

Journal of
Science and Technology
Buriram Rajabhat University

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์



ปีที่ 6
ฉบับที่ 2

เดือน กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

มหาวิทยาลัย
ราชภัฏบุรีรัมย์

คณะวิทยาศาสตร์
Faculty of
Science

ISSN 2774-0838 (Print)
ISSN 2774-0757 (Online)

สารบัญ

- การประยุกต์ใช้ระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดบนอุปกรณ์มือถือ.....1
กฤษกร สวามีชัย และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มชาวภูเขาไฟบ้านโคกเมืองตำบลจรเข้มาก
อำเภอประโคนชัย เพื่อพัฒนาชุมชนรองรับภัยแล้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะ
ภูมิอากาศของจังหวัดบุรีรัมย์.....19
อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา สนิท พาราษฎร์ และ พกามาศ บุตรสาสี่
- ผลของไอระเหยเอทานอลที่สะสมในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟต่อการเปลี่ยนแปลง
คุณภาพของใบชาสด.....33
ศศิมล มุ่งหมาย วัชรพงษ์ วัฒนกุล อุดลย์ อภินันท์ และ วีระเวทย์ อุทโร
- การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์.....51
อมรรัตน์ สุขจิตต์ พงษ์จิต คุ้มพนม และ กฤษกร แก้วโบราณ
- ระบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสุขภาพในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง.....63
ชนิษฐ์ มหัทธนชัย และ บุษราภรณ์ มหัทธนชัย
- การดูดซับสีย้อมไทรย้อมด้วยซิงค์ออกไซด์ที่โตนเพล็ก.....77
ทิวากร เชื้อมาก นลินี หาญเสมอ และ วิริญรัชญ์ สี้ออก
- การใช้ประโยชน์เศษขานอ้อยเหลือทิ้งสำหรับเป็นวัสดุทดแทน
เพื่อการเพาะเห็ดนางรมสีเทา.....89
เทอดเกียรติ แก้วพวง ดรสิวิน วงศ์ประเมษฐ์ สัตดาวรรณ แก้วพวง
และ ปิยะพงษ์ ยงเพชร
- ผลการปรับค่าพีเอชกับการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีโซลเจล
สำหรับการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกิจกรรมการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง.....99
จินดาพร สืบขำเพชร วีระเวทย์ พลโคกทอง วรุตม์ คุณสุกรี และ อุกฤษฏ์ นาจำปา

การประยุกต์ใช้ระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดบนอุปกรณ์มือถือ
Using of the Province's Transportation Van System on Mobile Application

กฤษฎกร สวามีชัย* และเศรษฐพงษ์ วงษ์อินทร์

Kritsador Sawarechai* and Setthapong Wong-in

สาขาวิชาวิศวกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Digital Innovation and Software Engineering Faculty of Science and Technology Valaya Alongkorn

Rajabhat University

E-Mail: paiarr24@gmail.com

Received : March 2, 2022

Revised : June 6, 2022

Accepted : July 24, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการให้บริการรวม ทั้งปัญหาของการใช้บริการของรถโดยสารสาธารณะประจำจังหวัดปราจีนบุรี และเพื่อวิเคราะห์และทำการพัฒนาระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดบนอุปกรณ์มือถือ ขั้นตอนในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการตามหลักวงจรชีวิตการพัฒนาาระบบ (System Develop Life Cycle: SDLC) โดยมีประชากรกลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาแอปพลิเคชันจำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบจำนวน 1 คน ผู้ให้บริการรถตู้จำนวน 1 คน ผู้ใช้บริการจำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบกราฟิกจำนวน 1 คน กลุ่มผู้ทดลองใช้งานจำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์มือถือ 2) แบบสอบถามการประเมินในการออกแบบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3) แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลที่ได้จากการประเมินพบว่า ประสิทธิภาพของระบบที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ดี และการประเมินคุณภาพการใช้งานโดยผู้ใช้งานระบบอยู่ในเกณฑ์ดี

คำสำคัญ: การพัฒนาระบบบนอุปกรณ์มือถือ การประเมินประสิทธิภาพของระบบรถตู้โดยสาร
โปรแกรมมือถือ การประยุกต์ใช้

ABSTRACT

Objectives of this research are to study the whole problem of using public buses in Prachinburi province and to analyze and develop the provincial van transport system on mobile devices. The researcher used the System Develop Life Cycle (SDLC) process. The sample population is The 5 experts consisted of 1 application development specialist, 1 analysis and design specialist, 1 van operator, 1 service user, 1 graphic design specialist, and a trial group. 100 people. The tools used in this research consisted of 1) Applications on mobile devices 2) Assessment questionnaire in system design by experts 3) User satisfaction assessment questionnaire. It uses statistics such as percentage, mean, and standard deviation for analysis. The results showed that the performance of the system assessed by experts was good and the evaluation of usage performance by real users is good.

