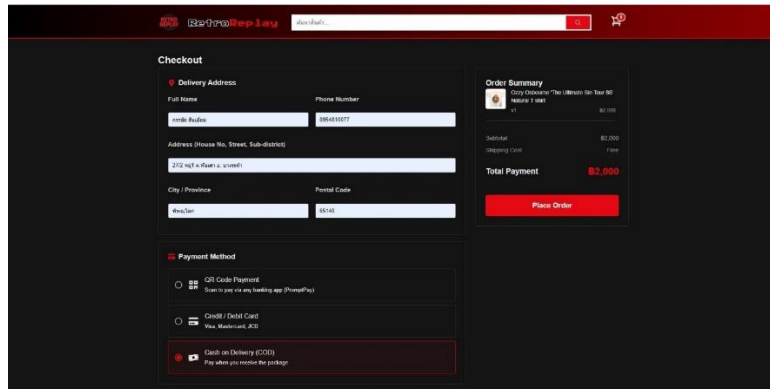
ภาพที่ 8 หน้าเว็บผู้ดูแล

เมื่อผู้ใช้งานต้องการตรวจสอบคำสั่งซื้อ สามารถเข้าสู่เมนูคำสั่งซื้อเพื่อดูข้อมูลรายละเอียด เช่น เลขที่คำสั่งซื้อ วันที่สั่งซื้อ และยอดรวมทั้งหมดได้ กรณีต้องการตรวจสอบรายละเอียดเพิ่มเติมในแต่ละรายการ ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูหน้ารายละเอียดคำสั่งซื้อ ซึ่งจะแสดงรายการสินค้าทั้งหมดที่สั่งซื้อ พร้อมราคาต่อหน่วย ราคารวม และวิธีการชำระเงินที่เลือกใช้ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 รวมราคาและคิดเงิน

เมื่อผู้ใช้งานมีความประสงค์จะสั่งซื้อของสะสม สามารถดำเนินการชำระเงินผ่านระบบได้ และภายหลังจากการชำระเงินเสร็จสมบูรณ์ ทางผู้ดูแลจะทำการจัดส่งของตามที่อยู่ที่ให้กับผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การจัดส่ง

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่าเว็บไซต์จำหน่ายของสะสมที่เกี่ยวข้องกับดนตรีมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 3.64$, $SD = 0.68$) โดยมีจุดเด่นด้าน การออกแบบระบบใช้งานง่าย และความถูกต้องในการแสดงผลข้อมูล แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และมีโครงสร้างการจัดการข้อมูลที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยในระดับปานกลางสะท้อนว่ายังมีบางองค์ประกอบที่ควรพัฒนาเพิ่มเติม เช่น ความเสถียรของระบบบางจุดยังคงมีบั๊กขณะเดียวกันผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับ มาก ($\bar{X} = 3.75$, $SD = 0.66$) โดยเฉพาะด้าน ความง่ายในการใช้งาน และการออกแบบระบบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงฟังก์ชันต่าง ๆ ได้สะดวก และมีประสบการณ์การใช้งานที่ดี ส่งผลให้เว็บไซต์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ ควรพัฒนาระบบให้มีความเสถียรและเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็วในการประมวลผล เพื่อยกระดับผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวม และในอนาคตอาจพัฒนาเป็นรูปแบบแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงของผู้ใช้งาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายศุภชัย คนเที่ยง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความรู้ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดกระบวนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ข้อเสนอแนะ และเพื่อน ๆ น้อง ๆ ผู้ประเมินประสิทธิภาพของระบบทุกท่านด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ประเมินทุกท่าน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการพิจารณาและให้ข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

ชำนาญ ทองเย็น. (2567). การประกอบธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic commerce: E-commerce). *วารสารธรรมเพื่อชีวิต*, 30(4), 596-608.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2563). ผลกระทบจากธุรกิจ e-commerce ต่อผู้ประกอบการท้องถิ่น.

ปาไลตา อนันตนิติเวทย์. (2562). *การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและเซพทของธุรกิจขายเสื้อผ้า* (สารนิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. <https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6981>

วิระวัลย์ ลากธนวนรกุลชัย. (2564). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าผ่านทางอีคอมเมิร์ซแพลตฟอร์มของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร* (การศึกษารายบุคคลปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

ระบบควบคุมออกซิเจนและให้อาหารปลาอัตโนมัติ Automatic Fish Feeder and Oxygen System

ภูวเดช ลอยลอม^{1*}, ภาวัต ฉิมเล็ก², ศุภชัย คนเที่ยง²,
พงษ์พิชญ์ เลิศเจริญวุฒา², ธงรบ อักษร², ไพฑูรย์ จิวทั้ง²

Phuwadech Loylom^{1*}, Parwat Chimlek², Suphachai Khonthiang²,
Phongphit Loescharoenwutha², Thongrob Auxsorn², Paitoon Ngewtung²

²อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

²Lecturer, Faculty of Science and Technology Pibulsongkram Rajabhat University

¹Student, Faculty of Science and Technology Pibulsongkram Rajabhat University, phuwadech.l@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมออกซิเจนและให้อาหารปลาอัตโนมัติ โดยระบบไอโอทีเป็นหลักในการควบคุม แบ่งเบาภาระและประหยัดเวลาให้กับผู้ที่เลี้ยงปลาสวยงามในการให้อาหารจากระยะไกล จุดมุ่งหมายคือการเพิ่มประสิทธิภาพของการให้อาหารปลากับออกซิเจนอัตโนมัติ โดยการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ จึงสามารถให้อาหารปลาที่เราเลี้ยงได้จากระยะไกล ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติใช้แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นเครื่องมือ กลุ่มตัวอย่างเป็นประชากรผู้เลี้ยงปลาสวยงามจำนวน 20 ราย ซึ่งเลี้ยงปลาในระดับครัวเรือนหรือฟาร์มขนาดเล็ก ในจังหวัดพิษณุโลก การคัดเลือกผู้เข้าร่วมดำเนินการโดยใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผลการศึกษาพบว่าความคิดเห็นโดยรวมของผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับระบบเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ (\bar{X}) เท่ากับ 4.73 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.43 โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าระบบเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติ ได้รับการตอบรับอย่างดีจากผู้เข้าร่วม ระบบมีความพึงพอใจ การใช้งาน และประสิทธิภาพของโครงสร้างในระดับสูงตามความคิดเห็นที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่าง

คำสำคัญ: เครื่องให้อาหารปลา ออกซิเจน

Abstract

This research aims to develop an automatic fish feeder and oxygenator primarily controlled by an IoT system, reducing the burden and saving time for ornamental fish keepers by allowing them to feed their fish remotely. The goal is to improve the efficiency of automatic fish feeding and oxygenation through control via a mobile application, enabling remote feeding of the fish. A satisfaction questionnaire was used to evaluate the effectiveness of the automatic fish feeder and oxygenator system. The sample population consisted of 20 ornamental fish keepers who raise fish at the household or small farm level in Phitsanulok Province. Participant selection was conducted using purposive sampling. The results showed that the overall opinion of the participants regarding the automatic fish feeder and oxygenator system was at the highest level, with a mean satisfaction (\bar{x}) of 4.73 and a standard deviation (S.D.) of 0.43. Overall, the

research results indicate that the automatic fish feeder and oxygenator system was well-received by the participants. The system showed high levels of satisfaction, usability, and structural efficiency according to the opinions received from the sample group.

Keywords: Fish feeder, Oxygenator

1. บทนำ

การเลี้ยงปลาสวยงามนั้นมีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายกระบวนการ แต่ปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงปลานั้น คือ การให้อาหารและออกซิเจน เนื่องจากการให้อาหารแบบเดิม ต้องใช้ผู้เลี้ยงในการให้อาหาร ผู้เลี้ยงปลาหลายรายมักประสบปัญหาเรื่องการให้อาหารปลาไม่ตรงเวลา หรือไม่สามารถดูแลได้อย่างต่อเนื่อง เช่น ในช่วงที่ต้องทิ้งบ้านไปต่างจังหวัดหลาย ๆ วัน หรืออยู่กับงานประจำ ซึ่งส่งผลให้ปลาขาดสารอาหารหรือเติบโตไม่เต็มที่ อีกทั้งยังอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำ โดยเฉพาะในบ่อที่เลี้ยงปลาหรือมีสภาพอากาศร้อนจัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอัตราการรอดของปลาได้ การติดตั้งเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติก็เป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหา

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในด้านการควบคุมและจัดการ อุปกรณ์อัตโนมัติในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในด้านการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งสามารถช่วยลดภาระของผู้ใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้อย่างมีระบบ การนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในงานด้านการเลี้ยงปลาถือเป็นแนวทางที่เหมาะสมกับยุคสมัย เนื่องจากสามารถควบคุมการให้อาหารและเติมออกซิเจนในบ่อปลาได้จากระยะไกล ผ่านแอปพลิเคชัน เช่น Blynk ซึ่งรองรับการเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น Arduino ได้อย่างสะดวก

ดังนั้น ทางผู้จัดทำโครงการจึงเห็นว่าควรนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้กับการให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ในการควบคุม โดยสามารถสั่งงานหรือตั้งเวลาให้อาหารและเติมออกซิเจนได้ผ่านแอป Blynk บนสมาร์ตโฟน ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้เลี้ยง ลดปัญหาการลืมให้อาหารปลา และควบคุมคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมการเลี้ยงปลาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์หรือฟาร์มขนาดเล็กได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) เพื่อช่วยลดภาระของผู้เลี้ยงปลาในการให้อาหารและออกซิเจน
- 3) เพื่อพัฒนาระบบให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชัน

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

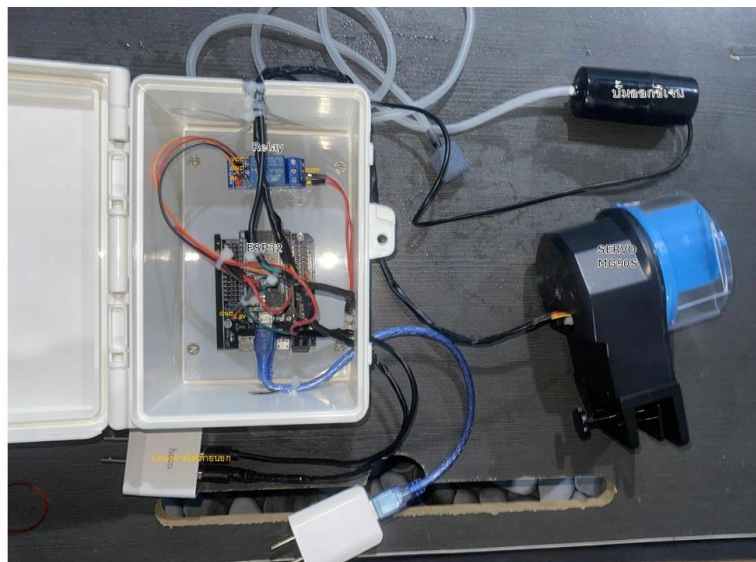
ชนาภา เทพเสนา และ อาทิตย์ คุณศรีสุข. (2562) ได้ทำงานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยเลือกใช้ microcontroller เป็นตัวควบคุมระบบให้อาหาร เลือกใช้ Stepper motor แบบ DC และ blower แบบ DC เป็นตัวควบคุมสั่งการในส่วนการจ่ายอาหาร โดยมีแผ่นงานหมุนทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดจ่ายอาหารและมีระบบแจ้งเตือนข้อความรายงานไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยง เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่า DO, ค่า pH, ค่าอุณหภูมิในน้ำ และค่าน้ำหนักอาหารในถังเก็บอาหารและค่าที่วัดได้ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือค่าไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด ระบบจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่าน LINE ไปยังโทรศัพท์ของผู้เลี้ยง

สุรเทพ แป้นเกิด และ สุภษี ดวงใส. (2566) ได้ทำงานการวิจัยพัฒนาเครื่องควบคุมตู้ให้อาหารปลาอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อเพิ่มความสะดวกในการให้อาหารปลา ควบคุมปริมาณ และลดเวลาในการดูแล เครื่องต้นแบบประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU, มอเตอร์เซอร์โวปล่อยอาหาร, เซ็นเซอร์วัดระดับอาหาร, เซ็นเซอร์ TDS สำหรับวัดคุณภาพน้ำ และแอปพลิเคชันสำหรับการควบคุมและเฝ้าสังเกตพฤติกรรมปลา เครื่องสามารถให้อาหารปลาได้ตรงตามเวลาและปริมาณ 1 กรัมในแต่ละครั้ง ซึ่งคิดเป็น 81% ของปริมาณที่เหมาะสม การพัฒนาเครื่องนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในอนาคต

ยุติธรรม ปรมะ และ วศิน โชติ. (2564) ได้ทำงานการวิจัยเป็นการพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้แนวคิดอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่งเพื่อเพิ่มความสะดวก ควบคุมปริมาณการให้อาหาร และลดเวลาในการเฝ้าสังเกตปลา เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ 1) เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติและ 2) แอปพลิเคชันการใช้งาน เครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ ได้รับการออกแบบเป็น 4ส่วน ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU V.2,ระบบงานป้อนอาหาร,สตีปเปอร์มอเตอร์ 4 เฟสพร้อมแผงวงจรควบคุม,ชุดเซนเซอร์วัดระดับอาหาร

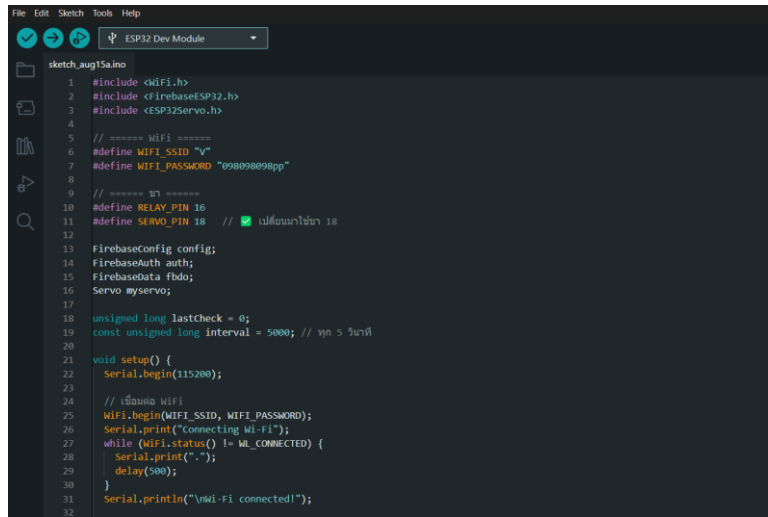
3. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาเอกสารข้อมูลและการออกแบบระบบ และนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบวงจรและโครงสร้างของเครื่องให้อาหารและออกซิเจน วิเคราะห์การทำงานของระบบเดิม และความต้องการที่จะมีจากระบบใหม่
2. ทำการออกแบบระบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ตามที่ได้วางแผนไว้ จากนั้น นำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ได้แก่ ESP32, MG90S, Relay, ป้อนออกซิเจน, บอดี้ให้อาหาร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรการทำงาน

2.1 นำระบบที่ได้ออกแบบไว้มาทบทวนเพื่อพัฒนาโปรแกรม โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียนโปรแกรมลงบอร์ด ดังภาพที่ 2



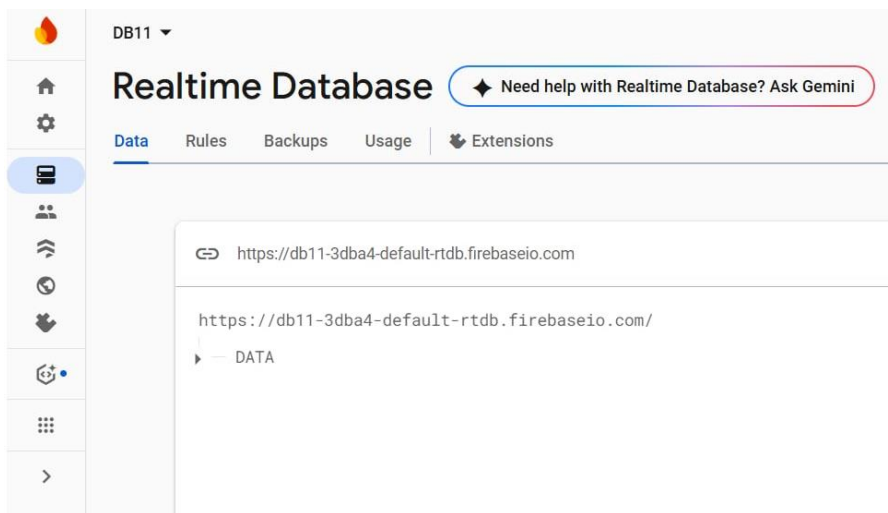
```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <FirebaseESP32.h>
3 #include <ESP32Servo.h>
4
5 // ===== WiFi =====
6 #define WIFI_SSID "v"
7 #define WIFI_PASSWORD "098098098pp"
8
9 // ===== Pin =====
10 #define RELAY_PIN 16
11 #define SERVO_PIN 18 // เปิดจนกว่าใช้ 18
12
13 FirebaseConfig config;
14 FirebaseAuth auth;
15 FirebaseData fbdo;
16 Servo myservo;
17
18 unsigned long lastCheck = 0;
19 const unsigned long interval = 5000; // ทุก 5 วินาที
20
21 void setup() {
22   Serial.begin(115200);
23
24   // เริ่ม WiFi
25   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
26   Serial.print("Connecting Wi-Fi");
27   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
28     Serial.print(".");
29     delay(500);
30   }
31   Serial.println("\nWi-Fi connected!");
32

```

ภาพที่ 2 โปรแกรม Arduino IDE

2.2 การทำงาน Firebase ในการเป็นตัวกลางของการสื่อสารระหว่าง ESP32 กับแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น ดังภาพที่ 3



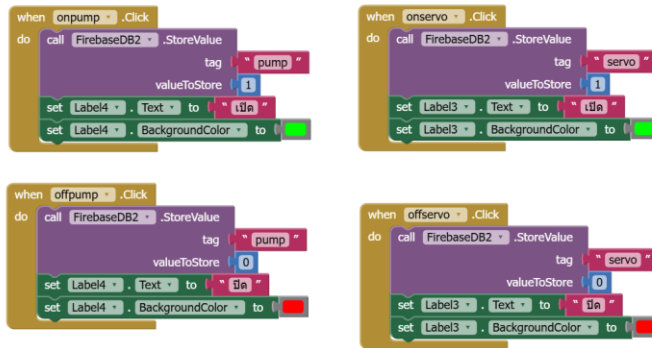
ภาพที่ 3 การทำงานของ Firebase

2.3 การทำงานของแอปพลิเคชัน Mit App Inventor ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โปรแกรมแอปพลิเคชัน Mit App Inventor

2.4 ใช้โปรแกรม Mit App Inventor ในการเขียน Code ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Code โปรแกรมแอปพลิเคชัน Mit App Inventor

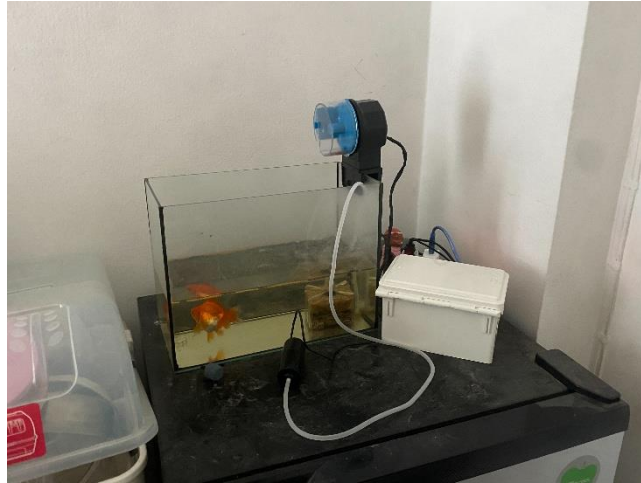
3. ทดสอบระบบก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานจริง โดยทดสอบเบื้องต้นด้วยการทดสอบความแม่นยำของการให้อาหารและออกซิเจนตรวจสอบความสามารถในการ ควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด

4. เมื่อทำการทดสอบจนมั่นใจว่าสามารถทำงานได้จริง และตรงกับความต้องการของผู้ใช้ระบบแล้ว จึงนำระบบที่พัฒนาจนสมบูรณ์มาติดตั้ง เพื่อเริ่มใช้งานในสถานการณ์จริง