Keywords: Mobile Application Development, Province's Transportation Van System evaluation, Mobile App, Application

บทนำ

เนื่องจากคณะรัฐมนตรี ได้เห็นชอบกฎกระทรวงรถยนต์รับจ้างผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. 2564 และมีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 23 มิถุนายน 2564 โดยสาระสำคัญเพื่อเป็นทางเลือกในการเดินทาง เพิ่มช่องทางในการสร้างรายได้ให้กับประชาชน นำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้คุ้มค่า เกิดประโยชน์ตามแนวทาง เศรษฐกิจแบ่งปัน (Sharing Economy) และเพื่อให้สามารถควบคุม กำกับดูแลการให้บริการให้เกิดความปลอดภัยและเป็นธรรม ปัจจุบันอยู่ระหว่างการให้เอกชนขอรับรองแอปพลิเคชันของรถยนต์รับจ้างผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์ (กรมการขนส่งทางบก, 2564) โดยจากรายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2563 รถโดยสารประจำทาง มีจำนวนทั้งสิ้น 68,758 คัน ส่วนใหญ่เป็นรถที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ เป็นร้อยละ 64.83 รองลงมาคือ รถตู้ปรับอากาศ และรถปรับอากาศ ชั้น 2 คิดเป็นร้อยละ 17.14 และ 10.18 ตามลำดับ (กรมการขนส่งทางบก กองแผนงานกลุ่มสถิติ การขนส่ง, 2563) จากอัตราการใช้รถตู้โดยสารสาธารณะช่วงเช้า 10.04 คน/วัน ช่วงเย็น 10.24 คน/วัน (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559) ทำให้การใช้รถตู้โดยสารสาธารณะถูกใช้ทุกวัน ประกอบกับการพัฒนาทางเทคโนโลยีดิจิทัลในปัจจุบันจึงเป็นแหล่งองค์ความรู้ในการพัฒนาเครื่องมือหรือโปรแกรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการขนส่งให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นต่อการใช้งาน

ปัจจุบันการเดินทางสัญจรจากปราจีนบุรีไปกรุงเทพโดยการใช้บริการขนส่งสาธารณะมี 2 วิธี ได้แก่ รถตู้ประจำทางและรถไฟ รถตู้ที่ผู้วิจัยขึ้นประจำคือรถตู้สาย กรุงเทพ - องค์กรักษ์ - ปราจีนบุรี จากการสำรวจพบว่า ผู้ที่ใช้บริการขนส่งสาธารณะไม่สามารถตรวจสอบเวลาที่รถจะมาถึง ณ จุดของผู้โดยสารเวลาใด จึงทำให้ผู้ขับรถต้องติดตามผู้โดยสารโดยการโทรศัพท์เพื่อให้เตรียมตัวรอ ณ จุดจอดก่อนเวลา เนื่องจากผู้โดยสารบางส่วนไม่ทราบเวลาที่รถจะมาถึงจุดจอด จึงก่อให้เกิดการมาถึงจุดจอดช้ากว่ากำหนด ทำให้เวลารถออกเกิดการคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้โดยสารบางส่วนมารอที่จุดจอดรถก่อนเวลา ซึ่งทำให้เกิดการรอเป็นระยะเวลาประมาณหนึ่ง ระบบการให้บริการดังกล่าวไม่ทันสมัยและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการในยุคดิจิทัล การแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยพัฒนาเทคโนโลยีหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมบนมือถือขึ้นจะสามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวได้

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยได้พัฒนาระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด เพื่อสนับสนุนการบริการรถตู้โดยสารให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ ผู้โดยสารที่ใช้งานแอปพลิเคชันจะสามารถดูเวลาในการที่รถมาถึงตำแหน่งจอดหรือตำแหน่งที่นัดหมาย และสามารถตรวจสอบความจุของที่นั่งเพื่อทราบว่างรถเต็มหรือไม่ ผ่านแอปพลิเคชันและช่วยให้ผู้ขับรถสามารถตรวจสอบว่าผู้โดยสารวางตำแหน่งที่ตั้งในการรอตำแหน่งใด ทำให้สามารถรับได้ตรงตำแหน่งมากที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การออกแบบรูปแบบการให้บริการรถโดยสารสาธารณะ
2. เพื่อพัฒนาระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดบนอุปกรณ์มือถือ
3. เพื่อประเมินต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ
4. เพื่อประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดโดยผู้ใช้งาน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design)