5. หลังจากระบบได้ถูกนำมาใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้พัฒนาระบบจำเป็นต้องบำรุงรักษาระบบ โดยดำเนินการติดตามและแก้ไขให้ถูกต้อง หากพบข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องจากการทำงานของระบบงานใหม่ และทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ให้กลุ่มตัวอย่างได้ใช้งานและการประเมินความพึงพอใจ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชาชนผู้เลี้ยงปลาสวยงามจำนวน 20 ราย ซึ่งเลี้ยงปลาสวยงามในระดับครัวเรือนหรือฟาร์มขนาดเล็ก ในจังหวัดพิษณุโลก โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แบบสอบถามด้านระบบ
- 2) แบบสอบถามด้านอุปกรณ์
- 3) แบบสอบถามด้านการใช้งาน

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า แบบประเมินความพึงพอใจระบบควบคุมออกซิเจนและให้อาหารปลาอัตโนมัติ มีการประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ประเมินด้านระบบ ด้านอุปกรณ์ และด้านการใช้งาน โดยประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 5 คน จังหวัดพิษณุโลก พบว่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 การประเมินความพึงพอใจ ด้านระบบ

ด้านระบบ	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D	แปลผล
1) ระบบสามารถเชื่อมต่อและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.60	0.55	มากที่สุด
2) ระบบสามารถทำงานตามที่ตั้งใจอย่างถูกต้อง	4.80	0.45	มากที่สุด
3) การสั่งงานให้อาหารและออกซิเจนจากระยะไกลทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ	7.80	0.45	มากที่สุด
4) ระบบสามารถส่งข้อมูลและตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างต่อเนื่อง	4.80	0.45	มากที่สุด
รวม	4.75	0.48	มากที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจ ด้านอุปกรณ์

ด้านอุปกรณ์	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D	แปลผล
5) อุปกรณ์มีความแข็งแรง ทนทาน และเหมาะสมกับการใช้งาน	5.00	0.00	มากที่สุด
6) การทำงานของมอเตอร์ ป้อนออกซิเจน และกลไกการให้อาหารมีความราบรื่น	5.00	0.00	มากที่สุด
7) ขนาดและรูปแบบของเครื่องเหมาะสมกับการติดตั้งในตู้ปลา/บ่อปลา	4.60	0.55	มากที่สุด
8) ราคาของอุปกรณ์เหมาะสมกับคุณภาพและประสิทธิภาพที่ได้รับ	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม	4.80	0.28	มากที่สุด

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจ ด้านการใช้งาน

ด้านการใช้งาน	ระดับความพึงพอใจ		
	\bar{X}	S.D	แปลผล
9) การใช้งานระบบและอุปกรณ์มีความง่าย ไม่ซับซ้อน	4.60	0.55	มากที่สุด
10) การควบคุมผ่านแอปพลิเคชันสะดวกและตอบสนองความต้องการได้	4.80	0.45	มากที่สุด
11) ระบบช่วยลดภาระและประหยัดเวลาของผู้เลี้ยงปลาได้จริง	4.60	0.55	มากที่สุด
12) การใช้งานระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาและคุณภาพน้ำ	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม	4.73	0.43	มากที่สุด

จากตารางที่ 1-3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานของเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติ ความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมาย ค่าเฉลี่ย ดังนี้
 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 - 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 - 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 - 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 - 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 - 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

5. อภิปรายผล

จากตารางที่ 1 ความพึงพอใจด้านโครงสร้าง สรุปลงได้ว่าความพึงพอใจด้านระบบของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความคิดเห็นรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.75$, S.D.=0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วสรุปได้ว่า ระบบสามารถเชื่อมต่อและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) ระบบสามารถทำงานตามที่สั่งได้อย่างถูกต้อง ($\bar{X}=4.80$, S.D. =0.45) การสั่งงานให้อาหารและออกซิเจนจากระยะไกลทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ($\bar{X}=4.80$, S.D. =0.45) ระบบสามารถส่งข้อมูลและตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างต่อเนื่อง ($\bar{X}=4.80$, S.D. =0.45) ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจด้านอุปกรณ์ สรุปลงได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจด้านอุปกรณ์ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.80$, S.D.=0.28) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วสรุปว่า อุปกรณ์มีความแข็งแรง ทนทาน และเหมาะสมกับการใช้งาน ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.00) การทำงานของมอเตอร์ บั๊มออกซิเจน และกลไกการให้อาหารมีความราบรื่น ($\bar{X}=5.00$, S.D.=0.00) ขนาดและรูปแบบของเครื่องเหมาะสมกับการติดตั้งในตู้ปลา/บ่อปลา ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) ราคาของอุปกรณ์เหมาะสมกับคุณภาพและประสิทธิภาพที่ได้รับ ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) ตามลำดับ

จากตารางที่ 3 ความพึงพอใจด้านการใช้งาน สรุปลงได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจด้านความคุ้มค่าส่วนใหญ่มีความเห็นรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.65$, S.D.=0.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วสรุปได้ว่า การใช้งานระบบและอุปกรณ์มีความง่าย ไม่ซับซ้อน ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) การควบคุมผ่านแอปพลิเคชันสะดวกและตอบสนองความต้องการได้ ($\bar{X}=4.80$, S.D.=0.45) ระบบช่วยลดภาระและประหยัดเวลาของผู้เลี้ยงปลาได้จริง ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) การใช้งานระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงปลาและคุณภาพน้ำ ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.53) ตามลำดับ

แบบประเมินความพึงพอใจเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติได้พัฒนาขึ้น พบว่าค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมีการประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ด้านโครงสร้าง ด้านอุปกรณ์ และด้านการใช้งาน รวมทั้ง 3 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.73$, S.D.=0.43) ทำให้ระบบเกษตรอัจฉริยะผ่านโปรแกรมโทรศัพท์มือถือสามารถนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม จึงควรที่จะมีการพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติต่อไปในอนาคต เพื่อช่วยให้การทำงานของเครื่องให้อาหารปลาและออกซิเจนอัตโนมัติมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเก่า ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันเมื่ออาหารใกล้หมด หรือระดับออกซิเจนต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเลี้ยงปลา
2. ควรเพิ่มระบบสำรองไฟ (Battery Backup) กรณีไฟฟ้าดับ เพื่อให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง
3. ควรพัฒนาให้สามารถปรับตั้งเวลาการให้อาหารและปริมาณออกซิเจนได้ละเอียดมากขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดและจำนวนปลา
4. ควรทดลองใช้งานในระยะยาวกับบ่อปลาหลายขนาด เพื่อเก็บข้อมูลและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยระบบควบคุมออกซิเจนและให้อาหารปลาอัตโนมัติ ประสบความสำเร็จไปด้วยดี เป็นเพราะ ได้รับการชี้แนะในเรื่องต่าง ๆ อันเป็นความรู้และแนวทาง ในการทำงาน รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ ตลอดจนความเอาใจใส่ และการให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ ไพฑูรย์ จิวทั้ง ที่ได้ให้คำปรึกษาและสนับสนุน รวมทั้งอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และ ผู้เลี้ยงปลาสวยงามทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการจัดหาสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้และขอขอบพระคุณ ภาควิชาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2565). คู่มือการจัดการคุณภาพน้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กิตติพงษ์ จันทรดี และ นรินทร์ สุขเกษม. (2563). การพัฒนาเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(2), 55–64.
- ชนาภา เทพเสนา, ศิริพงษ์ ปะวะโก, และ อาทิตย์ คุณศรีสุข. (2562). การพัฒนาระบบควบคุมสำหรับระบบการให้อาหารปลาแบบอัตโนมัติ. ในรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 (หน้า 1025–1030). มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ธีรภัทร์ บุญช่วย และ ปริญญา แสงทอง. (2564). การออกแบบระบบเติมอากาศในบ่อเลี้ยงปลาเพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ. *วารสารเทคโนโลยีการเกษตร*, 8(1), 33–41.
- ยุติธรรม ประม และ วศิน โชติ. (2564). การพัฒนาต้นแบบเครื่องให้อาหารปลาอัตโนมัติโดยใช้แนวคิดอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 13(1), 75–84.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2563). *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) เพื่อการเกษตรอัจฉริยะ*. สวทช.
- สุรเทพ แป้นเกิด และ สุภษี ดวงใส. (2566). เครื่องควบคุมตู้ปลาอัตโนมัติด้วยไอโอที. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ*, 17(2), 45–52.

การพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

Route Recommendations in Mueang District, Phitsanulok

Province with Line BOT

ณภัทร วงค์มะณี^{1*}, รติวัฒน์ ปารีศรี²
Naphat Wongmanee^{1*}, Ratiwat Paresri²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
naphat.wo@psru.ac.th

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

²Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
ratiwat@psru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเส้นทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญภายในเขตเมืองพิษณุโลก 2) พัฒนาแชทบอทสำหรับแนะนำเส้นทาง และ 3) ประเมินความถูกต้องและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยคัดเลือกสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมจำนวน 9 แห่ง ข้อมูลสถานที่และพิกัดถูกจัดเก็บใน Google Sheets การพัฒนาระบบใช้ Google Apps Script เป็นส่วนประมวลผลหลังบ้าน เชื่อมต่อกับ LINE Messaging API เพื่อโต้ตอบกับผู้ใช้งาน ระบบสามารถนำเสนอเส้นทางได้ 2 รูปแบบ คือ เส้นทางตรงไปยังปลายทาง และเส้นทางแบบเลือกจุดแวะสถานที่อื่น โดยเชื่อมโยงการนำทางผ่าน Google Maps ผลการวิจัยพบว่า แชทบอทสามารถแนะนำเส้นทางเดินเท้าและรถจักรยานยนต์ได้อย่างถูกต้อง และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง (\bar{X} = 2.86, S.D. = 0.66) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความง่ายในการใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 2.92, S.D. = 0.95) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 2.83, S.D. = 0.79) และด้านประโยชน์และการนำไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 2.82, S.D. = 0.76) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแชทบอทช่วยลดความยุ่งยากในการค้นหาเส้นทาง และสามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดพิษณุโลกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ไลน์แชทบอท แนะนำเส้นทาง ท่องเที่ยวพิษณุโลก กูเกิลแมป

Abstract

This research aims to 1) study and collect route data between key tourist attractions in Mueang Phitsanulok District, 2) develop a LINE chatbot for route recommendations, and 3) evaluate the system's accuracy and user satisfaction. Nine historical and cultural sites were selected for this study. Location data and coordinates were stored in Google Sheets. The system was developed using Google Apps Script as the backend, integrating with the LINE Messaging API for user interaction. The chatbot offers two routing options: a direct route and a customized route with waypoints, providing navigation links via Google Maps. The results indicated that the chatbot accurately recommended walking and motorcycle routes. Furthermore,

the user satisfaction evaluation revealed an overall satisfaction score at a Moderate level ($\bar{X} = 2.86$, S.D. = 0.66). When considered by aspect, Usability was at a Moderate level ($\bar{X} = 2.92$, S.D. = 0.95), System Performance was at a Moderate level ($\bar{X} = 2.83$, S.D. = 0.79), and Usefulness was at a Moderate level ($\bar{X} = 2.82$, S.D. = 0.76), demonstrating that the chatbot effectively reduces route-finding difficulties and promotes cultural tourism in Phitsanulok Province.

Keywords: LINE Chatbot, Route Recommendation, Phitsanulok Tourism, Google Maps

1. บทนำ

จังหวัดพิษณุโลกเป็นเมืองที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์และมีสถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองหลายแห่ง เช่น วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร (วัดใหญ่) วัดนางพญา ศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช และพระราชวังจันทน์ เป็นต้น ซึ่งสถานที่เหล่านี้มีระยะทางที่ไม่ไกลกันมากนัก เหมาะสำหรับการเดินทางท่องเที่ยวด้วยการเดินเท้าหรือรถจักรยานยนต์ อย่างไรก็ตาม นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มักประสบปัญหาในการวางแผนเส้นทางและการค้นหาที่พักสถานที่ที่เชื่อมโยงกัน ทำให้เสียเวลาในการเดินทางและเข้าถึงข้อมูลได้ยาก การแก้ปัญหาในปัจจุบันมักต้องพึ่งพาการสืบค้นผ่านแอปพลิเคชันแผนที่หลายขั้นตอน ซึ่งอาจไม่สะดวกต่อผู้ใช้งานที่ต้องการข้อมูลแบบทันทีทันใด

ในปัจจุบันแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) เป็นแพลตฟอร์มการสื่อสารที่ได้รับความนิยมสูงสุดในประเทศไทย การประยุกต์ใช้แชทบอท (Chatbot) ผ่านหน้าต่างสนทนาของไลน์จึงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากผู้ใช้สามารถโต้ตอบและรับข้อมูลได้ทันทีโดยไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันเพิ่มเติม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญลักษณ์ มิตรโสภณศิริ และคณะ (2563) ที่ได้พัฒนาระบบการจัดการบริหารหมู่บ้านผ่าน LINE API ซึ่งพบว่าผู้ใช้คือสะดวกต่อผู้ใช้งานที่มีความคุ้นเคยกับระบบแชทอยู่แล้ว เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วุฒิพงษ์ ชินศรี และวิไลลักษณ์ ตรีพีช (2564) ที่ประสบความสำเร็จในการนำ LINE Official Account มาใช้บริหารจัดการการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การนำไลน์มาประยุกต์ใช้ยังสามารถต่อยอดไปสู่การส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนได้ ดังที่ ญัฐกร สีดา และคณะ (2567) ได้นำแพลตฟอร์มไลน์มาพัฒนาเป็นช่องทางขายสินค้าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้เป็นอย่างดี

สำหรับการพัฒนาระบบประมวลผลหลังบ้าน (Backend) การใช้เทคโนโลยีคลาวด์และเครื่องมือของ Google ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูง อภิชัย ตระหง่านศรี (2566) ได้นำเทคโนโลยี LINE Messaging API ร่วมกับ Google Apps Script และ Google Sheets มาพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติเพื่อแสดงผลข้อมูลการเรียน ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถรองรับบทสนทนาและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ ศิริลักษณ์ บุญมาพันธ์ (2567) ได้พัฒนาแชทบอทสำหรับตรวจสอบการคัดลอกผลงาน ซึ่งผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าแชทบอทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในระดับสูง

จากปัญหาและแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยประยุกต์ใช้ LINE Messaging API ร่วมกับ Google Apps Script และ Google Sheets เป็นฐานข้อมูล เพื่อให้นักท่องเที่ยวสามารถพิมพ์โต้ตอบ หรือเลือกเมนูเพื่อค้นหาเส้นทางไปยังสถานที่สำคัญ 9 แห่งได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยระบบจะสามารถแนะนำได้ทั้งเส้นทางตรงไปยังปลายทาง และเส้นทางแบบประจวบจุดแวะพัก พร้อมทั้งเชื่อมโยงพิกัดเข้ากับ Google Maps เพื่อใช้ทางจริง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยว 2) พัฒนาแชทบอทเพื่อแนะนำเส้นทาง และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ จักรพันธ์ และคณะ (2564) ที่ได้พัฒนาไลน์แชทบอทเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกซึ่งเน้นการให้ข้อมูลสถานที่ในภาพรวม งานวิจัยฉบับนี้มีความแตกต่างและโดดเด่นโดยมุ่งเน้นไปที่การนำเสนอเส้นทางท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์เฉพาะจุดจำนวน 9 แห่ง พร้อมทั้งพัฒนาระบบให้รองรับฟังก์ชันการเลือกจุดแวะพัก (Waypoints) หลายแห่งพร้อมกันในคำสั่งเดียว ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการเดินทางได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพมากกว่าระบบเดิมที่เน้นการค้นหาข้อมูลแบบรายสถานที่

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลพิกัดและเส้นทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมภายในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

2.2 เพื่อพัฒนาไลน์บอท (LINE Bot) สำหรับแนะนำเส้นทางเดินเท้าและรถจักรยานยนต์ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบไลน์บอทแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "การพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก" ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 2) การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ 3) การออกแบบผังงาน 4) การพัฒนาและทดสอบระบบ และ 5) การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

3.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware): เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและโทรศัพท์สมาร์ทโฟนสำหรับทดสอบการทำงาน

3.1.2 ด้านซอฟต์แวร์ (Software):

LINE Official Account และ LINE Messaging API สำหรับสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) และรับส่งข้อความ

Google Apps Script สำหรับเขียนโปรแกรมประมวลผลการทำงานหลังบ้าน (Backend)

Google Sheets สำหรับใช้เป็นระบบฐานข้อมูล (Database) เพื่อจัดเก็บข้อมูลสถานที่และพิกัด

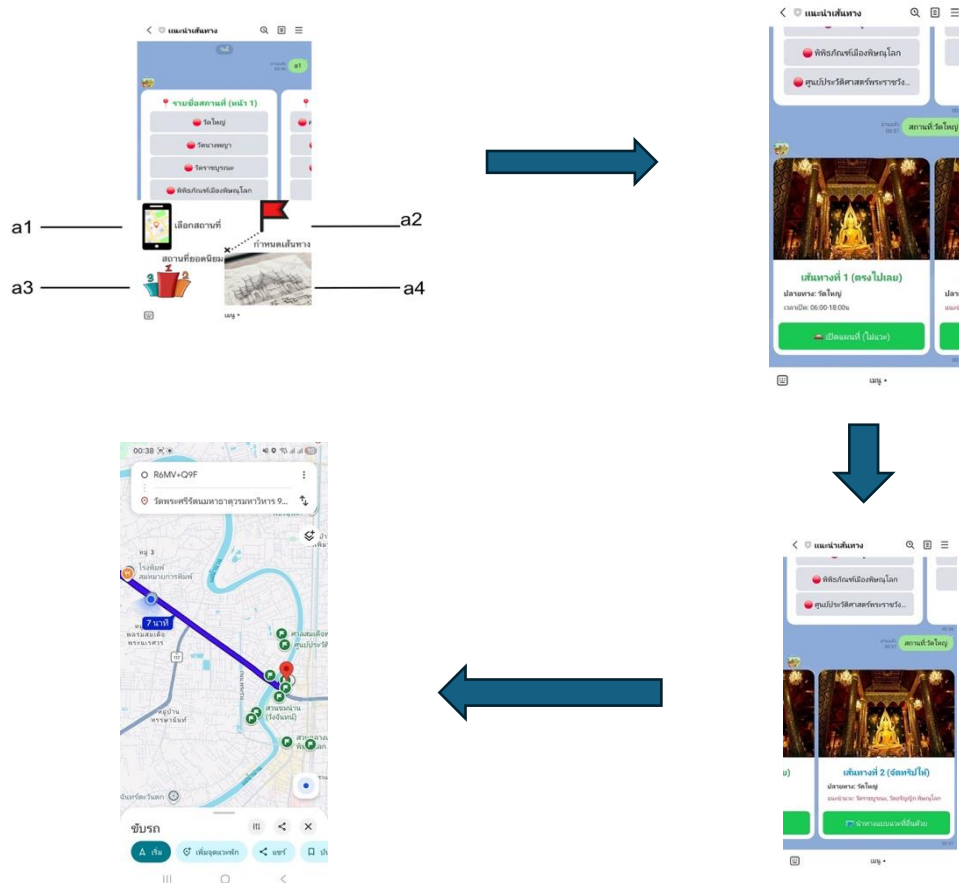
Google Maps สำหรับเชื่อมโยงพิกัดและนำทาง

3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture)

การทำงานของระบบเริ่มต้นจากผู้ใช้งานพิมพ์ข้อความหรือกดเลือกเมนูผ่านแอปพลิเคชัน LINE จากนั้น LINE Messaging API จะส่งข้อมูลผ่าน Webhook ไปยัง Google Apps Script เพื่อทำการประมวลผลคำสั่ง โดยระบบจะเชื่อมต่อไปยัง Google Sheets เพื่อดึงข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวและพิกัด (Latitude, Longitude) เมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น Google Apps Script จะส่งข้อความในรูปแบบ Flex Message กลับไปยังผู้ใช้งาน พร้อมแนบลิงก์เส้นทางที่เชื่อมต่อกับ Google Maps

3.4.2 การพัฒนาระบบโต้ตอบและส่วนแสดงผล

พัฒนาโค้ดด้วยภาษา JavaScript บน Google Apps Script เพื่อดักจับเหตุการณ์ (Events) จากผู้ใช้ และออกแบบการตอบกลับในรูปแบบ Flex Message ที่มีความสวยงาม แสดงข้อมูลสถานที่ รูปภาพ และปุ่มกดเปิดแผนที่นำทางได้อย่างแม่นยำ