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสร้างระบบสารสนเทศขึ้นมาใหม่ในธุรกิจใดธุรกิจหนึ่ง หรือในระบบย่อยของธุรกิจ นอกจากการสร้างระบบสารสนเทศใหม่แล้วการวิเคราะห์ระบบช่วยในการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นด้วยก็ได้ การวิเคราะห์ระบบคือ การหาความต้องการ (Requirements) ของระบบสารสนเทศว่าคืออะไร หรือต้องการเพิ่มเติมอะไรเข้ามาในระบบ (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560)

2. Mobile Application

Mobile Application เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ โดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังสนับสนุนให้ผู้ใช้โทรศัพท์ที่ได้ใช้อย่างยิ่งขึ้น ปัจจุบันหลายธุรกิจได้เข้าไปพัฒนา Mobile Application เพื่อเพิ่มช่องทางการสื่อสารกับลูกค้ามากขึ้น ตัวอย่าง Application Facebook ที่สามารถแชร์เรื่องราวต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความรู้สึก สถานที่ รูปภาพ ผ่านทางแอปพลิเคชันได้โดยตรงไม่ต้องเข้าเว็บเบราว์เซอร์ (พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, 2559) แอปพลิเคชันที่ออกแบบพัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นรูปแบบเนทีฟแอปพลิเคชัน (Native Application) ที่พัฒนาขึ้นด้วยชุดคำสั่งเพื่อเอาไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันของ OS Mobile นั้นโดยเฉพาะ ข้อดีคือผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้ง่าย จาก Google Play หรือ Apple's App Store รวมถึงการทำงานแบบไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในบางแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ใช้งานสะดวก (อภิศักดิ์ อัจฉรินทร์, 2557)

3. Android Studio

การพัฒนา Android Apps โดยอาศัยโปรแกรม Android Studio มีหลายสิ่งหลายอย่างเปลี่ยนแปลงไปมากพอสมควร ไม่ว่าจะเป็นตัวโปรแกรมที่ถูกเพิ่มเติมฟีเจอร์ต่าง ๆ มากมาย, ความก้าวหน้าทางตัวภาษา JAVA และยังรวมไปถึงรายการ widget มีทั้งที่ยังใช้งานได้ต่อไป และบางส่วนถูกกำหนดให้อยู่ในสถานะล้าสมัย (Legacy หรือ Deprecated) ไปแล้วเพื่อพัฒนา Android Apps ในยุคใหม่มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบัน Google กำหนดภาษาให้ใช้ภาษา JAVA หรือภาษา Kotlin เป็น 2 ภาษาหลักของการพัฒนา Android Apps ด้วยโปรแกรม Android Studio (ศุภชัย สมพานิช, 2562)

4. SQLite

Android กับ SQLite Database การเขียนแอนดรอยด์เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลของ SQLite Android กับ SQLite Database ฐานข้อมูล SQLite เป็น Database ขนาดเล็กที่ได้รับความนิยมอย่างมากกับ Application ที่ทำงานบน Smart Phone ประเภทต่าง ๆ รูปแบบการทำงานของ SQLite เป็นแบบ Standalone ทำงานอยู่ใน Application นั้น ๆ SQLite มีโครงสร้างง่ายต่อการจัดเก็บและนำไปใช้ และไฟล์ที่จัดเก็บนั้นก็มีความเล็กมาก เกือบเท่ากับการเก็บข้อมูลจริง เพราะฉะนั้น SQLite Database จึงเหมาะสมกับ Application ที่ทำงานบน Smartphone อย่างยิ่ง โดยเฉพาะ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้าน Hardware และ Memory รวมทั้งความสามารถในการ Process ข้อมูลต่าง ๆ ใน Smartphone ย่อมน้อยกว่า PC Desktop เป็นธรรมดาสำหรับ SQLite ถูกนำไปใช้กับ OS ที่ทำงานอยู่ใน Smartphone หลายตัวเช่น Windows Phone , iOS ของ Apple , Symbian หรือแม้กระทั่ง Android ก็สามารถนำ SQLite Database มาใช้ร่วมกับการจัดเก็บข้อมูลได้เช่นเดียวกัน (ThaiCreate Team, 2559)

5. องค์ประกอบการจัดการธุรกิจขนส่งมวลชนอัจฉริยะของภาคเอกชนในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล : การศึกษาทฤษฎีฐานราก

ระบบแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 10 องค์ประกอบ ดังนี้

5.1 ด้านปัจจัยนำเข้า ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ดังนี้

5.1.1 องค์ประกอบหลักด้านข้อกำหนด (specification)

5.1.2 องค์ประกอบหลักด้านแผนการดำเนินงาน (plan)

5.2 ด้านกระบวนการ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

5.2.1 องค์ประกอบหลักด้านกระบวนการ พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนธุรกิจ (information technology for business support)

5.2.2 องค์ประกอบหลักด้านกระบวนการ สร้างความปลอดภัย (safety)

5.2.3 องค์ประกอบหลักด้านกระบวนการ สร้างความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (environment friendly)

5.2.4 องค์ประกอบหลักด้านกระบวนการ พัฒนาคุณภาพการให้บริการ (service quality)

5.3 ด้านผลลัพธ์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

5.3.1 องค์ประกอบหลักด้านความสะดวก (convenience)

5.3.2 องค์ประกอบหลักด้านความเป็นเมือง (urbanisation)

5.3.3 องค์ประกอบหลักด้านความยั่งยืน (sustainability)

5.3.4 องค์ประกอบหลักด้านข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) (นิศาชล รัตนมณี, ธนินท์รัฐรัตนพงษ์ภิญโญ และสรวรรยา ธรรมอภิพล, 2564)

6. แผนภาพสวิมเลน (Swim Lane Diagram)

ในปี 1990 Geary Rummler และ Alan Brache ได้นำเสนอแผนภาพสวิมเลน ที่บางครั้งเรียกว่าไดอะแกรม Rummler-Brache โดยการเขียนด้วย Microsoft Office Visio จะเรียกว่าไดอะแกรมข้ามสายงาน ในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คำว่า swimlane ยังปรากฏใน JBoss Process Definition Language ที่แสดงให้เห็นถึง ความพยายามในการแก้ปัญหาทางธุรกิจที่ต่อเนื่องด้วยความชัดเจนของกระบวนการและความรับผิดชอบของผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งนำไปสู่การใช้งานที่เป็นที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน (Lucidchart, 2565) โดยการเขียนผังงานเป็นการบันทึก ถ่ายทอด สื่อสาร ขั้นตอนการทำงานระหว่างบุคคลหรือหน่วยงาน ทำให้ผู้ปฏิบัติเห็นกระบวนการในภาพรวม สะดวกต่อการพิจารณาลำดับขั้นตอนในการทำงาน การตรวจสอบความถูกต้อง และการปรับปรุงขั้นตอนของกระบวนการอย่างเป็นระบบ และการเขียน Flow แบบ แผนภาพสวิมเลนทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เห็นบทบาทหน้าที่ของแต่ละส่วนงานอย่างชัดเจน

7. Unified Modeling Language (UML)

Unified Modeling Language หรือ UML เป็นภาษาที่ใช้ในการกำหนด สร้างภาพ พัฒนา และเป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ และตัวแบบทางธุรกิจ UML เป็นแผนภาพสำหรับการสร้างตัวแบบเชิงวัตถุ ซึ่งเริ่มพัฒนาโดย Booch และ Rumbaugh ในปี ค.ศ. 1994 เพื่อพัฒนาแผนภาพจากกระบวนการพัฒนาระบบเชิงวัตถุที่เป็น ที่นิยมในขณะนั้น 2 กระบวนการคือ Booch และ OMT (Object Modeling Technique) อีก 2 ปี ถัดมา Jacobson เจ้าของกระบวนการเชิงวัตถุ Objectory ได้เข้าร่วมงาน และในที่สุด UML ก็ถูกยอมรับและปรับให้เป็นมาตรฐานโดย OMG (Object Management Group) ซึ่งเป็นสถาบันที่เน้นการสร้างมาตรฐานของวิธีการเชิงวัตถุ ในปี ค.ศ. 1997 ปัจจุบันมีการพัฒนา UML ไปจนถึงเวอร์ชัน 2 (OMG, 2560) หรือเรียกโดยย่อว่า UML2 โดยมีบริษัทผลิตซอฟต์แวร์มาร่วมสนับสนุนการวิจัยจำนวนมาก

วิธีดำเนินงานวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันและผู้ทดลองใช้งาน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านพัฒนาแอปพลิเคชันจำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบจำนวน 1 คน ผู้ให้บริการรถตู้จำนวน 1 คน ผู้ใช้บริการจำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบกราฟิกจำนวน 1 คน กลุ่มผู้ทดลองใช้งาน โดยให้กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 100 คน ได้ทดลองใช้งานและทำการประเมินความพึงพอใจผ่านระบบการประเมินบนอุปกรณ์มือถือ