ภาพที่ 4 ส่วนผู้ใช้งานและการแสดงผลรูปแบบ Flex Message เมื่อผู้ใช้กด a1 จะแสดงชื่อสถานที่ และเมื่อเลือกสถานที่ จะแสดงเส้น 2 แบบ เมื่อกดเปิดแผนที่จะไป google map แสดงเส้นทางไปยังสถานที่ปลายทางที่เราเลือก



ภาพที่ 5 ส่วนผู้ใช้งานและการแสดงผลรูปแบบ Flex Message เมื่อผู้ใช้กด a2 จะให้ผู้ใช้งานเลือกกำหนดเส้นทางและเพิ่มจุดแวะเอง



ภาพที่ 6 ส่วนผู้ใช้งานและการแสดงผลรูปแบบ Flex Message เมื่อผู้ใช้กด a3 จะแสดงอันดับสถานที่ที่ยอดนิยม



ภาพที่ 7 ริชเมนูเมื่อผู้ใช้กด a4 จะเป็นลิงค์ไปยังเว็บไซต์เนื้อหาสถานที่

3.5 การประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ

หลังจากการพัฒนาาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้นำระบบไปทดสอบการใช้งานจริง และประเมินความพึงพอใจโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1 กลุ่มตัวอย่าง: ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เป็นนักศึกษาที่มีความคุ้นเคยกับการใช้เทคโนโลยี แชนบอทและการเดินทางในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 30 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในเชิงเทคนิคก่อนนำไปขยายผลใช้กับนักท่องเที่ยวจริง

2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน: แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Likert Scale) แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ด้านความง่ายในการใช้งาน และด้านประโยชน์และการนำไปใช้ ทั้งนี้ แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการทดสอบหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.82 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และมีความสอดคล้องภายในของข้อคำถาม

3 การวิเคราะห์ข้อมูล: นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาประมวลผลทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เพื่อแปลผลระดับความพึงพอใจ

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง "การพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก" มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาาระบบไลน์บอทแนะนำเส้นทาง

ผลจากการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้แชทบอทบนแอปพลิเคชัน LINE ที่สามารถโต้ตอบและแนะนำเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ 9 แห่งในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยระบบสามารถทำงานได้ตามสถาปัตยกรรมที่ออกแบบไว้ มีเมนูแบบ Rich Menu และแสดงผลข้อมูลสถานที่พร้อมรูปภาพในรูปแบบ Flex Message ตลอดจนสามารถประมวลผลการคำนวณจุดแวะพักและเชื่อมโยงพิกัดส่งต่อไปยังแอปพลิเคชัน Google Maps เพื่อนำทางผู้ใช้งานไปยังจุดหมายได้อย่างถูกต้อง

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยได้นำระบบไปทดสอบและประเมินความพึงพอใจกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานจริงและตอบแบบสอบถามครบถ้วนสมบูรณ์ จำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ มากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ มาก

คะแนนเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ น้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับ น้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 3 ด้าน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบไลน์บอท (n = 30)

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านที่ 1: ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	2.83	0.79	ปานกลาง
1. แชทบอทมีการตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว	2.83	0.87	ปานกลาง
2. ข้อมูลที่กีดสถานที่และเส้นทางบนแผนที่มีความถูกต้องแม่นยำ	2.93	1.34	ปานกลาง
3. ระบบสามารถทำงานได้สมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาด (Error)	2.73	1.20	ปานกลาง
ด้านที่ 2: ความง่ายในการใช้งาน	2.92	0.95	ปานกลาง
4. เมนู ปุ่มกด และคำสั่งต่างๆ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	3.37	1.22	ปานกลาง
5. การแสดงผลข้อความและการจัด สวยงามและอ่านง่าย	2.73	1.11	ปานกลาง
6. ขั้นตอนการเลือกจุดแวะ/ค้นหาเส้นทาง สามารถทำได้สะดวก	2.67	1.18	ปานกลาง
ด้านที่ 3: ประโยชน์และการนำไปใช้	2.82	0.76	ปานกลาง
7. ช่วยให้การวางแผนเดินทางท่องเที่ยวในเมืองพิษณุโลกสะดวกขึ้น	2.80	1.19	ปานกลาง
8. สามารถนำแชทบอทนี้ไปใช้งานได้จริงในการเดินทาง	2.57	0.86	ปานกลาง
9. ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อแชทบอทแนะนำเส้นทางนี้	3.10	1.12	ปานกลาง
รวมเฉลี่ยทุกด้าน	2.86	0.66	ปานกลาง

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยรวมอยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 2.86$, S.D. = 0.66)

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุดคือ ด้านความง่ายในการใช้งาน อยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 2.92$, S.D. = 0.95) รองลงมาคือ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ อยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 2.83$, S.D. = 0.79) และ ด้านประโยชน์และการนำไปใช้ อยู่ในระดับ ปานกลาง ($\bar{X} = 2.82$, S.D. = 0.76) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าข้อที่ผู้ใช้งานให้คะแนนประเมินสูงสุด 3 อันดับแรก คือ ข้อ 4 เมนู ปุ่มกด และคำสั่งต่างๆ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน ($\bar{X} = 3.37$, S.D. = 1.22) รองลงมาคือ ข้อ 9 ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อระบบ ($\bar{X} = 3.10$, S.D. = 1.12) และ ข้อ 2 ข้อมูลที่กีดสถานที่และเส้นทางบนแผนที่มีความถูกต้องแม่นยำ ($\bar{X} = 2.93$, S.D. = 1.34)

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาไลน์บอทเพื่อแนะนำเส้นทางในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยสามารถนำผลการศึกษามาอภิปรายผลและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

5.1.1 ด้านการพัฒนาระบบ: แอปบอทที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานและตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถแนะนำเส้นทางเดินเท้าและรถจักรยานยนต์เชื่อมโยงสถานที่สำคัญ 9 แห่งได้อย่างถูกต้อง การที่ระบบมีความยืดหยุ่นและตอบสนองได้รวดเร็วทัน เป็นผลมาจากการเลือกใช้สถาปัตยกรรมระบบที่เหมาะสม โดยใช้ Google Apps Script เป็นตัวกลางในการประมวลผลเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลบน Google Sheets ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิษฐ์ ทรห่านศรี (2566) ที่ระบุว่าการใช้เทคโนโลยีกลุ่ม Google Workspace และ LINE Messaging API จะช่วยให้ระบบรองรับการโต้ตอบแบบเรียลไทม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน LINE ยังช่วยลดภาระในการติดตั้งแอปพลิเคชันใหม่ของผู้ใช้งาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญลักษณ์ มิตรโสภณศิริ และคณะ (2563) ที่พบว่าผู้ใช้มีความคุ้นเคยกับการใช้งานผ่านแพลตฟอร์ม LINE อยู่แล้ว จึงส่งผลให้ระบบเข้าถึงง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้งานจริง

5.1.2 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน: จากผลการประเมินพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับปานกลาง ทั้งนี้สามารถอภิปรายได้ว่า เป็นเพราะผู้วิจัยได้ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ผ่าน Rich Menu และ Flex Message ที่มีภาพประกอบชัดเจน ลดความซับซ้อนในการพิมพ์คำสั่งของผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจและใช้งานระบบเพื่อค้นหาเส้นทางได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้คะแนนในด้านความง่ายในการใช้งาน (Usability) อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณารายชื่อพบว่าข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างต่ำคือ ขั้นตอนการเลือกจุดแวะพัก (\bar{X} = 2.67) และระบบไม่มีข้อผิดพลาด (\bar{X} = 2.73) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง สาเหตุสำคัญเกิดจากข้อจำกัดทางเทคนิคในการประมวลผลข้อมูลพิกัดหลายจุดผ่าน Google Apps Script ร่วมกับความล่าช้าในการโหลดข้อมูล (Latency) ของ LINE Interface ในบางช่วงเวลา ทำให้การตอบสนองต่อการเลือกจุดแวะพักไม่ทันใจผู้ใช้งาน นอกจากนี้ การที่คะแนนรวมอยู่ในระดับปานกลาง (\bar{X} = 2.86) อาจสะท้อนถึงข้อจำกัดจากการใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษา ซึ่งมีความคาดหวังต่อความเร็วและความสวยงามของระบบ (User Experience) ในระดับสูงกว่ากลุ่มนักท่องเที่ยวทั่วไป ทำให้การประเมินมีความเข้มงวดในเชิงเทคนิค ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อผิดพลาดที่พบไปปรับปรุงอัลกอริทึมการดึงข้อมูลให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. หน่วยงานภาครัฐ ผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว หรือชุมชนในจังหวัดพิษณุโลก สามารถนำไลน์บอทนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยว และอำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาเยือนจังหวัดพิษณุโลกได้

2. ผู้ดูแลระบบควรมีการตรวจสอบและอัปเดตข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว เวลาเปิด-ปิด และข้อมูลพิกัด (Latitude, Longitude) ใน Google Sheets ให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการนำทาง

3. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มนักท่องเที่ยวจริงในพื้นที่ (Actual Tourists) เพื่อเปรียบเทียบผลความพึงพอใจระหว่างกลุ่มนักศึกษา กับกลุ่มเป้าหมายจริง ซึ่งจะช่วยให้ระบบสะท้อนความต้องการในการใช้งานจริงในสถานการณ์เดินทางได้แม่นยำยิ่งขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาฟังก์ชันการรองรับหลายภาษา (Multilingual Support) เช่น ภาษาอังกฤษ หรือภาษาจีน เพื่อขยายกลุ่มเป้าหมายไปสู่นักท่องเที่ยวต่างชาติ

2. ควรศึกษาและเพิ่มขอบเขตข้อมูลสถานที่ให้ครอบคลุมไปถึง ร้านอาหารเด่น ที่พัก หรือร้านขายของฝากที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นทางที่ผู้ใช้งานกำลังเดินทาง เพื่อส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนอย่างครบวงจร

3. ควรเพิ่มระบบวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้ใช้งาน (Data Analytics) เช่น สถานที่ที่ถูกค้นหามากที่สุด เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบการวางแผนส่งเสริมการท่องเที่ยวของจังหวัดในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

จักรพันธ์ สาตมูณี, ฤคพล สุนทรโรจน์, ศัชรินทร์ ทองฟัก, และ พงษ์กัมปนาท แก้วตา. (2564). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริม การท่องเที่ยวผ่านระบบแอปพลิเคชัน LINE Chatbot ในจังหวัด พิษณุโลก. *วารสารการบัญชีและการจัดการ*, 13(1), 100-111.

ณัฐกร สีตา, ภาสกร ธนศิริธรรม, และ ดุษฎี เสนฤทธิ์. (2567). การพัฒนาช่องทางการขายสินค้าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปด้วยแพลตฟอร์มแอปพลิเคชันไลน์. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 10(1), 143-152.

เดช ธรรมศิริ, ปรีพัส ศรีสมบูรณ์, กิตติพงษ์ ภูพัฒน์วิบูลย์, พิมพ์ประวีร์ รอดอุณา, และ พันธิการ์ วัฒนกุล. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวชุมชนช่างศิลป์จังหวัดนครปฐม. *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 21(1), 69-77.

พิศาล สุขซี และ เจษฎา ชาตรี. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชัน “น้อง ลำดวน” ไลน์แอปพลิเคชัน เพื่อ แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัด ศรีสะเกษ. *วารสารวิชาการ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ*, 10(1), 83-95.

วุฒิพงษ์ ชินศรี และ วิไลลักษณ์ ตรีพิช. (2564). การพัฒนาระบบบริหารการเข้าร่วมกิจกรรมผ่านไลน์ออฟฟิศ เซียลแอดเคาท์. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 16(2), 43-56.

ศิริลักษณ์ บุญมาพันธ์. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับตรวจสอบการคัดลอกผลงาน. *วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร*, 9(1), 1-16.

อภิชัย ตระหง่านศรี. (2566). การพัฒนาระบบสนทนาอัตโนมัติเพื่อแสดงผลข้อมูลการเรียนรู้ผ่านไลน์แอปพลิเคชัน. *วารสารสหวิทยาการสังคมศาสตร์และการสื่อสาร*, 6(2), 127-138.

การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่องความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์

Developing Motion Infographic for Cybersecurity Education

พงศธร สังข์จันทร์¹, ศุภพล แก้วแสน², ธนพงศ์ นิตยะประภา^{3*}

Phongsathon Sangchan¹, Suphaphol Kaewsae², Thanapong Nitayapapha^{3*}

¹สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
phobgsathon2009@gmail.com

²สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

²Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
suphaphol.kae67@psru.ac.th

³สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

³Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
thanapong.n@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์และแนวทางการออกแบบสื่อโมชันอินโฟกราฟิก 2) ออกแบบและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่อง ความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น กลุ่มผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านสื่อจำนวน 3 ท่าน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจ ได้แก่ นักศึกษา จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการศึกษาความรู้และแนวทางการออกแบบ ได้เนื้อหาที่ครอบคลุมวิธีป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ และได้แนวทางการสร้างสื่อรูปแบบวิดีโอสั้นที่มีภาพเคลื่อนไหวดึงดูดความสนใจ 2) สื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น มีผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.74 และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการรับชมสื่อโมชันอินโฟกราฟิก พบว่า ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80

คำสำคัญ: สื่อโมชันอินโฟกราฟิก ความปลอดภัยทางไซเบอร์ ส่งเสริมความรู้

Abstract

The purposes of this research were to 1) study cybersecurity knowledge and guidelines for designing motion infographics. 2) design and develop a motion infographic on cybersecurity knowledge; and 3) evaluate user satisfaction toward the developed motion infographic. The informants consisted of 3 experts in content and media, and the sample group for the satisfaction study comprised 25 individuals from the students. The research findings revealed that: 1) The study of knowledge and design guidelines yielded comprehensive content on cyber threat prevention, along with guidelines for creating engaging short-form animated video media. 2) The overall quality of the developed motion infographic, as evaluated by the experts, was at a High level with a mean score of 3.74. 3) The overall satisfaction of the students with watching the motion infographic was at the highest level with a mean score of 4.80.

Keywords: Motion infographic media, Cybersecurity, Promote knowledge

1. บทนำ

ในปัจจุบันที่ประเทศไทยก้าวเข้าสู่สังคมดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ ส่งผลให้พฤติกรรมการใช้ชีวิตผูกติดกับโครงข่ายอินเทอร์เน็ต ทั้งในด้านความบันเทิง การสื่อสาร และการทำธุรกรรมทางการเงินที่มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2564) อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของเทคโนโลยีกลับกลายเป็นช่องว่างสำคัญที่กลุ่มมิชชันนารีใช้เป็นช่องทางในการโจมตีทางไซเบอร์ที่มีความซับซ้อนและรุนแรงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้มัลแวร์กลุ่มโทรจันและสเปย์แวร์เพื่อจารกรรมข้อมูลลับ การใช้แรนซัมแวร์เพื่อปิดกั้นการเข้าถึงข้อมูลเพื่อเรียกค่าไถ่ ตลอดจนการใช้วิศวกรรมสังคมในรูปแบบพิชชิงเพื่อล่อลวงรหัสผ่านและ OTP ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางทรัพย์สินอย่างมหาศาล (กรมบังคับคดี กระทรวงยุติธรรม, 2566) ปัญหาสำคัญที่พบนอกจากความซับซ้อนของภัยคุกคาม คือข้อจำกัดด้านความตระหนักรู้ของผู้ใช้งานที่มักละเลยการอ่านคู่มือหรือบทความวิชาการที่ยาวและเข้าใจยาก ส่งผลให้การป้องกันเชิงรุกไม่เกิดขึ้นจริง การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่สามารถย่อยข้อมูลทางเทคนิคให้เข้าใจง่ายและดึงดูดความสนใจ จึงถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะเข้ามาปิดช่องว่างในการรับรู้ และสร้างภูมิคุ้มกันทางดิจิทัลให้แก่ประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันท่วงที

ในปัจจุบันมีคนทีนิยมในการอ่านหนังสือน้อยลงและส่วนมากก็อ่านไม่ถึง 5 บรรทัดก็ไปสนใจอย่างอื่นแล้วเพราะคนส่วนใหญ่นิยมเน้นดูในรูปแบบของภาพ หรือวิดีโอมากกว่าอ่านอะไรที่มันยาวเกินไป จึงได้มีเทคโนโลยีที่เรียกว่าอินโฟกราฟิกที่จะสามารถนำมาแก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้ (พัชรราวลัย ศุภณะ, 2568) ซึ่งสื่ออินโฟกราฟิกจะมีรูปแบบในการนำเสนอหลายประเภท คือ 1) อินโฟกราฟิกแบบภาพนิ่ง เป็นภาพที่ไม่มีการเคลื่อนไหว แต่มีความสำคัญต่อ มัลติมีเดียเพราะสามารถถ่ายทอดความหมายได้ดีกว่าข้อความหรือตัวอักษร จะอยู่ในรูปแบบของแผ่นพับ โปสเตอร์ และหนังสือ 2) อินโฟกราฟิกแบบโต้ตอบได้ เป็นสื่อนำเสนอข้อมูลรูปแบบหนึ่งที่อนุญาตให้ผู้ใช้งาน "โต้ตอบ" กับเนื้อหาได้ ไม่ใช่แค่การอ่านหรือดูภาพนิ่งเพียงอย่างเดียว โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดลำดับการรับชมหรือเลือกเจาะลึกข้อมูลเฉพาะส่วนที่สนใจได้ผ่านการกระทำต่าง ๆ บนหน้าจอ และ 3) โมชันอินโฟกราฟิก เป็นการสร้างภาพกราฟิกให้มีการเคลื่อนไหวได้ในหลายมิติ เป็นการสร้างการเคลื่อนไหวให้กราฟิก และใช้ การพากย์เสียงบรรยายประกอบ ซึ่งสามารถดึงดูดให้ผู้ชมรู้สึกมีส่วนร่วมได้มากกว่าแบบ ภาพนิ่ง ที่จะ เป็นสื่อที่จะใช้อธิบายเรื่องที่ซับซ้อน หรือเข้าใจยาก

ให้เข้าใจง่ายมากที่สุด (กนกวรรณ แก้วเกาะสะบ้า, 2566) โดยเลือกใช้โมชันอินโฟกราฟิกเพราะ เป็นภาพเคลื่อนไหวช่วยดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าภาพนิ่ง และผสมผสานกับเสียง เพื่อจะทำให้เห็นภาพรวมของเรื่องนั้นได้ และทำให้น่าจดจำมากขึ้น (สหะ พุกศิริวงศ์ชัย, 2565) ขั้นตอนในการพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกคือการรวบรวมข้อมูลเพื่อที่จะออกแบบหน้ามาสร่างเป็นสตอรี่บอร์ด บันทึกเสียงพากย์ประกอบด้วย และทำการสร้างเป็นโมชันอินโฟกราฟิกในการอธิบายให้คนเข้าใจในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับกฎหมายเบื้องต้น เป็นต้น (สุรพงษ์ วิริยะ และคณะ, 2567)

จากภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่มีรูปแบบหลากหลายและข้อจำกัดด้านพฤติกรรมกรรมการอ่านของคนในยุคดิจิทัล ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อนำมาพัฒนาเป็นสื่อกลางในการส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์แก่ประชาชนทั่วไป การวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบเนื้อหาให้เข้าใจง่ายผ่านองค์ประกอบทางภาพ เพื่อสร้างความตระหนักรู้และเสริมสร้างทักษะความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Literacy) เนื่องจากงานวิจัยหลายแห่งชี้ให้เห็นว่าการสร้างองค์ความรู้ให้ผู้ใช้งานรู้เท่าทันกลโกง ถือเป็นกลยุทธ์เชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดอัตราการตกเป็นเหยื่อของมิจฉาชีพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์และแนวทางการออกแบบสื่อโมชันอินโฟกราฟิก
- 2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่องความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์
- 2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่องความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สหะ พุกศิริวงศ์ชัย. (2565) ได้ทำการวิจัยสื่ออินโฟกราฟิกเกี่ยวกับเรื่องรูปแบบสื่อสมัยใหม่เพื่อป้องกันความรุนแรงสำหรับเด็กวัยรุ่นเนื่องจากผู้วิจัยพบปัญหาวัยรุ่นมีแนวโน้มที่จะใช้ความรุนแรงสูงมากในปัจจุบันโดยมีสื่อเป็นอิทธิพลต่อพฤติกรรมความรุนแรงผู้วิจัยจึงทำอินโฟกราฟิก (Infographic) เพื่อป้องกันการใช้ความรุนแรงของเด็กวัยรุ่น มีเนื้อหาสื่อถึงการใช้ความรุนแรง ปัญหาการทะเลาะวิวาทและการใช้ความรุนแรงในรูปแบบต่างๆและการป้องกันการใช้ความรุนแรง ผลออกมาว่าการใช้สื่อ อินโฟกราฟิก (infographic) มีศักยภาพสูง ในการช่วยให้วัยรุ่นเข้าถึงข้อมูลและสร้างการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาความรุนแรง

วัตสาตรี ดิถียนต์. (2567) ได้ทำวิจัยเชิงรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เรื่องแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างความปลอดภัยทางไซเบอร์สำหรับผู้เรียน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมความปลอดภัยทางไซเบอร์ให้กับผู้เรียน พบภัยอันตรายทางไซเบอร์ 3 ประเภทหลัก คือ การกลั่นแกล้งทางไซเบอร์ (Cyberbullying) การสวมรอย/ปลอมแปลงดิจิทัล (Digital Impersonation) และ การคัดลอกผลงานทางไซเบอร์ (Cyber Plagiarism) สาเหตุที่ผู้เรียนตกเป็นเหยื่อ มาจากการขาดการส่งเสริมความรู้ความสามารถ ใน 3 ด้าน คือ ทักษะด้านสื่อและข้อมูลทางดิจิทัล ความฉลาดทางดิจิทัล และ ความฉลาดทางอารมณ์ จึงได้รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง จากนั้นวิเคราะห์เพื่อจัดทำเป็น กรอบแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมความปลอดภัยทางไซเบอร์ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมทางไซเบอร์ที่ปลอดภัย และให้ความรู้เพื่อพัฒนา 3 ทักษะที่ผู้เรียนขาดอยู่ (ทักษะด้านสื่อและข้อมูล ความฉลาดทางดิจิทัล ความฉลาดทางอารมณ์)

กิตติยา วิสิษฐพงศ์พันธ์และคณะ. (2565) ได้ทำวิจัยเรื่องปัจจัยที่ส่งต่อการตระหนักรู้ถึงความปลอดภัยทางไซเบอร์ ซึ่งปัญหาคือการสื่อสารและธุรกรรมออนไลน์ในปัจจุบัน ได้ถูกผู้ไม่หวังดีใช้เป็นช่องทางในการก่ออาชญากรรมทางไซเบอร์ พบว่ามี 5

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตระหนักรู้คือ 1. การตั้งรหัสผ่าน 2. ความรู้ความเข้าใจเรื่องภัยคุกคามทางไซเบอร์ 3. ความปลอดภัยของอุปกรณ์และการเชื่อมต่อ 4. การใช้และดูแลแอปพลิเคชัน 5. พฤติกรรมของผู้ใช้ จึงใช้แบบสอบถามออนไลน์กับนักศึกษา 422 คน จากการทดสอบทั้ง 5 ปัจจัย พบว่ามีเพียง 3 ปัจจัย ที่ส่งผลเชิงบวก ได้แก่ 1. ความรู้ความเข้าใจในภัยคุกคามทางไซเบอร์ 2. ความปลอดภัยของอุปกรณ์และการเชื่อมต่อ 3. พฤติกรรมของผู้ใช้ แต่การตั้งรหัสผ่าน และการใช้แอปพลิเคชัน ไม่ส่งผลต่อการตระหนักรู้ และสรุปได้ว่าวิธีป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ที่ดีที่สุดคือ การให้ความรู้เกี่ยวกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ การสำรองข้อมูล และ การหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยง

พันธุทิพย์ นवानุชและคณะ. (2567) ได้ทำวิจัยเชิง วิเคราะห์ ที่มุ่งเน้นการศึกษาและให้แนวทางในการแก้ไขปัญหาทางกฎหมายและบุคลากรเพื่อรับมือกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ โดยการให้ความรู้และแนวทางเรื่องกฎหมาย และวิธีการ ป้องกันภัยทางไซเบอร์แก่บุคลากร และคนทั่วไป โดยได้ให้วิธีป้องกันตัวเองสำหรับประชาชน ทัวไป ให้ปลอดภัยจากอาชญากรรมทางไซเบอร์ ดังนี้ 1. หมั่นอัปเดตซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ 2. ตั้งพาสเวิร์ดที่คาดเดาได้ยาก และหลีกเลี่ยงการใช้พาสเวิร์ดเก่าซ้ำอีกครั้ง 3. อย่าแชร์ข้อมูลส่วนตัวบนโลกออนไลน์ หรือ เล่นเกม/ตอบคำถาม จากเว็บไซต์ที่ดูไม่ น่าเชื่อถือ 4. ระมัดระวังตัวไม่หลงเชื่อหรือคลิกลิงค์อะไรง่าย ๆ 5. ตั้งโปรไฟล์ให้มีความเป็นส่วนตัว ไม่ควรเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวมากเกินไปบนโซเชียลมีเดีย

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการศึกษาเรื่องความรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ cyber security 2) ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก 3) ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจ ของสื่อโมชันอินโฟกราฟิก

4.1 ขั้นตอนการศึกษาเรื่องความปลอดภัยทางไซเบอร์ในกลุ่มนักศึกษา

4.1.1 ศึกษาหาข้อมูลแนวทางการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่เหมาะสมกับนักศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1.2 นำผลจากการศึกษาไปทำการตรวจเนื้อหาของแนวทางการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่เหมาะสมกับบุคคลทั่วไป โดยการใช้แบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ จำนวน 1 ท่าน

4.1.3 สรุปวิธีการป้องกันการภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่จะใช้ทำสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์

4.2 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก

4.2.1 ศึกษาขั้นตอนวิธีการออกแบบและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.2.2 ทำการออกแบบสื่อโมชันอินโฟกราฟิก โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น ดังนี้

4.2.2.1 ออกแบบบทดำเนินเรื่อง Script โดยการนำข้อมูลด้านความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์จากที่สืบค้นมาและที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์เรียบเรียงให้เข้าใจง่าย

4.2.2.2 ออกแบบบทภาพ Storyboard โดยอ้างอิงจากออกแบบบทดำเนินเรื่อง Script

4.2.3 พัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกด้านความรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

4.3 ขั้นตอนการประเมินความพึงพอใจของสื่อโมชันอินโฟกราฟิกด้านความรู้ความ ปลอดภัยทางไซเบอร์

4.3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมของเนื้อหา และความเข้าใจในสื่อโมชันอินโฟกราฟิก

4.3.2 ประเมินความพึงพอใจในด้านความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาในสื่อโมชันอินโฟกราฟิกโดยเลือกแบบเจาะจงไปที่ผู้เชี่ยวชาญ แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาทางไซเบอร์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกราฟิกและสื่อ 2 ท่าน รวมทั้งหมด 3 ท่าน

4.3.3 ประเมินความพึงพอใจจากความรู้ที่ได้รับ และความเข้าใจในสื่อโมชันอินโฟกราฟิก โดยเลือกเก็บข้อมูลแบบเจาะจงไปที่นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งหมดจำนวน 25 คน

5. ผลการวิจัย

ผลจากการรวบรวมข้อมูลและศึกษาความรู้ความ ปลอดภัยทางไซเบอร์ ดังนี้

5.1 ผลจากการศึกษาเรื่องความรู้ความ ปลอดภัยทางไซเบอร์

5.1.1 ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าวิธีการป้องกันทางไซเบอร์ทั้งหมด 5 วิธี 1) เปิดใช้งานแอนตี้ไวรัส 2) อัปเดตระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์อย่างสม่ำเสมอ 3) สร้างรหัสผ่านที่แข็งแกร่งและคาดเดายาก 4) หลีกเลี่ยงการเปิดลิงค์หรือดาวน์โหลดไฟล์จากอีเมลและเว็บไซต์ที่ไม่รู้จัก และ 5) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือก่อนเสมอ

5.1.2 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์โดยให้ความเห็นว่า ควรเพิ่มข้อมูลการหมั่นสำรองข้อมูลสำคัญอยู่เสมอ และการใส่รหัส 2 ชั้น เพิ่มเติมลงไปเนื้อหา เพื่อให้ข้อมูลครบถ้วนสมบูรณ์

5.2 ผลการออกแบบและพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิกความรู้ความ ปลอดภัยทางไซเบอร์

5.2.1 ผลจากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสื่ออินโฟกราฟิก สรุปว่าเราเลือกใช้โมชันอินโฟกราฟิกเพราะเป็นภาพเคลื่อนไหวทำให้ดึงดูดความน่าสนใจ เป็นรูปแบบวิดีโอสั้นช่วยให้เข้าใจได้เร็วขึ้น และได้เลือกใช้โปรแกรมในการสร้างสื่ออินโฟกราฟิก ดังนี้ โปรแกรม Adobe photoshop CapCut และ Adobe Premiere Pro

5.2.2 นำเนื้อหาที่ผ่านการวิเคราะห์ และสรุปแล้ว มาเขียนบทพูด ดำเนินเรื่อง โดยเรียบเรียงลำดับความสำคัญของเหตุการณ์ และแบ่งย่อยมาเป็นหัวข้อแต่ละหัวข้อให้เข้าใจง่าย ดังนี้

1) ส่วน Intro ในยุคที่ภัยคุกคามทางไซเบอร์เกิดขึ้นได้กับทุกคน เพียงแค่คุณคลิกผิดเพียงครั้งเดียว เงินในบัญชีธนาคารของคุณก็อาจจะหายหมดเกลี้ยงได้แล้วในเมื่อมันอันตรายขนาดนี้แล้ว เราก็ควรจะเรียนรู้เรื่องความปลอดภัยทางไซเบอร์ ซึ่งเป็นแนวป้องกันด่านหน้า ที่คอยปกป้องคุณจากเหล่าอาชญากรรมไซเบอร์ไว้ซักหน่อยเพราะภัยคุกคามทางไซเบอร์นั้น ก็เหมือนกับการก่ออาชญากรรม แต่แค่มันเกิดอยู่บนโลกออนไลน์เท่านั้นเอง และภัยคุกคามทางไซเบอร์นั้นก็มิได้อยู่หลากหลายรูปแบบ และแต่ละแบบก็ยังมีวิธีการป้องกันที่แตกต่างกันอีกด้วย

2) ส่วน Malware อย่างเช่นสิ่งที่หลายๆ คนคุ้นหูกันคืออย่าง Malware ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีรูปแบบมากมาย แต่จุดประสงค์หลักของพวกมันมีเพียงหนึ่งเดียวก็คือ เพื่อโจมตีและโจรกรรมข้อมูลจากผู้ใช้โดยเฉพาะอย่างเช่นไวรัส ที่สามารถแพร่กระจายตัวเองไปยังที่ต่างๆ และทำอันตรายกับอุปกรณ์ของคุณได้หรือจะเป็นโทรจัน ที่จะแอบสร้างความเสียหายหรือเก็บข้อมูลอย่างลับๆซึ่งคล้ายคลึงกับสปายแวร์ ที่แอบบันทึกกิจกรรมของผู้ใช้ ซึ่งสามารถขโมยข้อมูลสำคัญอย่างรายละเอียดบัตรเครดิตหรือรหัสผ่านต่างๆได้และอีกอย่างหนึ่งที่เรานั้นพบได้บ่อยมากๆ ก็คือ แอดแวร์ (Adware) หรือโฆษณาที่ล่อลวง บนเว็บเพจต่างๆ ซึ่ง

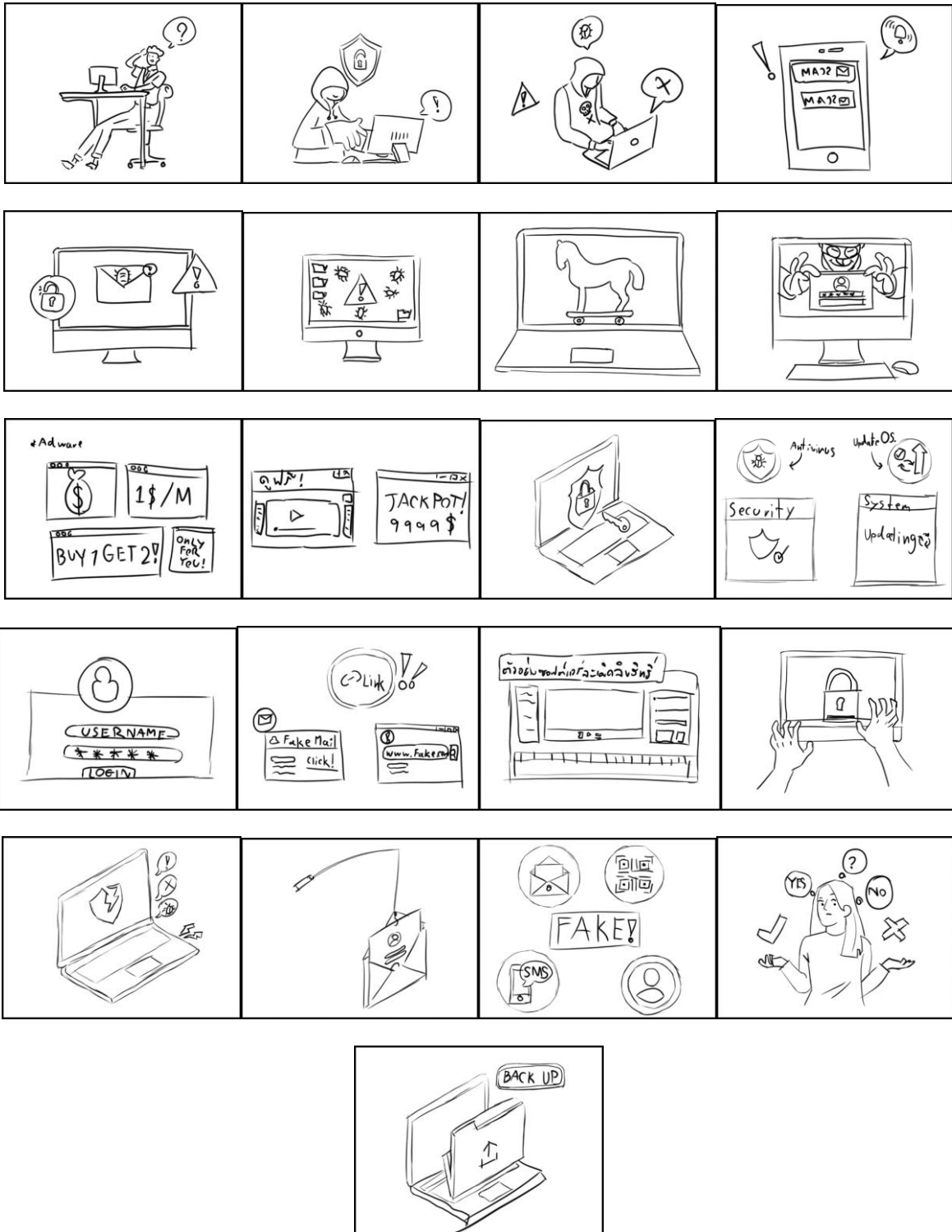
ส่วนมากมักอยู่บนเว็บไซต์ที่ผิดกฎหมาย เช่น เว็บไซต์หนังเถื่อนและเว็บพนันออนไลน์ ฟังดูอันตรายแต่มีมัลแวร์เหล่านี้สามารถป้องกันได้ง่ายๆด้วยการเปิดใช้งาน Antivirus และหมั่นอัปเดตระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ให้เป็นเวอร์ชันล่าสุดเสมอเพื่อปิดช่องโหว่ สร้างรหัสผ่านที่แข็งแกร่งและคาดเดาไม่ได้ให้กับบัญชีต่างๆ และหลีกเลี่ยงการเปิดลิงก์หรือดาวน์โหลดไฟล์แนบจากอีเมล และเว็บไซต์ที่ไม่รู้จักและที่สำคัญมากๆ อีกอย่างหนึ่งก็คือ อย่าใช้งานซอฟต์แวร์ละเมิดลิขสิทธิ์ เพราะมักมีมัลแวร์อันตรายที่แฝงตัวมาด้วยและการใช้ซอฟต์แวร์ละเมิดลิขสิทธิ์ อาจจะทำให้คุณมาพบกับ แรนซัมแวร์ หรือซอฟต์แวร์เรียกค่าไถ่ ซึ่งเป็นมัลแวร์ที่จะล็อกไฟล์และข้อมูลของคุณ และอาชญากรจะขู่ว่าจะลบข้อมูลทิ้ง ถ้าหาก你不ยอมจ่ายค่าไถ่ฟังดูน่ากลัวเหมือนกัน แต่วิธีการป้องกันก็ยังไม่ยุ่งยากอยู่ดี คือเพียงแค่คุณหมั่นสำรองข้อมูลสำคัญต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อที่จะได้ช่วยเพิ่มความตระหนักรู้ว่าข้อมูลจะถูกล็อกหรือสูญหาย และทำตามคำแนะนำที่ผมเพิ่งให้ไปก่อนหน้านี้ สามารถลดความเสี่ยงได้คุณก็ช่วยเพิ่มความตระหนักรู้แล้วมัลแวร์แล้ว

3) ส่วน Phishing แต่ภัยคุกคามทางไซเบอร์นั้นไม่ได้มีแค่มีมัลแวร์ เพราะอาชญากรไซเบอร์นั้นมักมากับกลลวงใหม่ๆ เสมอ และภัยที่เราพบได้บ่อยมากๆ เลยในยุคปัจจุบันก็คือ “Phishing” ซึ่งเป็นเหมือนกับการตกปลา แต่สิ่งที่อาชญากรตกอยู่ไม่ใช่ปลาแต่เป็นคุณต่างหากซึ่งเบ็ดหรือเหยื่อที่พวกเขาใช้ มักมาในรูปแบบของ อีเมลปลอม ที่แนบลิงก์อันตรายมาด้วย, ข้อความ SMS ปลอมที่มักอ้างว่าเป็นธนาคารหรือบริษัทขนส่ง, QR Code ปลอม ที่เมื่อสแกนแล้วจะพาไปหน้าเว็บปลอมเพื่อหลอกให้กรอกข้อมูล, และการสร้างโปรไฟล์ปลอมบน Social Media เพื่อแอบอ้างเป็นเพื่อนหรือคนดัง เพื่อชักจูงมาขอเงินหรือส่งลิงก์ หลอกเอาข้อมูลบัญชีซึ่งหมายความว่าเบ็ดหรือเหยื่อที่พวกเขาใช้ล้วนเป็นของปลอมที่มาหลอกให้คุณหลงเชื่อทั้งสิ้น ซึ่งแนวทางในการหลีกเลี่ยงนั้น เพียงแค่คุณเช็กก่อนคลิก ไม่กดเข้าถึงลิงก์ที่คุณไม่ปลอดภัย หากได้รับอีเมลหรือข้อความ ให้ตรวจสอบชื่อและยืนยันตัวตนผู้ส่ง และตรวจสอบความเชื่อถือได้ก่อน แค่นี้ก็น่าจะวางใจเรื่อง Phishing ได้แล้ว

4) ส่วน Social Engineering ซึ่งจะคล้ายกับฟิชซึ่ง มักถูกใช้งานร่วมกับการโจมตีประเภทหนึ่ง ที่เป็นการหลอกล่อทางจิตวิทยา ที่ใช้ความเชื่อใจ ความกลัว และความอยากรู้อยากเห็นของคุณ เพื่อชักจูงให้เปิดเผยข้อมูลลับ หรือเพื่อให้คุณทำตามที่อาชญากรบอก อย่างเช่นแก๊งคอลเซ็นเตอร์ซึ่งวิธีการป้องกันนั้น เพียงแค่คุณช้าลงสักนิด คิดซักหน่อย มีสติ ไม่หลงเชื่อหรือทำตามทุกอย่างที่ได้ยินหรืออ่าน และปฏิเสธการให้ข้อมูลส่วนตัวกับผู้อื่น

5) Outro สุดท้ายนี้ถ้าหากคุณสามารถนำหลักความปลอดภัยทางไซเบอร์ที่ผมแนะนำไปใช้ได้ครบ คุณก็จะมีภูมิคุ้มกันที่เอาไว้สู้กับเหล่าอาชญากรไซเบอร์ได้แล้ว อย่าลืมนะครับ หากท่านเป็นผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ต ให้นึกถึงความปลอดภัยทางไซเบอร์ไว้ก่อนนะครับ เพราะป้องกันไว้ อุ่นใจกว่าครับ

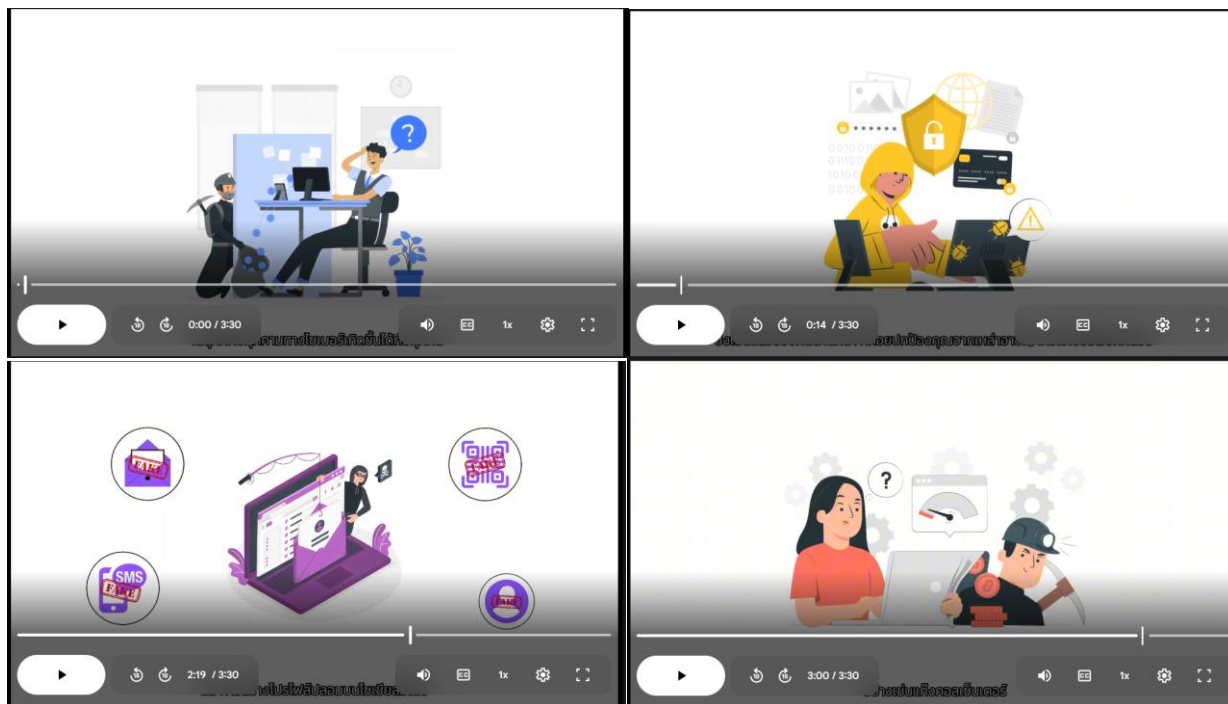
5.2.3 จากนั้นนำบทพูด และเนื้อหาที่ได้เรียบเรียงไว้มาสร้างสตอรี่บอร์ด ดังแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สตอร์รี่บอร์ดโมชันอินโฟกราฟิกความรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

เมื่อทำการเขียนสคริปต์และสตอรี่บอร์ด ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ ได้ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาแล้ว เมื่อผ่านกระบวนการตรวจสอบแล้วได้ทำการเขียนบทต่างๆ ดังนี้

5.2.4 ผลการพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ แสดงภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ ได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

5.3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาในสื่อโมชันอินโฟกราฟิก ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อโมชันอินโฟกราฟิก 3 ท่าน พบว่า ด้านการออกแบบภาพ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.58 แปลผลได้ว่า มาก ด้านตัวอักษร และการอ่าน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.50 แปลผลได้ว่า มาก ด้านการนำเสนอเนื้อหา ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 แปลผลได้ว่า มาก ด้านภาพเคลื่อนไหว ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.58 แปลผลได้ว่า มาก ด้านเสียงและดนตรี ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.17 แปลผลได้ว่า มาก ด้านคุณภาพโดยรวมของสื่อ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.58 แปลผลได้ว่า มาก และภาพรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.74 แปลผลได้ว่าพึงพอใจ มาก แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อโมชันอินโฟกราฟิก

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านการออกแบบภาพ	3.58	0.68	มาก
ด้านตัวอักษรและการอ่าน	3.50	0.57	มาก
ด้านการนำเสนอเนื้อหา	4.00	1.00	มาก
ด้านภาพเคลื่อนไหว	3.58	1.21	มาก
ด้านเสียงและดนตรี	4.17	0.54	มาก
ด้านคุณภาพโดยรวมของสื่อ	3.58	1.11	มาก
ภาพรวมของการประเมิน	3.74	0.85	มาก

5.3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจจากความรู้ที่ได้รับ และความเข้าใจในสื่อโมชันอินโฟกราฟิก โดยเลือกเก็บข้อมูลแบบเจาะจงไปที่นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ทั้งหมดจำนวน 25 คน พบว่า ด้านความเข้าใจเนื้อหา ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.44 แปลผลได้ว่า มากที่สุด ด้านความน่าสนใจของวิดีโอค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.56 แปลผลได้ว่า มากที่สุด ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.88 แปลผลได้ว่า มากที่สุด ด้านความชัดเจนของสื่อค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.94 แปลผลได้ว่า มากที่สุด ด้านการนำไปใช้จริง ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 แปลผลได้ว่า มากที่สุด ความพึงพอใจโดยรวม ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.00 แปลผลได้ว่า มากที่สุด และภาพรวมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.78 แปลผลได้ว่าพึงพอใจ มากที่สุด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจนักศึกษาทั้งหมด 25 ท่าน

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	แปลผล
ด้านความเข้าใจเนื้อหา	4.43	0.56	มากที่สุด
ด้านความน่าสนใจของวิดีโอ	4.56	0.52	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.88	0.14	มากที่สุด
ด้านความชัดเจนของสื่อ	4.94	0.13	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้จริง	5.00	0.00	มากที่สุด
ความพึงพอใจโดยรวม	5.00	0.00	มากที่สุด
ภาพรวมของการประเมิน	4.80	0.23	มากที่สุด

6. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 อภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิก เรื่อง ความรู้ด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยตามประเด็นสำคัญได้ดังนี้

6.1.1 คุณภาพของสื่อโมชันอินโฟกราฟิกในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินคุณภาพในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับ ดี (ค่าเฉลี่ย = 3.74, S.D. = 0.85) จุดเด่นที่สำคัญคือ ความถูกต้องและความทันสมัยของเนื้อหา ซึ่งผู้วิจัยได้ผ่านการ

ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง ทำให้สื่อมีความน่าเชื่อถือสูง อย่างไรก็ตาม ในด้านองค์ประกอบศิลป์และการเคลื่อนไหว ยังมี ส่วนต่าง ที่สามารถพัฒนาต่อยอดได้ ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของสื่อประเภทโมชันที่ต้องอาศัยความสมดุลระหว่างความสวยงาม และการสื่อสารข้อมูล ถึงกระนั้น สื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์การถ่ายทอดเรื่องราวที่ซับซ้อนให้กลายเป็นสิ่งที่เข้าใจง่าย ซึ่ง สอดคล้องกับแนวคิดของ กนกวรรณ แก้วเกาะสะบ้า (2566) ที่ระบุว่า การผสมผสานภาพเคลื่อนไหวเข้ากับเสียงบรรยาย ไม่เพียงแต่ ช่วยดึงดูดความสนใจ แต่ยังเป็นการลดภาระทางพุทธิปัญญาของผู้ชมทำให้ข้อมูลเชิงเทคนิคถูกย่อยเป็นข้อมูลที่รับรู้ได้ทันที

6.1.2 ประสิทธิภาพในการสื่อสารและความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิจัยสะท้อนความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านความพึงพอใจ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.80) โดยเฉพาะประเด็น การนำไปใช้ประโยชน์จริง ซึ่งได้ คะแนนเต็ม (ค่าเฉลี่ย = 5.00) สะท้อนให้เห็นว่าโมชันอินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการแก้ปัญหาพฤติกรรมกรรมการบริโภค ข้อมูลของคนยุคใหม่ที่นิยม "การดู" มากกว่า "การอ่าน" ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ด้วยงานวิจัยของ สหะ พุกศิริวงศ์ชัย (2565) ที่ว่า การรับรู้ผ่านสื่อประสม ช่วยกระตุ้นความจำระยะยาวได้ดีกว่าภาพนิ่งหรือข้อความเพียงอย่างเดียว การที่กลุ่มตัวอย่างตระหนักถึง ภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้มากขึ้น จึงเป็นผลจากการที่สื่อสามารถเปลี่ยน "ข้อมูลนามธรรม" ให้เป็น "ภาพที่จับต้องได้" ส่งผลให้เกิด ความตระหนักที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในชีวิตจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผู้ที่นำสื่อไปใช้งาน ควรมีการอัปเดตหรือให้ข้อมูลเพิ่มเติมประกอบกรับชมอยู่เสมอ เนื่องจากรูปแบบของภัย คุกคามทางไซเบอร์ เช่น มัลแวร์ หรือ ฟิชซิง มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบกลโกงใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

6.2.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

6.2.2.1 ควรมีการพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกที่เจาะลึกเนื้อหาเฉพาะเจาะจงมากขึ้น (Specific Topics) เช่น ขั้นตอนการตั้งค่าความปลอดภัยในแอปพลิเคชันธนาคาร หรือวิธีแก้ปัญหาเบื้องต้นเมื่อถูกโจมตีทางไซเบอร์ เพื่อให้ผู้รับชมสามารถ นำไปปฏิบัติตามทีละขั้นตอนได้อย่างละเอียด

6.2.2.2 ควรเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และขยายผลการศึกษาไปยังกลุ่มเป้าหมายเฉพาะช่วงวัย เช่น กลุ่ม ผู้สูงอายุ หรือกลุ่มเด็กและเยาวชน เพื่อศึกษาพฤติกรรมกรับรู้สื่อและความพึงพอใจที่แตกต่างกัน

7.เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ แก้วเกาะสะบ้า. (2566). อินโฟกราฟิกแอนิเมชันแบบอินเทอร์แอคทีฟสำหรับทัวร์บุญ แหล่งท่องเที่ยววัฒนธรรม โชนเขา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารศิลปะแห่งการจัดการ*, 7(4), 1347–1373.

กรมบังคับคดี กระทรวงยุติธรรม. (2566). *10พฤติกรรมของผู้ใช้งานที่เสี่ยงถูก Cyber Attack (Cyber Security 101)*.

<https://sub.led.go.th/it/2609/>

กิตติยา วิสิษฐพงศ์พันธ์, ชูเกียรติ บุญก่อเกื้อ, กิตติพงษ์ อยู่นิรันดร, และนลินภัทร์ บำเพ็ญเพียร. (2565). ปัจจัยที่ส่งต่อการตระหนักถึงความปลอดภัยทางไซเบอร์ของนักศึกษามหาวิทยาลัย. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม*, 32(1), 33–38.

พันธุ์ทิพย์ นวานุช, อัมพล กองเขียว, และทองเลื่อน วิเชียรผลา. (2567). มาตรการทางกฎหมายภัยคุกคามทางไซเบอร์.

วารสารวิชาการวิทยาลัยสันตพล, 10(1), 158-166.

วัดสาตรี ดิถียนต์. (2567). แนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างความปลอดภัยทางไซเบอร์สำหรับผู้เรียน.

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ, 16(1), 291-302.

สุรพงษ์ วิริยะ, ธรณ์ส หล้าเตจา, นวรัตน์ กฤษรัตน์ศักดิ์, และกิตติภพ มหาวิน. (2567). การพัฒนาสื่อโมชันอินโฟกราฟิกเพื่อการ

เรียนรู้เกี่ยวกับกฎหมายเบื้องต้น. *วารสารวิชาการ "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ", 10(1), 96-109.*

สหะ พุกศิริวงศ์ชัย. (2565). รูปแบบสื่อสมัยใหม่เพื่อป้องกันความรุนแรงสำหรับเด็กวัยรุ่น. *นิเทศยามปริทัศน์, 21(2), 90-101.*

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2564). *CS101 ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์เบื้องต้น.*

<https://www.etcha.or.th/th/Useful-Resource/Knowledge-Sharing/Articles/Cybersecurity-101.aspx>

การออกแบบและพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox Design and Development of ‘Carbon Quest’: A Roblox-Based Educational Game

อนุชา นิมิตร¹, อดิเทพ แซ่ตัน^{2*}, สมใจ จิตคำนึ่งสุข³
Anucha Nimit¹, Adithep Saetan^{2*}, Somjai Jitkamnuengsook³

¹หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

¹Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

²หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

²Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,
s6511423230@pkru.ac.th

³หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

³Information Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาเกม Carbon Quest บนแพลตฟอร์ม Roblox เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต และ (2) ประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้เกมดังกล่าว ในฐานะสื่อการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 100 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือแบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า (1) การพัฒนาเกม Carbon Quest ประสบความสำเร็จ โดยตัวเกมสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ และการออกแบบสภาพแวดล้อมภายในเกมสามารถส่งเสริมแนวคิดด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้กับผู้เล่นได้ และ (2) ระดับความพึงพอใจโดยรวมของผู้เล่นที่มีต่อเกมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.54$, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics) ได้รับการประเมินในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.65$, S.D. = 0.48) รองลงมาคือด้านระบบเกม (Game System) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.52) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบสภาพแวดล้อมของเกม การสร้างตัวละคร และองค์ประกอบด้านกราฟิกสามารถสร้างประสบการณ์การเล่นที่น่าสนใจและสมจริงแก่ผู้เล่นได้ ส่วนด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion) ได้รับการประเมินในระดับมาก ($\bar{x} = 4.34$, S.D. = 0.50) แสดงให้เห็นว่าเกมสามารถบูรณาการความบันเทิงเข้ากับการสร้างความตระหนักรู้ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าเกม Carbon Quest สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เชิงโต้ตอบเพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมในกลุ่มนักศึกษา และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เกมดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมในสถาบันอุดมศึกษา

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การพัฒนาเกมบนแพลตฟอร์ม Roblox การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

Abstract

This study aimed to (1) design and develop the Carbon Quest game on the Roblox platform to promote environmental conservation awareness among students at Phuket Rajabhat University, and (2) evaluate students' satisfaction with the game as a learning medium. The sample consisted of 100 university students selected using purposive sampling. The research instrument was a satisfaction assessment questionnaire. Data were analyzed using descriptive statistics, including mean (\bar{x}) and standard deviation (S.D.). The results indicated that (1) the development of the Carbon Quest game was successful, and the game functioned effectively. The designed game environment was able to promote environmental conservation awareness among the players. (2) The overall satisfaction of players toward the game was at the highest level ($\bar{x} = 4.54$, S.D. = 0.49). When considering each aspect, Game Mechanics received the highest evaluation ($\bar{x} = 4.65$, S.D. = 0.48), followed by the Game System ($\bar{x} = 4.53$, S.D. = 0.52). These findings indicate that the design of the game environment, character development, and graphical elements contributed to an engaging and immersive gameplay experience. The Educational Promotion aspect was rated at a high level ($\bar{x} = 4.34$, S.D. = 0.50), suggesting that the game effectively integrates entertainment with environmental awareness. The findings suggest that the Carbon Quest game can be used as an interactive learning medium to promote environmental awareness among university students and has potential for supporting environmental education in higher education institutions.

Keywords: Carbon Footprint, Roblox Game Development, Environmental Education, Game-Based Learning

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญของโลกในปัจจุบัน โดยมีสาเหตุหลักจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide: CO₂) ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง การคมนาคม และกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมักถูกประเมินในรูปแบบของ Carbon Footprint ซึ่งหมายถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ การลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นแนวทางสำคัญในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนในระดับโลก (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021) ในระดับนานาชาติ การดำเนินงานด้านการพัฒนาที่ยั่งยืนถูกกำหนดไว้ภายใต้กรอบ Sustainable Development Goals (SDGs) ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations, 2015) ขณะเดียวกัน ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว ภายใต้แนวคิด Net Zero Emissions เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565) และการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงานของประเทศยังอยู่ภายใต้กรอบของ

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในทุกภาคส่วนของประเทศ รวมถึงภาคการศึกษา (กระทรวงพลังงาน, 2558)

สถาบันอุดมศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้กับเยาวชน โดยแนวคิด Green University ได้ถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการจัดการทรัพยากรอย่างยั่งยืนและสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการสร้างความรู้ตระหนักรู้เกี่ยวกับการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกลุ่มนักศึกษายังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้แบบดั้งเดิมอาจไม่สามารถกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างเพียงพอ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีเกมดิจิทัลได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ผ่านแนวคิด Game-Based Learning ซึ่งช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้และเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านประสบการณ์เชิงปฏิสัมพันธ์ (Prensky, 2001) นอกจากนี้ จากการศึกษางานวิจัยที่พัฒนาเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้โปรแกรม Scratch ซึ่งเน้นกิจกรรมเชิงสัญลักษณ์ เช่น การปลูกต้นไม้ในเกม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของความรู้และความพึงพอใจของผู้เรียนในระดับสูง อย่างไรก็ตาม เกมดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในด้านความซับซ้อนของกลไกการเล่น (Game Mechanics) และระดับความสมจริงของประสบการณ์ผู้ใช้ (ณัฐพงษ์ ไพฑูรย์ และ คณะ, 2568)

ในปัจจุบัน การพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้มีการใช้แพลตฟอร์มที่หลากหลาย เช่น Scratch ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น หรือ Unity ที่รองรับการพัฒนาเกมระดับสูง แต่ละแพลตฟอร์มก็มีข้อจำกัดด้านความซับซ้อนและทักษะการพัฒนา ในขณะที่ Roblox เป็นแพลตฟอร์มที่เอื้อต่อการพัฒนาเกมแบบโต้ตอบ 3 มิติ และรองรับการเล่นแบบหลายผู้เล่น ซึ่งช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมและแรงจูงใจของผู้เรียน ดังนั้น การเลือกใช้ Roblox ในการพัฒนาเกม “Carbon Quest” จึงมีความเหมาะสมทั้งในด้านความสะดวกในการพัฒนาและศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในบริบทของสถาบันอุดมศึกษา

จากการทบทวนวรรณกรรมดังกล่าว พบว่า งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเกมดิจิทัลในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม แต่ยังมีข้อจำกัดในหลายประการ ได้แก่ (1) การขาดการพัฒนาเกมที่มีลักษณะเป็น Real-time interactive gameplay ที่สร้างประสบการณ์การมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง (2) การขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมเข้ากับบริบทจริงของผู้เรียน โดยเฉพาะในระดับสถาบันอุดมศึกษา และ (3) การขาดการบูรณาการแนวคิดด้านนโยบายสิ่งแวดล้อม เช่น Green University เข้ากับการออกแบบเกม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีความใหม่ (Novelty) ในการพัฒนาเกม “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox โดยผสมผสาน (1) รูปแบบการเล่นเชิงแอ็คชั่นแบบเรียลไทม์ (Action-based Gameplay) (2) การออกแบบสภาพแวดล้อมที่จำลองบริบทของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุทัยธานี และ (3) การบูรณาการแนวคิดด้านการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์เข้ากับนโยบาย Green University เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ที่สามารถเชื่อมโยงกับบริบทจริงของผู้เรียนได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเกม “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox ส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุทัยธานี
2. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการใช้เกม “Carbon Quest” ในฐานะสื่อการเรียนรู้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุเทน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการเลือกแบบเจาะจง โดยจะต้องเป็นผู้ที่มีความสนใจในการเล่นเกมนิว Action ให้ผู้เล่นได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนผ่านกระบวนการเล่นเกม (Game-Based Learning) และยินดีเข้าร่วมทดลองเล่นเกมและตอบแบบสอบถาม 100 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามออนไลน์ เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเกม “Carbon Quest” โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน รวมคำถาม 10 ข้อ ประกอบด้วย 1) ด้านระบบเกม (Game System) จำนวน 3 ข้อ 2) ด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics) จำนวน 4 ข้อ และ 3) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion) จำนวน 3 ข้อ โดยแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