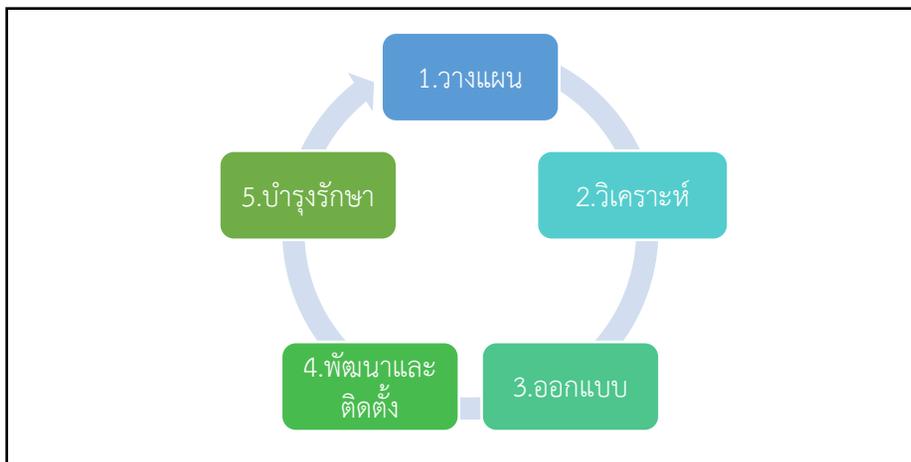
เครื่องมือการวิจัย

1. แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์มือถือ การขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด
2. แบบสอบถามการประเมิน ในการออกแบบระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด โดยผู้เชี่ยวชาญ
3. แบบสอบถามการประเมินความพึงพอใจ ของผู้ใช้งานระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด ซึ่งอยู่ในรูปแบบการประเมินผ่านระบบประเมินบนระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการดำเนินการพัฒนาระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด มีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) วงจรการพัฒนาระบบ คือ

กระบวนการทางความคิดในการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อแก้ปัญหาทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้โดยมีระยะการทำงานสำคัญอยู่ 5 ระยะ ดังนี้ (กิตติ ภัคตีวัฒน์กุล, 2551)



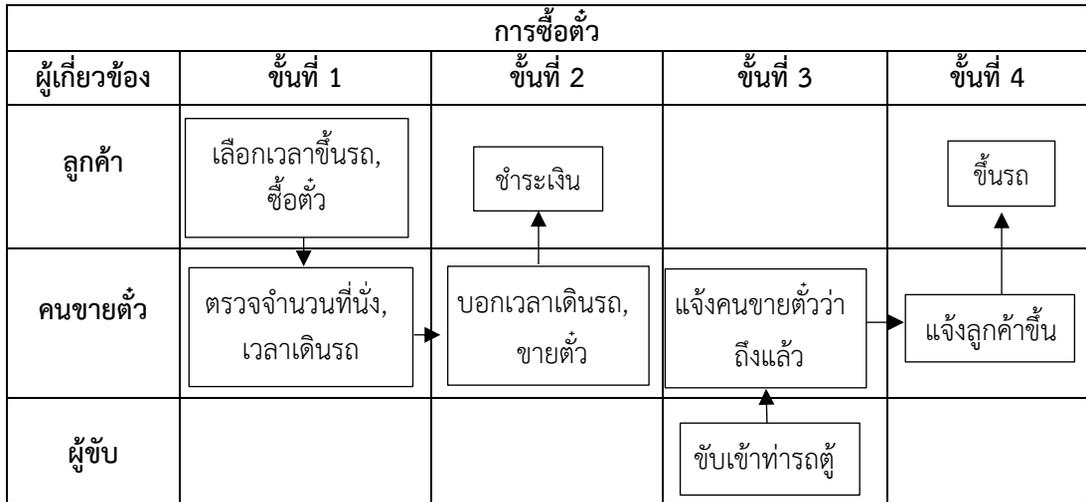
ภาพประกอบ 1 การพัฒนาระบบโดยวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC)

จากภาพประกอบ 1 เป็นวงจรการพัฒนาระบบ ที่มี 5 ระยะ โดยระยะที่ 1 การวางแผนโครงการ Project Planning Phase ระยะที่ 2 การวิเคราะห์ Analysis Phase ระยะที่ 3 การออกแบบ Design Phase ระยะที่ 4 การพัฒนาและติดตั้ง Implementation Phase ระยะที่ 5 การบำรุงรักษา Maintenance Phase (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560)

1. การวางแผน (Planning Phase) ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบขนส่งรถตู้โดยสารสาธารณะโดยการเปรียบเทียบระบบปัจจุบันและต้นแบบระบบ จากการรวบรวมปัญหา จากการใช้บริการรถตู้สาย กรุงเทพ - องค์กรักษ์ - ปราจีนบุรี พบว่า