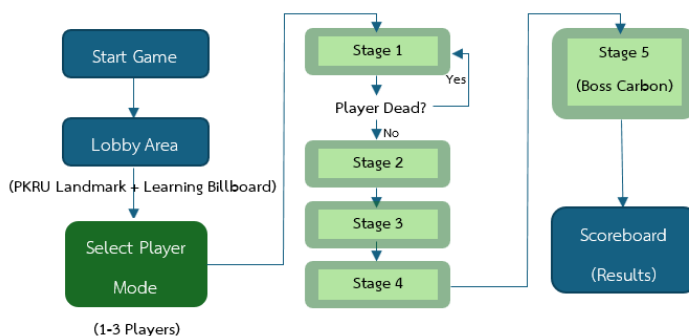
คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา เกม “Carbon Quest” เป็นเกมต้นแบบ (Prototype) ที่พัฒนาบนแพลตฟอร์ม Roblox ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบของเกมโดยคำนึงถึงแนวคิดการเรียนรู้ผ่านเกม (Game-Based Learning) เพื่อส่งเสริมความรู้และความตระหนักด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและแนวคิดเกี่ยวกับคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผู้เล่น โดยโครงสร้างของเกมถูกออกแบบให้มีความสนุก ท้าทาย และสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ผ่านการมีส่วนร่วมของผู้เล่น สามารถแสดงด้วยโครงสร้าง Game Flow ในรูปแบบ Diagram Framework และม็อดค้ประกอบหลักของเกมประกอบด้วยดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้าง Data Flow ในรูปแบบ Diagram Framework ของเกม Carbon Quest

(1) **Game Concept** เกม Carbon Quest ถูกออกแบบภายใต้แนวคิดของเกมการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อม โดยผู้เล่นจะสวมบทบาทเป็นตัวละครที่มีภารกิจในการกำจัดศัตรูซึ่งเป็นตัวแทนของ “Carbon” แนวคิดของเกมมุ่งเน้นให้ผู้เล่นตระหนักถึงปัญหาการปล่อยคาร์บอนและผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อโลก ผ่านกิจกรรมการเล่นในรูปแบบภารกิจและการผ่านด่านต่างๆ ผู้เล่นจะต้องร่วมมือกันกำจัดศัตรูและสะสมคะแนนเพื่อผ่านด่านที่มีระดับความยากเพิ่มขึ้นตามลำดับ การออกแบบเกมในลักษณะดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผสมผสานความสนุกสนานเข้ากับการสร้างความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อม

(2) **Game Mechanics** กลไกการเล่นของเกม Carbon Quest ถูกออกแบบให้ผู้เล่นสามารถโต้ตอบกับระบบเกมผ่านการควบคุมตัวละคร การต่อสู้กับศัตรู และการผ่านด่านต่างๆ ภายในเกม โดยผู้เล่นสามารถเข้าร่วมเล่นเกมได้พร้อมกันสูงสุด 3 คนผ่านระบบล็อบบี้ (Lobby) ซึ่งเป็นพื้นที่เริ่มต้นก่อนเข้าสู่การเล่น เกมรูปแบบการเล่นหลักของเกมเป็นการกำจัดศัตรู (Combat-based gameplay) โดยผู้เล่นต้องใช้อาวุธในการโจมตีศัตรูที่เป็นตัวแทนของคาร์บอน เมื่อกำจัดศัตรูได้สำเร็จจะสามารถผ่านด่านและดำเนินภารกิจในด่านถัดไปได้ ทั้งนี้ระดับความยากของเกมจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ เพื่อสร้างความท้าทายให้กับผู้เล่น



ภาพที่ 2 พื้นที่เริ่มต้นก่อนเข้าสู่การเล่น และหลังจากเกม (Lobby)

(3) **Game Objectives** วัตถุประสงค์ของเกม Carbon Quest คือการให้ผู้เล่นสามารถผ่านด่านต่างๆ ของเกมโดยการกำจัดศัตรูที่เป็นตัวแทนของคาร์บอน และสะสมคะแนนจากการเล่นเกมเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ของตัวละครให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เกมมีทั้งหมด 5 ด่าน เมื่อกำจัดศัตรูในแต่ละด่านสำเร็จจะปลดล็อกด่านถัดไป และในด่านสุดท้ายผู้เล่นจะเผชิญหน้ากับศัตรูระดับบอส (Boss) ซึ่งมีความแข็งแกร่งมากกว่าศัตรูทั่วไป ผู้เล่นต้องใช้ทักษะและกลยุทธ์ในการเล่นเพื่อเอาชนะและจบเกม

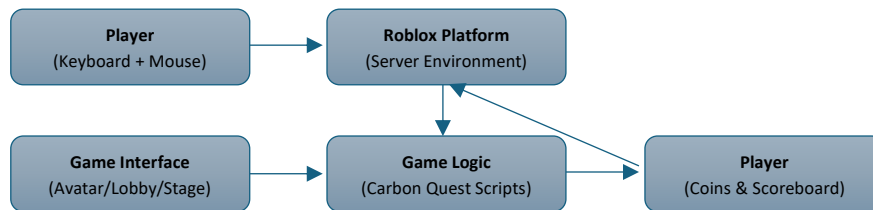
(4) **Game Environment** สภาพแวดล้อมภายในเกม Carbon Quest ออกแบบให้มีลักษณะเป็นพื้นที่สำหรับการต่อสู้และการทำภารกิจของผู้เล่น โดยประกอบด้วยพื้นที่สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวละคร การต่อสู้กับศัตรู และการเก็บเหรียญรางวัล มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบรรยากาศที่สอดคล้องกับเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อม และเพิ่มประสบการณ์การมีส่วนร่วมของผู้เล่น โดยคำนึงถึงความเหมาะสมในการพัฒนาและการเล่นเกมบนแพลตฟอร์ม Roblox เพื่อให้ผู้เล่นสามารถเข้าถึงเกมได้อย่างสะดวก

(5) **Reward System** ระบบรางวัลในเกม Carbon Quest ออกแบบเพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้เล่นมีส่วนร่วมในการเล่นอย่างต่อเนื่อง เมื่อผู้เล่นสามารถกำจัดศัตรูได้สำเร็จจะได้รับเหรียญรางวัล (Coins) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการอัปเกรดอาวุธของตัวละคร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต่อสู้ในด่านถัดไป และออกแบบให้เกมมีระบบแสดงคะแนน (Scoreboard) เพื่อแสดงจำนวนเหรียญที่ผู้เล่นแต่ละคนสะสมได้ ซึ่งช่วยกระตุ้นการแข่งขันระหว่างผู้เล่น และเพิ่มความสุขในการเล่น



ภาพที่ 3 Reward System ออกแบบการรับเหรียญรางวัล (Coins) และระบบแสดงคะแนน (Scoreboard)

(6) **Player Interaction** การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นกับระบบเกม เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่เพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เล่น ในเกม Carbon Quest ผู้เล่นสามารถกำหนดลักษณะของตัวละครหรืออวตาร (Avatar) ได้ผ่านระบบโปรไฟล์ของแพลตฟอร์ม Roblox ก่อนเข้าสู่เกม และสามารถเลือกเข้าร่วมการเล่นได้ 3 รูปแบบจากพื้นที่ Game Zone ได้แก่ (1) การเล่นเกมคนเดียว (Single Player) (2) การเล่นเกมสองคน (Two Players) และ (3) การเล่นเกมสามคน (Three Players) สำหรับกลไกการควบคุมภายในเกมจะใช้ Mouse และ Keyboard ร่วมกันในการควบคุมตัวละคร เช่น การกำหนดทิศทาง การเคลื่อนที่ การโจมตีศัตรู ช่วยให้ผู้เล่นสามารถโต้ตอบกับระบบเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถอธิบายโครงสร้างระบบของเกม (Game System Architecture) ระหว่างผู้เล่น ระบบแพลตฟอร์ม และระบบคะแนน ได้ดังนี้



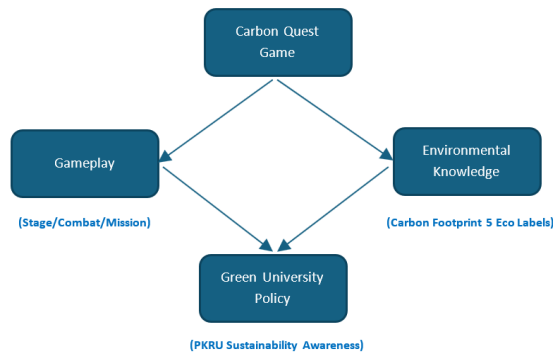
ภาพที่ 4 Game System Architecture ระหว่างผู้เล่น ระบบแพลตฟอร์ม และระบบคะแนน

(7) **Learning Integration** ในการพัฒนาเกม Carbon Quest ผู้วิจัยได้ออกแบบองค์ประกอบของเกมให้มีการบูรณาการเนื้อหาการเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการสร้างความรู้ความตระหนักเกี่ยวกับแนวคิดด้าน Carbon Footprint และการมีส่วนร่วมในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ออกแบบพื้นที่เริ่มต้นของเกมให้มีลักษณะเป็น ห้องโถง (Lobby Area) ให้มีลักษณะคล้ายกับ จุดสัญลักษณ์ (Landmark) ของมหาวิทยาลัยราชภัฏญเก็ด เพื่อสร้างความรู้สึกร่วมกันให้กับผู้เล่นที่เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัย และได้จัดทำป้ายให้ความรู้ (Billboard) ขนาดใหญ่ ซึ่งนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับ “5 ฉลากที่ช่วยบอกว่าคุณปกป้องโลก” เพื่อกระตุ้นให้ผู้เล่นเกิดความสนใจและตระหนักถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 5 สัญลักษณ์หรือฉลากด้านสิ่งแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีความรับผิดชอบ
ที่มา: <https://petromat.org/home/>

และป้ายสัญลักษณ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ซึ่งถูกจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยอยู่บริเวณเดียวกับระบบแสดงคะแนนของเกม (Scoreboard) การออกแบบดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างบรรยากาศของการเล่นเกมที่เชื่อมโยงกับบริบทของมหาวิทยาลัย และสะท้อนแนวคิดการมีส่วนร่วมของนักศึกษาในการสนับสนุนนโยบาย Green University ซึ่งสามารถแสดงแนวคิดการบูรณาการระหว่างเกม การเรียนรู้ และนโยบายของมหาวิทยาลัย (Game-Base Learning Framework) ได้ดังนี้



ภาพที่ 6 Game-Base Learning Framework ระหว่างเกม การเรียนรู้ และนโยบายของมหาวิทยาลัย

หลังจากการออกแบบกรอบแนวคิดการบูรณาการระหว่างองค์ประกอบของเกม กระบวนการเรียนรู้ และนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยดังแสดงในภาพที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้ในการประเมินผลการใช้งานเกม “Carbon Quest” ในฐานะสื่อการเรียนรู้ โดยมุ่งเน้นการวัดระดับความพึงพอใจของผู้เล่นใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านระบบเกม (Game System) ด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics) และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion) ซึ่งสอดคล้องกับ

องค์ประกอบหลักของกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ เพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษาและการพัฒนาเกมดิจิทัล เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการประเมินพบว่า ค่า IOC ของข้อคำถามทุกข้ออยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

(2) การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความสม่ำเสมอภายในและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

4. ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาเกม Carbon Quest พบว่า เกมออกแบบในลักษณะของเกมแนวแอ็คชั่น (Action Game) ให้ผู้เล่นได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนผ่านกระบวนการเล่นเกม (Game-Based Learning) โดยพัฒนาด้วยโปรแกรม Roblox Studio เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมผ่านรูปแบบการเล่นที่สนุก ตื่นเต้น และท้าทาย ผู้เล่นจะรับบทเป็นตัวละครที่ต้องต่อสู้กับศัตรูในรูปแบบของตัวละคร Carbon ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นตัวแทนเชิงสัญลักษณ์ของมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กลไกของเกมจึงมุ่งเน้นให้ผู้เล่นกำจัด Carbon เพื่อสื่อถึงการลดปริมาณคาร์บอนและการจัดการปัญหามลพิษในรูปแบบที่เข้าใจง่าย การเล่นเกมถูกออกแบบเป็นระบบด่าน (Level-based gameplay) ปรากฏขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีระดับความยากเพิ่มขึ้นตามระดับของด่าน ช่วยเพิ่มความท้าทายและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เล่นในระหว่างการเล่นเกม ภายในเกมยังมีการพัฒนาระบบเศรษฐกิจภายในเกม (Currency System) โดยผู้เล่นจะได้รับเหรียญรางวัล Coins จากการกำจัด Carbon และนำไปใช้ในการซื้ออาวุธ อัปเกรดอุปกรณ์ หรือเพิ่มความสามารถของตัวละคร ส่งเสริมให้เกิดการเล่นเกมอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ เกมยังมีระบบตารางคะแนน (Scoreboard System) โดยผู้เล่นที่สามารถทำคะแนนได้สูงหรือสามารถเอาชีวิตรอดได้ยาวนานที่สุดจะถูกจัดอันดับในตารางคะแนน ระบบดังกล่าวช่วยเพิ่มความท้าทายและการแข่งขันระหว่างผู้เล่น ส่งผลให้ผู้เล่นเกิดความพยายามในการพัฒนาทักษะการเล่นของตนเอง ในด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมของเกมมี 2 พื้นหลัก ได้แก่ พื้นที่ Lobby และพื้นที่ Game Zone โดยพื้นที่ Lobby ทำหน้าที่เป็นพื้นที่เตรียมความพร้อมสำหรับผู้เล่น ขณะที่พื้นที่ Game Zone เป็นพื้นที่สำหรับการปฏิบัติภารกิจภายในเกม

โดยสรุป เกม Carbon Quest เป็นเกมแนวแอ็คชั่นที่ได้รับการออกแบบให้ผสมผสานองค์ประกอบของความบันเทิงกับการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนผ่านกระบวนการเล่นเกม ระบบด่าน ระบบเศรษฐกิจภายในเกม

และระบบตารางคะแนน ซึ่งสามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ และมีศักยภาพในการใช้เป็นสื่อส่งเสริมการตระหนักรู้ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกม Carbon Quest

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนฯ (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
ด้านระบบเกม (Game System)	4.53	0.52	มากที่สุด
1. การออกแบบสภาพแวดล้อมสมจริง	4.55	0.52	มากที่สุด
2. การออกแบบตัวละคร (คาร์บอน) สื่อความหมาย	4.60	0.49	มากที่สุด
3. แสง สี และเสียงประกอบสร้างบรรยากาศ	4.45	0.55	มาก
ด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics)	4.65	0.48	มากที่สุด
1. ระบบการเล่นแบบด่านไม่สิ้นสุด (Endless Stage)	4.70	0.46	มากที่สุด
2. ระบบรางวัล (Coins) และการอัปเกรดอาวุธ	4.65	0.48	มากที่สุด
3. กลไกการควบคุมตัวละครและอาวุธมีความสั่นไหว	4.50	0.51	มากที่สุด
4. ระบบตารางคะแนน (Scoreboard) ช่วยเพิ่มการแข่งขันและความพยายามในการทำคะแนนสูงสุด	4.75	0.45	มากที่สุด
ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion)	4.34	0.50	มาก
1. เนื้อหาความรู้ด้านการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สอดแทรกในเกมอย่างเหมาะสม	4.62	0.49	มากที่สุด
2. เกมช่วยสร้างความตระหนักรู้ถึงปัญหาคาร์บอนและมลพิษในรูปแบบที่เข้าใจง่าย	4.58	0.50	มากที่สุด
3. เกมส่งเสริมให้ผู้เล่นสนใจในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ยภาพรวม	4.54	0.49	มากที่สุด

จากตารางแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกม Carbon Quest ซึ่งเป็นเกมแนวแอ็คชั่นที่ได้รับการออกแบบให้ผสมผสานองค์ประกอบของความบันเทิงกับการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนผ่านกระบวนการของเกม ใน 3 ด้าน สรุปได้ดังนี้ 1) ด้านระบบเกม (Game System) พบว่า ผู้เล่นให้ระดับคะแนนการออกแบบตัวละคร (คาร์บอน) สื่อความหมาย มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.49) ในลำดับแรก และการออกแบบสภาพแวดล้อมสมจริง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$, S.D. = 0.52) ในลำดับรองลงมา 2) ด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics) พบว่า ผู้เล่นให้คะแนนระดับความพึงพอใจระบบตารางคะแนน (Scoreboard) ช่วยเพิ่มการแข่งขันและความพยายามในการทำคะแนนสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.75$, S.D. = 0.45) เป็นลำดับแรก และให้คะแนนระดับความพึงพอใจกลไกการควบคุมตัวละครและอาวุธมีความสั่นไหว ในลำดับท้ายสุด แต่ยังคงได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.51) และ 3) ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion) พบว่า เกม Carbon Quest สามารถสอดแทรกเนื้อหาความรู้ด้านการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สอดแทรกในเกมอย่างเหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.49) สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของเกมในการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับ Carbon footprint ให้กับผู้เล่นได้ และพบว่าเกมช่วยสร้างความตระหนักรู้ถึงปัญหาคาร์บอนและมลพิษในรูปแบบที่เข้าใจง่ายได้รับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด

(\bar{X} = 4.58, S.D. = 0.50) ทั้งนี้ ภาพรวมของผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจที่มีต่อเกม Carbon Quest อยู่ในระดับมากที่สุด ที่ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.54 (\bar{X} = 4.54, S.D. = 0.49) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของเกมในการมอบประสบการณ์การเล่นที่สมจริงและสนุกสนาน พร้อมแนวทางในการพัฒนาให้เกมมีความลื่นไหลและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

ในภาพรวมของเกม Carbon Quest ที่ออกแบบให้ผู้เล่นได้เล่นเกมแนวแอ็คชั่นที่ได้รับการออกแบบให้ผสมผสานองค์ประกอบของความบันเทิงกับการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมและการลดคาร์บอนผ่านกระบวนการกลไกของเกมในการเรียนรู้ผ่านแนวคิด Game-Based Learning ซึ่งช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้และเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านประสบการณ์เชิงปฏิสัมพันธ์ ส่งเสริมการเรียนรู้สร้างความพึงพอใจของผู้เล่นเกมได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเรียนรู้แบบดั้งเดิม และการใช้แนวคิดเชิงนโยบายสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัย (Green University) มาออกแบบสภาพแวดล้อมภายในเกม ทำให้การส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษาได้ หลังจากผู้เล่นเกมแล้วมีคะแนนความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจต่อเกมในระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบและพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox ในสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สามารถใช้งานได้จริงและส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเกม “Carbon Quest” บนแพลตฟอร์ม Roblox สามารถส่งเสริมความพึงพอใจของผู้เล่นได้ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในด้านกลไกการเล่น (Game Mechanics) และระบบเกม (Game System) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบองค์ประกอบของเกมที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive Gameplay) และการสร้างความท้าทายอย่างต่อเนื่อง มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เล่น สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning) ที่เสนอว่า การมีส่วนร่วมเชิงปฏิสัมพันธ์และความสนุกสนานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เล่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ M. Prensky (2001) นอกจากนี้ ระบบรางวัล (Reward System) และตารางคะแนน (Scoreboard) ที่ได้รับการออกแบบภายในเกม ยังสามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดด้านแรงจูงใจ (Motivation Theory) ซึ่งระบุว่า การให้รางวัลและการสร้างการแข่งขันสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความพยายามและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง โดยผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wouters et al. (2013) ที่พบว่าเกมเพื่อการเรียนรู้สามารถเพิ่มแรงจูงใจและความพึงพอใจของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ในด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ (Educational Promotion) แม้ว่าจะได้รับการประเมินในระดับมาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นว่าการถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมผ่านกลไกของเกมยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ โดยเฉพาะการออกแบบกิจกรรมหรือภารกิจที่เชื่อมโยงเนื้อหาความรู้กับการเล่นเกมอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าเกมสามารถสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับปัญหาคาร์บอนและสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพงษ์ ไพฑูริย์ และคณะ (2568) ที่พบว่าเกมดิจิทัลสามารถส่งเสริมความรู้และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในเชิงการออกแบบงานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา เนื่องจากได้นำบริบทของมหาวิทยาลัยและนโยบาย Green University มาบูรณาการเข้ากับสภาพแวดล้อมของเกม ซึ่งช่วยให้ผู้เล่นสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์การเล่นกับบริบทจริงของตนเอง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายมากยิ่งขึ้น อันเป็นการขยายแนวทางของการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจากการเรียนรู้เชิงเนื้อหาไปสู่การเรียนรู้เชิงบริบท (Context-based Learning)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ (1) การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงไม่สามารถอ้างอิงผลไปยังประชากรทั่วไปได้ (2) การประเมินผลเน้นเฉพาะความพึงพอใจของผู้เล่น โดยยังไม่ได้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หรือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านสิ่งแวดล้อมในระยะยาว และ (3) การพัฒนาเกมยังอยู่ในระดับต้นแบบ (Prototype) ซึ่งอาจมีข้อจำกัดด้านความหลากหลายของเนื้อหาและฟังก์ชันการใช้งาน สำหรับองค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การออกแบบเกมเพื่อการเรียนรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ ควรผสมผสานองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ (1) กลไกการเล่นที่สร้างความท้าทายและแรงจูงใจ (2) การบูรณาการเนื้อหาความรู้เข้ากับภารกิจภายในเกม และ (3) การเชื่อมโยงบริบทของเกมกับสถานการณ์จริงของผู้เรียน ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเกมเพื่อการเรียนรู้ในบริบทอื่นๆ ได้

6. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. (2558). *พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535*. กระทรวงพลังงาน.
- ณัฐพงษ์ ไพฑูริย์ และคณะ. (2568). การพัฒนาเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษา*, 9(1), 75–88.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). *ยุทธศาสตร์การพัฒนากลยุทธ์ก๊าซเรือนกระจกต่ำระยะยาวของประเทศไทย (Thailand's Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy: LT-LEDS)*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Prensky, M. (2001). *Digital game-based learning*. McGraw-Hill.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>

การพัฒนาเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยาแบบวนลูปด้วย Unreal Engine 5: กรณีศึกษาสวนหลวง ร.9 ภูเก็ต Development of a Loop-Based Psychological Horror Game Using Unreal Engine 5: A Case Study of Suan Luang Rama IX, Phuket

ธนาวัฒน์ โยมสิน, พิธา จารุพูนผล, ภกร หลิมมณี*

Thanawat Yomsin, Pita Jarupunphol, Pakorn Limmanee*

สาขาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Digital Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,

s65114232119@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมต้นแบบ “The Man Out” ซึ่งเป็นเกมแนวสยองขวัญเชิงจิตวิทยาแบบมุมมองบุคคลที่หนึ่ง (First-person Psychological Horror) โดยใช้ Unreal Engine 5 และระบบ Loop เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่นที่เน้นการสังเกต การตัดสินใจ และการค้นหาเส้นทางที่ถูกต้อง โดยออกแบบสภาพแวดล้อมจากสถานที่จริง คือ สวนหลวง ร.9 ภูเก็ต การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (R&D) กับกลุ่มตัวอย่าง 22 คน ซึ่งเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เกมต้นแบบ และแบบประเมินความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรื่องมีค่า IOC 0.60-1.00 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 ผลการวิจัยพบว่า ผู้เล่นมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.52$) โดยเฉพาะด้านบรรยากาศและความน่ากลัว อย่างไรก็ตาม พบปัญหาด้านประสิทธิภาพเกมและการขาดระบบ Tutorial ซึ่งข้อค้นพบนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเกมสยองขวัญที่เน้นทักษะการสังเกตต่อไป

คำสำคัญ: เกมสยองขวัญ, Unreal Engine 5, ระบบ Loop, การออกแบบเกม, ประสบการณ์ผู้เล่น

Abstract

This research aims to develop a prototype game titled “The Man Out,” a first-person psychological horror game developed using Unreal Engine 5 with a loop-based gameplay system. The game environment is inspired by Suan Luang Rama IX Park in Phuket to enhance realism. The study applies a Research and Development (R&D) methodology with a sample group of 22 players selected through purposive sampling. Research instruments included the game prototype and a satisfaction questionnaire validated by experts (IOC = 0.60-1.00) with a reliability coefficient of 0.87. Results indicate that overall player satisfaction was at a high level ($\bar{X} = 3.52$)

particularly in atmosphere and horror experience. However, performance issues and a lack of a tutorial system were noted as areas for improvement. The findings suggest potential for using loop-based horror games to enhance player observation skills.

Keywords: Horror Game, Unreal Engine 5, Loop System, Game Design, Player Experience

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลและอุตสาหกรรมเกมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกมคอมพิวเตอร์ไม่ได้เป็นเพียงสื่อเพื่อความบันเทิงเท่านั้น แต่ยังตอบสนองแรงจูงใจภายในและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hamari & Koivisto, 2016) แต่ยังคงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ของผู้เล่น เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ไขปัญหา การสังเกต และการตัดสินใจ (Gee, 2007; Plass et al., 2015) เกมที่ออกแบบให้ผู้เล่นมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องสามารถนำไปสู่สภาวะการไหล (Flow) ที่ผู้เล่นดื่มด่ำและลืมหืมตัวเข้าสู่โลกของเกม (Csikszentmihalyi, 1990) อีกทั้งยังส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning) ซึ่งช่วยให้ผู้เล่นเกิดกระบวนการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงและการลองผิดลองถูก (ภิเชษฐ ชาวเผือก, 2561)

เกมแนวสยองขวัญเชิงจิตวิทยา (Psychological Horror) เป็นอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถสร้างบรรยากาศความตึงเครียด ความกดดัน และความหวาดกลัวผ่านการออกแบบสภาพแวดล้อม เสียง และการเล่าเรื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการออกแบบองค์ประกอบเหล่านี้สามารถส่งผลต่ออารมณ์และความรู้สึกของผู้เล่นได้อย่างลึกซึ้ง (Isbister, 2016) นอกจากนี้การเล่าเรื่องในโลกดิจิทัลสามารถก่อให้เกิดประสบการณ์จินตนาการและการดื่มด่ำ (Immersion) ที่ทำให้ผู้เล่นรู้สึกเหมือนอยู่ในโลกของเกมจริง (Murray, 1997) อีกทั้งหากผู้เล่นเข้าสู่สภาวะการไหล (Flow) อย่างเต็มที่ จะส่งผลให้เกิดการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Csikszentmihalyi, 1990) โดยเฉพาะการใช้เสียงประกอบในเกมสยองขวัญมีบทบาทสำคัญในการสร้างความน่ากลัวและช่วยเสริมสร้างบรรยากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Whalen, 2004) ผู้เล่นจำเป็นต้องใช้การสังเกต ความจำ และการตัดสินใจอย่างรอบคอบเพื่อเอาชนะสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเกม ซึ่งกระบวนการดังกล่าวช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และการจดจำของผู้เล่นได้เป็นอย่างดี (Brown, 2018; Salen & Zimmerman, 2004)

นอกจากนี้ รูปแบบเกมแบบวนลูป ยังเป็นแนวคิดที่ผู้เล่นต้องสำรวจพื้นที่เดิมซ้ำหลายครั้งพร้อมทั้งสังเกตความผิดปกติหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบ กลไกดังกล่าวช่วยสร้างความตึงเครียดและพัฒนาความจำเชิงพื้นที่ (Spatial Memory) และทักษะการสังเกตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ryan, 2017)

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการพัฒนาเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยาแบบวนลูป โดยใช้โปรแกรม Unreal Engine 5 ซึ่งเป็นเครื่องมือพัฒนาเกมที่มีความสามารถด้านกราฟิกและเทคโนโลยีการแสดงผลขั้นสูง (Epic Games, 2023) เพื่อสร้างประสบการณ์การเล่นเกมที่มีความสมจริงและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยเลือกใช้พื้นที่สวนหลวง ร.9 จังหวัดภูเก็ตเป็นกรณีศึกษาในการออกแบบฉากและบรรยากาศภายในเกม เพื่อให้ผู้เล่นเกิดความรู้สึกมีส่วนร่วมและสามารถสัมผัสประสบการณ์ของเกมได้อย่างเต็มรูปแบบ

ช่องว่างของงานวิจัย (Research Gap)

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น พบว่ายังขาดงานวิจัยที่นำเสนอการพัฒนาเกมประเภทนี้ที่ผสมการใช้สถานที่จริง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยนำหลักการออกแบบเกมเชิงประสบการณ์ (Schell, 2008) และ แนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบของเกม (Konzack, 2002) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเกมต้นแบบในครั้งนี้

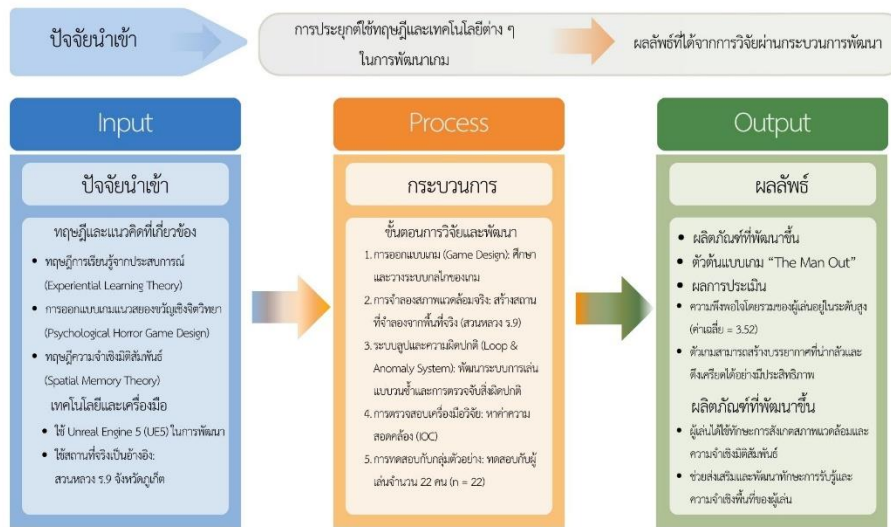
การสำรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

จากการศึกษา Salen & Zimmerman (2004) และ Schell (2008) ได้กล่าวถึงหลักการออกแบบเกมที่ดีต้องสร้างสมดุลระหว่างกฎกติกาและประสบการณ์ผู้เล่นต้องสร้างสมดุลระหว่างกฎกติกาและประสบการณ์ผู้เล่น รวมถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบของเกมเพื่อให้เกิดประสบการณ์ที่ท้าทาย (Konzack, 2002) ในขณะที่ Plass et al. (2015) ระบุว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่ดีจะช่วยให้ผู้เล่นเกิดการเรียนรู้จากความผิดพลาด ซึ่งเป็นหัวใจของระบบ Loop-Based Gameplay นอกจากนี้ Brown (2018) ได้ยืนยันว่าเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยาสามารถกระตุ้นให้ผู้เล่นใช้สมองส่วนที่รับผิดชอบการตัดสินใจและการจดจำ ซึ่งงานวิจัยของ Ryan (2017) สนับสนุนแนวคิดนี้ว่าการเล่าเรื่องแบบวนลูบช่วยเสริมสร้างความจำเชิงพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย/ผู้แต่ง	ประเภทเกม	แนวคิดหลัก	จุดเด่น/ข้อจำกัด
Ryan (2017)	Narrative Game	Narrative as VR	เน้นการดื่มด่ำทางเรื่องราว ขาด Game Mechanic ที่ท้าทาย
ภิเชษฐ (2561)	Educational Game	การเรียนรู้ดิจิทัล	เน้นทักษะการเรียนรู้ทั่วไป ไม่ได้เจาะจงทักษะการสังเกต
งานวิจัยนี้	Psychological Horror	Loop-based + Real Location	เน้นทักษะการสังเกต + อ้างอิงสถานที่จริง

ทฤษฎีและงานวิจัยข้างต้น ส่งผลต่อการออกแบบเกมของงานนี้โดยการนำระบบ Loop มาผนวกกับการจำลองสถานที่จริง เพื่อบังคับให้ผู้เล่นต้องใช้ทักษะการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในแต่ละรอบ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)

1. ขอบเขตด้านระบบเกม: พัฒนาเฉพาะระบบการเล่นแบบวนลูป (Loop) ระบบการตรวจจับความผิดปกติ (Anomaly Detection) และระบบการเดิน-วิ่งพื้นฐาน
2. ขอบเขตด้านพื้นที่และเวลา: จำลองสภาพแวดล้อมบางส่วนของสวนหลวง ร.9 จังหวัดภูเก็ต มาสร้างเป็นฉากในเกมจำนวน 9 ฉาก ระยะเวลาพัฒนา 8 สัปดาห์
3. ขอบเขตด้านอุปกรณ์: ทดสอบเกมบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ที่มีสเปค CPU AMD RYZEN 7 5000 SERIES ขึ้นไป, RAM 21 GB และ GPU NVIDIA GTX 3050ti ขึ้นไป

นิยามศัพท์เฉพาะ (Definition of Terms)

1. เกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยา: เกมที่มุ่งเน้นการสร้างความกลัวผ่านบรรยากาศ เสียง และจิตวิทยา มากกว่าการใช้ความรุนแรง (Brown, 2018)
2. ระบบการเล่นแบบวนลูป: กลไกเกมที่ผู้เล่นต้องเผชิญกับสถานการณ์เดิมซ้ำๆ จนกว่าจะสามารถค้นหา "ความผิดปกติ" ได้สำเร็จ (Ryan, 2017)
3. ความผิดปกติ: สิ่งปรากฏในเกมไม่ตรงกับความเป็นจริงหรือเปลี่ยนแปลงจากเดิม เช่น วัตถุที่หายไป ตำแหน่งที่เปลี่ยนไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยาแบบวนลูบ เรื่อง “The Man Out” โดยใช้โปรแกรม Unreal Engine 5 ให้มีความสมบูรณ์ตามหลักการออกแบบเกม
2. เพื่อออกแบบสภาพแวดล้อมภายในเกมให้มีความสมจริง โดยอ้างอิงจากสถานที่จริง คือ สวนหลวง ร.9 จังหวัดภูเก็ต
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้เล่นที่มีต่อเกมต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้หมายถึงกลุ่มบุคคลที่มีความสนใจในการเล่นเกมนสยองขวัญ ซึ่งมีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดภูเก็ต โดยประชากรดังกล่าวถือเป็นกลุ่มที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาของเกม เนื่องจากเกมที่พัฒนาได้อ้างอิง สภาพแวดล้อมจากสถานที่จริงในจังหวัดภูเก็ต เช่น สวนหลวง ร.9 เพื่อให้ผู้เล่นเกิดความรู้สึกสมจริงและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ส่วนตัว สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา มีจำนวนทั้งสิ้น 22 คน ซึ่งเลือกด้วยวิธีการแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกอย่างชัดเจน คือ ต้องเป็นผู้ที่เคยมีประสบการณ์ในการเล่นเกมนสยองขวัญหรือเกมผจญภัยมาก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลจากผู้ที่มีความเข้าใจในแนวเกมดังกล่าว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) เกมต้นแบบ “The Man Out” ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Unreal Engine 5 และ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เล่นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 15 ข้อ ซึ่งใช้ประเมินความคิดเห็นของผู้เล่นหลังการทดลองเล่นในด้านความสมจริง ความน่าสนใจ และประสบการณ์การใช้งาน เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และปรับปรุงเกม

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามโดยศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำไปตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Item-Objective Congruence: IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ผลปรากฏว่าค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร Alpha Coefficient ของ Cronbach ได้ค่าเท่ากับ 0.87 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นสูง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละ (%)

4. ผลการวิจัย

เกม The Man Out ได้รับการพัฒนาจนมีความสมบูรณ์ในด้านระบบและภาพกราฟิก โดยนำเทคโนโลยี Lumen ใน Unreal Engine 5 มาใช้ในการสร้างแสงและเงาในฉากต่าง ๆ ให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้บรรยากาศในเกมมีความลึกกลับและชวนหลง เหมาะกับธีมของขบวนการที่ต้องการสร้างความตื่นเต้นและความกลัวให้กับผู้เล่น เพื่อสร้างความดื่มด่ำตั้งแต่แรกเห็น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าจอเมนูเริ่มต้นเกม The Man Out

ในส่วนของการออกแบบฉาก เกมมีทั้งหมด 9 ด่าน โดยแต่ละด่านได้รับแรงบันดาลใจจากสถานที่จริงคือสวนหลวง ร.9 จังหวัดภูเก็ต ซึ่งทีมพัฒนาได้ลงรายละเอียดทั้งในเรื่องของภูมิประเทศ ต้นไม้ อาคาร และบรรยากาศโดยรอบ เพื่อถ่ายทอดความรู้สึกของสถานที่จริงออกมาให้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้าจอเกม The Man Out แสดงบรรยากาศสภาพแวดล้อมที่มีดีและสมจริง

สำหรับระบบการเล่น ผู้เล่นจะต้องเผชิญกับสถานการณ์แบบวนลูบ โดยต้องใช้ทักษะการสังเกตหา "ความผิดปกติ" (Anomaly) ในแต่ละด่าน โดยเกมจะแสดงฉากปกติให้ผู้เล่นได้จดจำรายละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างฉากในสภาวะปกติที่ผู้เล่นต้องจดจำรายละเอียด

เมื่อผู้เล่นเดินทางซ้ำในรอบถัดไป อาจเกิดความผิดปกติขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งวัตถุ หรือสิ่งแปลกปลอมที่ปรากฏขึ้น หากผู้เล่นตรวจไม่พบความผิดปกติและเลือกเส้นทางผิด ระบบจะส่งกลับไปยังจุดเริ่มต้น ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้นในฉากเดียวกัน

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย	ระดับ
4.21-5.00	มากที่สุด
3.41-4.20	มาก
2.61-3.40	ปานกลาง
1.81-2.60	น้อย
1.00-1.80	น้อยที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 22 คน ผลการประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้านแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นต่อเกม The Man Out

ลำดับ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	ความสนุกของเกม	3.77	1.41	มาก
2	ความน่ากลัวและบรรยากาศ	3.82	0.96	มาก
3	ความสมจริงของฉากและด่าน	3.50	1.07	มาก
4	การใช้งาน UI และประสบการณ์ผู้ใช้	2.88	0.64	ปานกลาง
5	ความสั่นไหวของเกม	3.64	1.07	มาก
	รวม	3.52	1.03	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้เล่นมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.52$) เมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์รายข้อ พบว่า วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 (ความสมจริงของฉาก) มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 3.50$) และวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 (การประเมินความพึงพอใจ) โดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยด้านความน่ากลัวและบรรยากาศมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 3.82$) ซึ่งสะท้อนถึงความสำเร็จของการออกแบบด้านกราฟิกและเสียง ในขณะที่ด้านการใช้งาน UI มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{x} = 2.88$) แสดงให้เห็นว่าผู้เล่นบางส่วนยังไม่เข้าใจระบบการเล่นในช่วงเริ่มต้น

ดังนั้น ระบบ Tutorial สำหรับเกมแนว Loop ควรออกแบบให้กลมกลืนกับบรรยากาศของเกม เพื่อไม่ให้เสียอรรถรสความสยองขวัญ โดยหลีกเลี่ยงการใช้ UI บนหน้าจอที่ชัดเจนเกินไป และเลือกใช้วิธีการแนะนำแบบแฝง เช่น การใช้แสงนำทางเสียง หรือองค์ประกอบของสภาพแวดล้อม เพื่อช่วยให้ผู้เล่นเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นธรรมชาติ

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่าผู้เล่นมีความพึงพอใจด้านบรรยากาศสูงสุด ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brown (2018) ที่ระบุว่าแสงและเสียงเป็นปัจจัยหลักในเกมสยองขวัญเชิงจิตวิทยา การใช้ Unreal Engine 5 ช่วยให้การจัดแสงทำได้สมจริงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ กลไก Loop ช่วยกระตุ้นทักษะการสังเกต ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของ Ryan (2017) ที่ว่าการวนลู่วงช่วยพัฒนาความจำเชิงพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในด้าน UI แตกต่างจากเกมทั่วไป ที่มักจะมีระบบ Tutorial ที่ชัดเจน ผู้เล่นบางส่วนรู้สึกหงุดหงิดกับระบบ Loop ในช่วงแรก ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ต้องแก้ไข

ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. ขนาดกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างเล็ก (22 คน) อาจไม่สามารถนำไปสรุปยกให้กับประชากรทั้งหมดได้
2. ประสิทธิภาพของเกมลดลงในอุปกรณ์ที่มีสเปคต่ำ เนื่องจาก Unreal Engine 5 ต้องการทรัพยากรระบบสูง
3. ขาดระบบบันทึกข้อมูล Gameplay Analytics ที่แม่นยำ ทำให้การวิเคราะห์พฤติกรรมมาด้วยการสังเกตเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะเชิงระบบ

ควรพัฒนาระบบ Tutorial ที่แนะนำวิธีเล่นตั้งแต่เริ่มเกม และเพิ่มระบบ Level of Detail (LOD) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเกมบนเครื่องที่มีสเปคต่ำกว่ามาตรฐาน

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ประการได้สำเร็จ ได้แก่ 1) การพัฒนาเกมต้นแบบ *The Man Out* ด้วยเทคโนโลยี Unreal Engine 5 ซึ่งช่วยสร้างบรรยากาศ แสง และเสียงที่สมจริง ส่งผลให้ผู้เล่นเกิดอารมณ์ร่วมและประสบการณ์การเล่นที่มีประสิทธิภาพ 2) การออกแบบสภาพแวดล้อมของเกมโดยอ้างอิงจากสถานที่จริง คือ สวนหลวง ร.9 จังหวัดภูเก็ต ทำให้ผู้เล่นรู้สึกเสมือนอยู่ในสถานที่จริงและเพิ่มความสมจริงของบรรยากาศภายในเกม และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เล่นพบว่าอยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านบรรยากาศ ความสมจริงของแสงและเสียง รวมถึงระบบ Loop Gameplay ที่ช่วยกระตุ้นทักษะการสังเกตและความจำเชิงพื้นที่

แม้ว่าจะมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบแนะนำผู้เล่น (Tutorial) เพื่อช่วยให้ผู้เล่นใหม่เข้าใจรูปแบบการเล่นได้ง่ายขึ้น แต่โดยรวมแล้วผู้เล่นมีความพึงพอใจต่อเกมในระดับมาก งานวิจัยนี้จึงสามารถพัฒนาเกมต้นแบบที่มีศักยภาพทั้งในด้านเทคโนโลยีและการออกแบบเกม และสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาในการเรียนการสอนด้านการพัฒนาและออกแบบเกมต่อไปได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ที่มีความช่วยเหลือในการทดลองเล่นเกมจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- ภิเชษฐ ขาวเผือก. (2561). *การเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัลและเกม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์การศึกษาไทย.
- Brown, T. (2018). *Game design principles for immersive player experience*. New York, NY: Game Development Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York, NY: Harper & Row.
- Epic Games. (2023). Unreal Engine 5 documentation. <https://docs.unrealengine.com/5.0/>
- Gee, J. P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Hamari, J., & Koivisto, J. (2016). Why do people use gamification services? *International Journal of Information Management*, 35(4), 562–571. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.04.006>
- Isbister, K. (2016). *How games move us: Emotion by design*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Konzack, L. (2002). Computer game criticism: A method for adaptive gameplay. In *Proceedings of the Computer Games and Digital Cultures Conference* (pp. 89–98).
- Murray, J. H. (1997). *Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50(4), 258–283. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122538>
- Ryan, M. L. (2017). *Narrative as virtual reality 2: Revisiting immersion and interactivity in literature and electronic media*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Schell, J. (2008). *The art of game design: A book of lenses*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann.
- Whalen, Z. (2004). Game sound and the horror genre. In *Proceedings of the Audio Mostly Conference* (pp. 10–15).



การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5
7 พฤษภาคม พ.ศ. 2569 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ภาคผนวก

คำสั่งคณะกรรมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5

ประกาศคณะกรรมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
เรื่อง ประกาศผลรางวัลบทความวิจัยดีเด่น (Best Paper Award) ในงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ 5
(The 5th NSRU Conference on Science and Technology)



คำสั่งคณะกรรมการและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

ที่ ๐๘๖ / ๒๕๖๙

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕

ด้วย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้จัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕ (The 5th NSRU Conference on Science and Technology) เพื่อการสร้างเครือข่ายแลกเปลี่ยนองค์ความรู้จากการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเปิดโอกาสในการฝึกประสบการณ์การทำวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัยของนิสิต นักศึกษา ทั้งระดับปริญญาตรีและอุดมศึกษา รวมถึงคณาจารย์และนักวิจัย โดยได้เปิดรับบทความวิจัยทั้งในรูปแบบฉบับเต็มและบทคัดย่อที่ครอบคลุมทั้งวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในวันที่ ๗ พฤษภาคม ๒๕๖๙ เวลา ๐๙.๐๐ - ๑๕.๓๐ น. ผ่านระบบออนไลน์ ด้วยโปรแกรม Google Meet ผ่านลิงค์ <https://meet.google.com/mzx-jpjj-gzw>

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๖ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ ตามความในมาตรา ๓๘ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ แก้ไขเพิ่มเติมตามพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๕๐ มาตรา ๓๑ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ และคำสั่งมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ ๒๓๐/๒๕๖๓ เรื่อง การมอบอำนาจให้คณบดี ผู้อำนวยการสำนัก สถาบันและหัวหน้าหน่วยงานที่เรียกชื่ออย่างอื่นที่มีฐานะเทียบเท่าคณะปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี จึงแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕ ดังนี้

๑. คณะกรรมการอำนวยการ

๑.๑ อาจารย์คณินณัฐ โขติพรสีมา	ประธานกรรมการ
๑.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	รองประธานกรรมการ
๑.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิโสพิท บัวดา	กรรมการ
๑.๔ อาจารย์นารีรัตน์ บุญลักษณ์	กรรมการ
๑.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ สวัสดิ์รักษา	กรรมการ
๑.๖ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษชาติ ประเสริฐพงษ์	กรรมการ
๑.๗ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ เทียนทอง	กรรมการ
๑.๘ อาจารย์กาญจนา ยลสิริธัม	กรรมการ
๑.๙ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญญฤทธิ์ เงินคำ	กรรมการ
๑.๑๐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณีนรัตน์ น้ำจันทร์	กรรมการ
๑.๑๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภฎี คำบุญเรือง	กรรมการ
๑.๑๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธ์ระวี หมวดศรี	กรรมการ

/ ๑.๑๓ ผศ.ดร.ฤทัยรัตน์ ...

๑.๑๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทัยรัตน์ โปธิ	กรรมการ
๑.๑๔ อาจารย์เอกวิทย์ สิทธิวัช	กรรมการ
๑.๑๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาวิกรมย์ รัตนสัมฤทธิ์	กรรมการ
๑.๑๖ อาจารย์ทศพร โพธิ์เนียม	กรรมการ
๑.๑๗ นางทัศนีย์ ททรัพย์ประมวล	กรรมการและเลขานุการ
๑.๑๘ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

หน้าที่ วางแผนการจัดงานและให้คำปรึกษาแก่คณะกรรมการฝ่ายต่าง ๆ

๒. คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์

๒.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษาติ ประเสริฐพงษ์	ประธานกรรมการ
๒.๒ อาจารย์รังสิตา จันทร์หอม	รองประธานกรรมการ
๒.๓ นายอาทิตย์ แก้ววงษา	กรรมการ
๒.๔ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการ
๒.๕ นางสาวเจนจิรา เดชพงศ์	กรรมการ
๒.๖ นางสาวอัญชลี แสนสง	กรรมการ
๒.๗ นางสาวลลิตา ด้วงมหาสอน	กรรมการและเลขานุการ

- หน้าที่**
- ๑) ประชาสัมพันธ์กิจกรรม
 - ๒) จัดเตรียมเอกสารข้อมูลประชาสัมพันธ์กิจกรรม
 - ๓) จัดทำประกาศผลการแข่งขัน

๓. คณะกรรมการฝ่ายรับบทความ

๓.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	ประธานกรรมการ
๓.๒ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	รองประธานกรรมการ
๓.๓ อาจารย์กฤษณะ ชุมเพ็ชร	กรรมการ
๓.๔ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
๓.๕ นางสาวเจนจิรา เดชพงศ์	กรรมการ
๓.๖ นางสาวอัญชลี แสนสง	กรรมการ
๓.๗ นางสาวปณิตพร ฝั่งหลวง	กรรมการและเลขานุการ

- หน้าที่**
- ๑) ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของบทความ
 - ๒) ประสานงานกับผู้ส่งบทความ

**๔. คณะกรรมการประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้อง
นำเสนอผลงาน**

๔.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	ประธานกรรมการ
๔.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ สวัสดิ์รักษา	รองประธานกรรมการ
๔.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุขมณี คำบุญเรือง	กรรมการ
๔.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ เทียนทอง	กรรมการ

/ ๔.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร ...

๔.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร ศรีนพคุณ	กรรมการ
๔.๖ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษาติ ประเสริฐพงษ์	กรรมการ
๔.๗ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาริรมย์ รัตนสัมฤทธิ์	กรรมการ
๔.๘ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทัยรัตน์ โปธิ	กรรมการ
๔.๙ อาจารย์รังสิตา จันทร์หอม	กรรมการ
๔.๑๐ อาจารย์ณัฐพร มีสวัสดิ์	กรรมการ
๔.๑๑ รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวุฒิ นิยมวงษ์	กรรมการ
๔.๑๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรณู อยู่เจริญ	กรรมการ
๔.๑๓ อาจารย์กฤษณะ ชุมเพ็ชร	กรรมการ
๔.๑๔ นางสาวลิรัตน์ ดั่งมหาสอน	กรรมการและเลขานุการ
๔.๑๕ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

- หน้าที่** ๑) ประธานงานผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้อง
๒) อำนวยความสะดวกให้กับผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้อง

๕. คณะกรรมการฝ่ายประสานงานห้องนำเสนอผลงาน

๕.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ เทียนทอง	ประธานกรรมการ
๕.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุขฎิ คำบุญเรือง	รองประธานกรรมการ
๕.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชพร ศรีนพคุณ	กรรมการ
๕.๔ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษาติ ประเสริฐพงษ์	กรรมการ
๕.๕ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาริรมย์ รัตนสัมฤทธิ์	กรรมการ
๕.๖ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทัยรัตน์ โปธิ	กรรมการ
๕.๗ อาจารย์รังสิตา จันทร์หอม	กรรมการ
๕.๘ อาจารย์ณัฐพร มีสวัสดิ์	กรรมการ
๕.๙ รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวุฒิ นิยมวงษ์	กรรมการ
๕.๑๐ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรณู อยู่เจริญ	กรรมการ
๕.๑๑ อาจารย์กฤษณะ ชุมเพ็ชร	กรรมการ
๕.๑๒ นายอาทิตย์ แก้ววงษา	กรรมการ
๕.๑๓ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการ
๕.๑๔ นางสาวเจนจิรา เดชพงศ์	กรรมการ
๕.๑๕ นางสาวอัญชลี แสนสง	กรรมการ
๕.๑๖ นางสาวอรนิษา แก้วเทศ	กรรมการ
๕.๑๗ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
๕.๑๘ นายณัฐ นุชนารถ	กรรมการ
๕.๑๙ นางสาวปณิตพร ผึ้งหลวง	กรรมการ
๕.๒๐ นายศราวุธ ณะในสวรรค์	กรรมการและเลขานุการ

- หน้าที่** ๑) ประสานงานภายในห้องนำเสนอผลงาน
๒) อำนวยความสะดวกให้กับผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความและผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้อง

๖. คณะกรรมการฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ

๖.๑ อาจารย์กฤษณะ ขุมเพชร	ประธานกรรมการ
๖.๒ นายอาทิตย์ แก้ววงษา	รองประธานกรรมการ
๖.๓ นายณัฐ นุชนารถ	กรรมการ
๖.๔ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
๖.๕ นายศราวุธ ะโนสวรรณ	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ ดูแลเทคโนโลยีสารสนเทศให้เกิดความเรียบร้อยในการจัดงาน

๗. คณะกรรมการฝ่ายจัดทำ Proceedings

๗.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฤทัยรัตน์ โปธิ	ประธานกรรมการ
๗.๒ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษาทิ ประเสริฐพงษ์	รองประธานกรรมการ
๗.๓ อาจารย์กฤษณะ ขุมเพชร	กรรมการ
๗.๔ นางทัศนีย์ ทรัพย์ประมวล	กรรมการ
๗.๕ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการ
๗.๖ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
๗.๗ นางสาวเจนจิรา เดชพงศ์	กรรมการ
๗.๘ นางสาวอัญชลี แสนสง	กรรมการ
๗.๙ นางสาวลลิตา ดั่งมหาสอน	กรรมการ
๗.๑๐ นางสาวปณิตพร ฝั่งหลวง	กรรมการ
๗.๑๑ นายอาทิตย์ แก้ววงษา	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ จัดทำ Proceedings ในการประชุมวิชาการให้เกิดความเรียบร้อย

๘. คณะกรรมการฝ่ายประสานงานวารสาร

๘.๑ รองศาสตราจารย์ ดร.ชลดา เดชาเกียรติไกร อีกรณวงศ์	ประธานกรรมการ
๘.๒ รองศาสตราจารย์ ดร.นันทวุฒิ นิยมวงศ์	รองประธานกรรมการ
๘.๓ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ เทียนทอง	กรรมการ
๘.๔ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ ประสานงานการจัดทำวารสารวิชาการให้เกิดความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์

๙. คณะกรรมการฝ่ายเกียรติบัตร

๙.๑ นายอาทิตย์ แก้ววงษา	ประธานกรรมการ
๙.๒ นางสาววรรณ เวศานนทเวช	รองประธานกรรมการ
๙.๓ นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
๙.๔ นางสาวลลิตา ดั่งมหาสอน	กรรมการ
๙.๕ นายศราวุธ ะโนสวรรณ	กรรมการและเลขานุการ

หน้าที่ ประสานงานด้านรายชื่อผู้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อจัดทำวุฒิบัตร
(สำหรับผู้เข้าร่วมทุกกิจกรรม)

๑๐. คณะกรรมการฝ่ายประเมินผล

- | | |
|---|---------------------|
| ๑๐.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษาติ ประเสริฐพงษ์ | ประธานกรรมการ |
| ๑๐.๒ นายอาทิตย์ แก้ววงษา | รองประธานกรรมการ |
| ๑๐.๓ นายศิริชัย ทวีผล | กรรมการ |
| ๑๐.๔ นางสาววรรณ เวศานนทเวช | กรรมการและเลขานุการ |
- หน้าที่** ออกแบบ/จัดทำ/แจกแบบสอบถาม/ประมวลผลแบบสอบถาม และจัดทำรายงานสรุปผลการจัดกิจกรรม เพื่อเสนอต่อกรรมการบริหารของคณะ

๑๑. คณะกรรมการฝ่ายการเงินและพัสดุ

- | | |
|--|---------------------|
| ๑๑.๑ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ สวัสดิ์รักษา | ประธานกรรมการ |
| ๑๑.๒ นางทัศนีย์ ทรัพย์ประมวล | รองประธานกรรมการ |
| ๑๑.๓ นางสาวนิตร์นันท์ กุลนาพันธ์ | กรรมการ |
| ๑๑.๔ นางวีชีรี ไหมทอง | กรรมการ |
| ๑๑.๕ นางสาวลีรัตน์ ด้วงมหาสอน | กรรมการ |
| ๑๑.๖ นายศิริชัย ทวีผล | กรรมการ |
| ๑๑.๗ นางสาววรรณ เวศานนทเวช | กรรมการและเลขานุการ |

หน้าที่ อำนวยความสะดวกด้านการจัดเตรียมเอกสารสำคัญในการเบิก-จ่ายงบประมาณ เพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมต่างๆ ในเรื่องการจัดซื้อ-จัดจ้าง ดูแลและกำกับการตรวจสอบการขออนุมัติเรื่องซื้อ-จ้างให้เป็นไปด้วยความถูกต้อง เรียบร้อย และทันเวลา

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๙

(อาจารย์คณินณัฐ โขติพรสีมา)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ประกาศคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

เรื่อง ประกาศผลรางวัลบทความวิจัยดีเด่น (Best Paper Award)

ในงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕
(The 5th NSRU Conference on Science and Technology)

ด้วย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้จัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕ (The 5th NSRU Conference on Science and Technology) เพื่อการสร้างเครือข่ายแลกเปลี่ยนองค์ความรู้จากการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเปิดโอกาสในการฝึกประสบการณ์การทำวิจัยและการนำเสนอผลงานวิจัยของนิสิต นักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและอุดมศึกษา รวมถึงคณาจารย์และนักวิจัย โดยได้เปิดรับบทความวิจัยทั้งในรูปแบบฉบับเต็มและบทคัดย่อที่ครอบคลุมทั้งวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ เทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ในการนี้ คณะได้ดำเนินการจัดงานประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ครั้งที่ ๕ (The 5th NSRU Conference on Science and Technology) ในวันที่ ๗ พฤษภาคม ๒๕๖๔ ผ่านระบบออนไลน์ ด้วยโปรแกรม Google Meet และ ณ อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ (อาคาร ๑๓) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรียบร้อยแล้ว จึงประกาศผลรางวัลบทความวิจัยดีเด่น (Best Paper Award) ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ ๑ วิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์ทั่วไป)

ชื่องานวิจัย การประยุกต์ใช้โปรตีน VP26 และ inactivated *Vibrio harveyi* เพื่อกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*)
ชื่อผู้วิจัย นางสาวปัญชลิกา เดชะมาก

กลุ่มที่ ๒ คณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการข้อมูล และการสอนคณิตศาสตร์

ชื่องานวิจัย การจัดกลุ่มสมรรถนะทางการเรียนของผู้เรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล : กรณีศึกษาวิทยาลัยอาชีวศึกษาอุดรธานี
ชื่อผู้วิจัย นายธนวัตร คำสิทธิบรรณ และรองศาสตราจารย์ ดร.กริช สมกันธา

กลุ่มที่ ๓ วิทยาศาสตร์สุขภาพ อาหาร และสิ่งแวดล้อม

ชื่องานวิจัย การศึกษาและการพัฒนาอุปกรณ์ลดควันจากเตาเผากระดาษแบบเคลื่อนที่
ชื่อผู้วิจัย นายคเชนทร์ จันทร์เทศ และรองศาสตราจารย์ ดร.มาลี สันติคุณาภรณ์

/ กลุ่มที่ ๔ ...

กลุ่มที่ ๔ การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ ๕ คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

ชื่องานวิจัย การพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อคำนวณและเปรียบเทียบค่า
โดยสารรณสาธารณะในจังหวัดภูเก็ต

ชื่อผู้วิจัย นายรัฐมนตรี หลาวหล้าง รองศาสตราจารย์ ดร.พิทา จารุพูนผล และ
นายยุรนันท์ วิเศษ

จึงประกาศให้ทราบโดยทั่วกัน

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๙



(อาจารย์คณินณัฐ โขติพรสีมา)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการฝ่ายจัดทำรายงานสืบเนื่องจากงานประชุมวิชาการ (Proceedings)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อาจารย์คณินณัฐ โขติพรสีมา)	ที่ปรึกษา
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ (ผศ.ดร.ชยันต์ นันทวงศ์)	ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ฤทัยรัตน์ โพธิ	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.รักษาติ ประเสริฐพงษ์	รองประธานกรรมการ
อาจารย์กฤษณะ ชุมเพ็ชร	กรรมการ
นางทัศนีย์ ทรัพย์ประมวล	กรรมการ
นางสาววรรณ เวศานนทเวช	กรรมการ
นายศิริชัย ทวีผล	กรรมการ
นางสาวเจนจิรา เดชพงศ์	กรรมการ
นางสาวอัญชลี แสนสง	กรรมการ
นางสาวลลิตันต์ ดั่งมหาสอน	กรรมการ
นางสาวปณณพร ผึ้งหลวง	กรรมการ
นายอาทิตย์ แก้ววงษา	กรรมการและเลขานุการ

จัดทำโดย

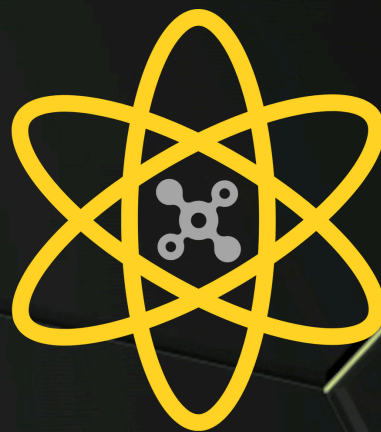
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

398 หมู่ 9 ถ.สวรรค์วิถี ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000

หมายเลขโทรศัพท์ 056-219100 ต่อ 1401 – 1404 โทรสาร 056-882531

E-Mail: science@nsru.ac.th

<https://st.nsr.ac.th>



SCITECNSRU

PROCEEDINGS

The 5th NSRU Conference on Science and Technology

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
398 หมู่ 9 ถ.สวรรค์วิถี ต.นครสวรรค์ตาก อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000
หมายเลขโทรศัพท์: 056-219100 ต่อ 1401 - 1404

[https://st.nsrุ.ac.th](https://st.nsrु.ac.th)



nsruscience