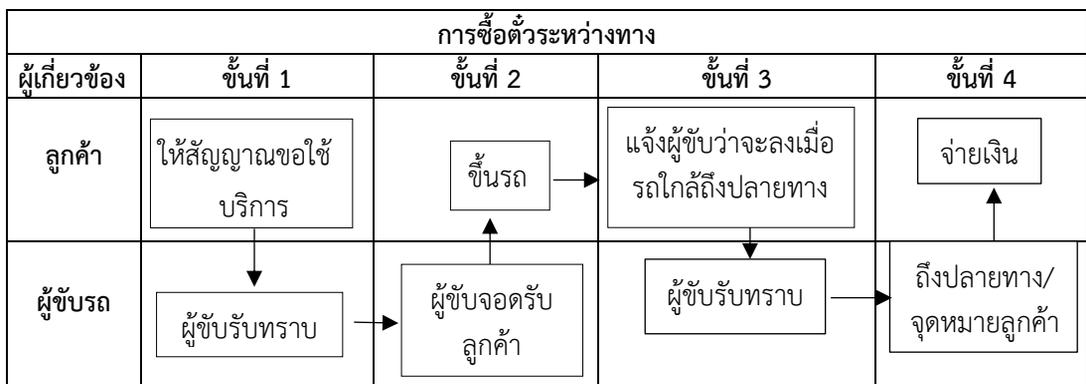
- 1.1 การซื้อตั๋วต้องซื้อหรือโทรจองกับผู้ขายตัวและคนขับเท่านั้น
- 1.2 รถตู้ล่าช้าเพราะรอผู้โดยสาร
- 1.3 ผู้ขับรถไม่มีความปลอดภัยในการขับรถ

โดยการทำระบบปัจจุบันในรูปแบบแผนภาพสวิตช์และยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram) เมื่อทราบปัญหาผู้จัดทำได้สร้างระบบปัจจุบัน โดยการแสดงในรูปแบบแผนภาพสวิตช์ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 แผนภาพสวิมเลนระบบปัจจุบันการซื้อตั๋วแบบจ่ายกับคนขาย

จากภาพประกอบ 2 ผู้ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ลูกค้า คนขายตั๋ว คนขับรถ จะเห็นว่าการซื้อขั้นที่ 1 ผู้ซื้อจะซื้อและตรวจสอบว่ารถจะออกเดินทางเวลาใด และทราบว่ารถที่จะไปเต็มหรือไม่ โดยที่คนขายตั๋ว จะตรวจสอบว่า มีคนขึ้นรถรอบดังกล่าวจำนวนกี่คน ถ้าที่นั่งเต็มจะให้รอขึ้นรถคิวถัดไปเมื่อถึงขั้นที่ 2 จะเป็นการบอกเวลาเมื่อลูกค้าตกลงว่าจะซื้อเวลานี้ที่มีคนว่าง คนขายตั๋วจะทำการฉีกตั๋วและจ่ายเงิน แต่มีข้อแม้ว่าซื้อแล้วไม่รับคืน เมื่อเสร็จสิ้นจากการขายตั๋วจะให้ลูกค้ารอรถที่กำลังจะมาถึงชั่วโมงละ 1 คัน ขั้นที่ 3 เมื่อรถตู้มาถึงจึงแจ้งผู้ขายตั๋วว่ารถถึงแล้วจึงจะเข้าขั้นตอนสุดท้ายคือ 4 แจ้งลูกค้าให้ขึ้นรถรอเวลาออกอีก 20 นาทีจึงจะทำการส่งลูกค้าที่รังสิต - หมอชิต 2 หรือปลายทางที่ลูกค้าแจ้งคนขับ



ภาพประกอบ 3 แผนภาพสวิมเลนระบบปัจจุบันการซื้อตั๋วแบบจ่ายกับคนขับ

จากภาพประกอบ 3 ผู้เกี่ยวข้องประกอบด้วย ลูกค้า คนขับ เนื่องจากการขับรถตามทางที่ขับ จะมีลูกค้าที่เรียกรถตามศาลารอรถโดยสารจอดรับคนขึ้นลง ชั้นที่ 1 เมื่อลูกค้าให้สัญญาณต้องการขึ้นรถ เพื่อใช้บริการไปยังจุดหมายตามทางข้างหน้าที่รถจะไป ชั้นที่ 2 คนขับจะจอดให้ขึ้นรถถ้ารถว่าง แต่ถ้าไม่ว่างจะไม่จอดและให้สัญญาณกับลูกค้า ชั้นที่ 3 เมื่อถึงตำแหน่งของลูกค้าคือการแจ้งคนขับ ว่าถึงจุดหมายแล้วให้จอด ชั้นที่ 4 เมื่อถึงจุดหมายลูกค้าทำการจ่ายเงิน

2. การวิเคราะห์ (Analysis Phase) จากระบบปัจจุบันทำให้ลูกค้าเกิดปัญหาหลักคือ ลูกค้า หรือผู้โดยสารต้องรอรถผู้เป็นเวลานาน และไม่ทราบเวลาที่รถผู้จะมาถึงสถานีเวลาใด โดยการศึกษา ระบบปัจจุบันโดยใช้การออกแบบยูสเคส โดยใช้การเปรียบเทียบการทำงานหรือฟังก์ชันของระบบ ปัจจุบันและระบบใหม่ (อชฎาพร ทรัพย์สมบูรณ์, 2554)

3. การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบระบบเพื่อให้สอดคล้องกับ ความต้องการของผู้ใช้งานระบบ โดยตัดสินใจเลือกฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ออกแบบ ฐานข้อมูลการแสดงผลบนหน้าจอให้มีความสอดคล้องกันของข้อมูลระบบ

4. การพัฒนาและติดตั้ง (Implementation) ทำการสร้างต้นแบบระบบขนส่งรถผู้โดยสาร สายประจำจังหวัดโดยใช้โปรแกรม Draw.io 1) สร้างระบบปัจจุบันในรูปแบบแผนภาพสวิตมเลน 2) สร้างยูสเคสไดอะแกรมเพื่อแจกแจงระบบที่พัฒนาขึ้น 3) สร้างคลาสไดอะแกรม (Class Diagram) ที่เกี่ยวข้องกับระบบที่ใช้พัฒนา 4) ออกแบบหน้าจอเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้โดยให้ ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมิน 5) เก็บความต้องการเพิ่มโดยการทดลองใช้งานโดยผู้ใช้งาน

5. การบำรุงรักษา (Maintenance) จากการออกแบบระบบการขนส่งรถผู้โดยสาร ต่างจังหวัด ได้มีการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ ด้านพัฒนาแอปพลิเคชันจำนวน 1 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบจำนวน 1 คน ผู้ให้บริการรถผู้จำนวน 1 คน ผู้ใช้บริการจำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบกราฟิกจำนวน 1 คน ได้นำผลการประเมินมาปรับปรุงระบบในส่วนของข้อมูลให้มีเที่ยงตรงและถูกต้อง โดยมีการ ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยผู้ทดลองใช้งานจำนวน 100 คน มาเก็บเป็นข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อปรับปรุงให้ตรงตามความต้องการและใช้งานง่าย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับที่ดีที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับดี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับปรับปรุง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับปรับปรุงมากที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด

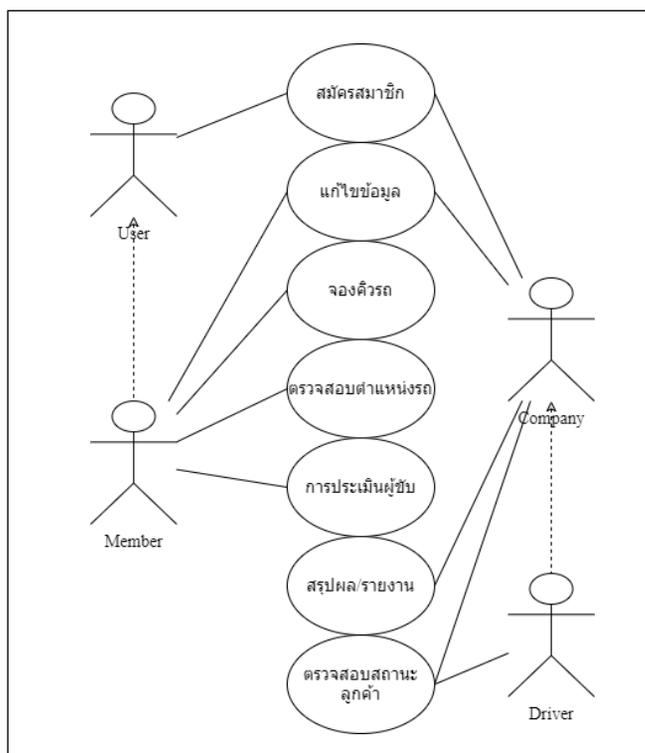
1.1 ผลการศึกษาถึงปัญหา พบว่า 1) การจองตั๋วรถตู้โดยสารต้องซื้อจากผู้ขายตัวเท่านั้น จึงทำให้ไม่มีความหลากหลายในการจอง 2) การจองของผู้โดยสารตามรายทางสามารถจองได้แค่วิธีเดียวคือ โทรจองกับผู้ขายตัวว่าจะให้มารับตรงตำแหน่งไหน ต่อมาผู้ขายตัวจะแจ้งให้ผู้ขับรถทราบ และรับเบอร์โทร เพื่อติดต่อสื่อสารกับผู้โดยสาร จึงทำให้วิธีนี้ผู้โดยสารต้องมารอรถ เพราะไม่รู้เวลา ของรถที่จะมารับถึงเวลาไหน 3) ผู้โดยสารที่ไม่ได้มีการจองจากผู้ขายตัวจะต้องมายืนรอรถเป็นระยะเวลาานานโดยที่ผู้โดยสารไม่รู้ว่าจะมาตอนไหน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำสมาร์ทโฟน ที่มีผู้คนมติดัดตัวนำมาใช้กับการจองรถโดยสาร เพื่อเพิ่มความสะดวกในการจองและสามารถรู้เวลาที่รถโดยสารจะมาถึงได้เมื่อไหร่ เพื่อเตรียมตัวออกมารอได้ทันเวลา เพื่อแก้ปัญหาการที่ผู้โดยสารต้องรอนาน หรือ ผู้ขับรถต้องรอผู้โดยสารที่ได้โทรจองเป็นเวลานาน

1.2 ผลการวางแผนการพัฒนาระบบ หลังจากผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบต้นแบบของการจองตัวโดยสารสายประจำจังหวัด เพื่อวางแผนพัฒนาระบบแอปพลิเคชันวางแผนการทำงานของระบบ กำหนดขั้นตอนและตำแหน่งที่รถจะผ่านในการปฏิบัติงาน มีการพัฒนาออกเป็นระบบได้ 7 ระบบ ได้แก่ ระบบสมัครสมาชิก ระบบแก้ไขข้อมูล ระบบจองคิว ระบบตรวจสอบตำแหน่งรถ ระบบประเมินผู้ขับ ระบบสรุปรายงาน ระบบตรวจสอบสถานะลูกค้า แล้วทำการพัฒนาระบบไปที่ละส่วน จากนั้นจึงนำมารวมกันเป็นแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด เพื่อการแก้ไขปัญหาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อผู้ใช้งานด้านผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ

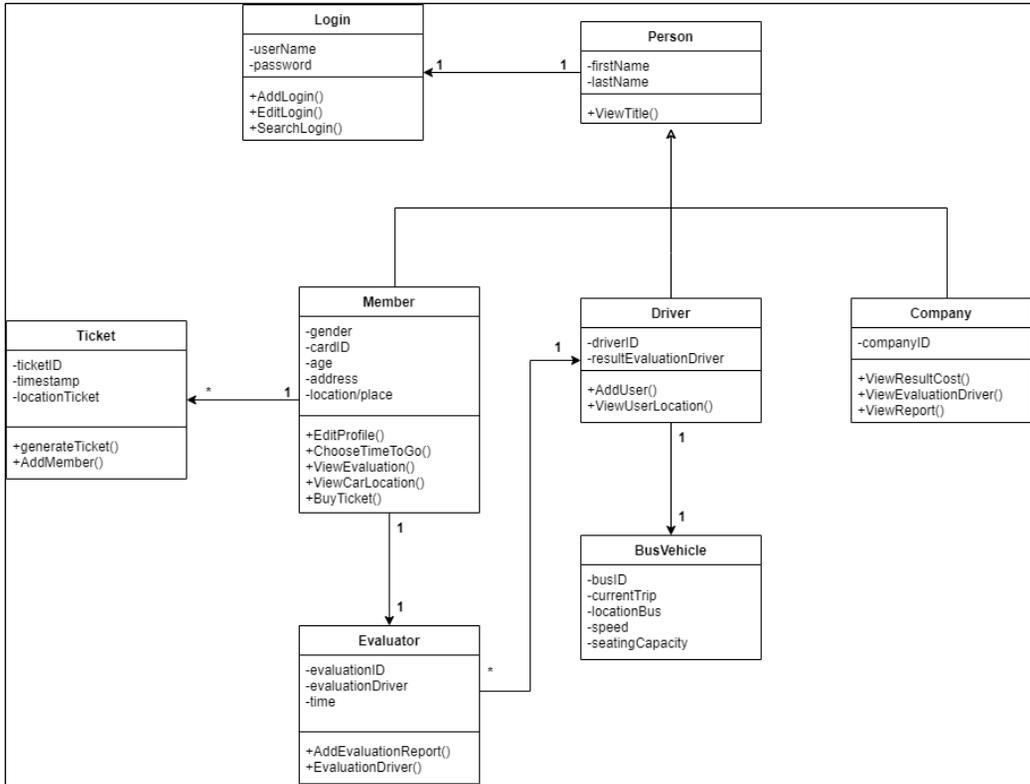
1.3 ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยตารางที่ 1 ที่แสดงถึงจากการทำงานของระบบปัจจุบันที่ทำให้ลูกค้าเกิดปัญหาหลักคือ ลูกค้าหรือผู้โดยสารต้องรอรถตู้เป็นเวลานาน และไม่ทราบเวลาที่รถตู้จะมาถึงสถานีเวลาใด จึงวิเคราะห์ระบบโดยใช้การออกแบบยูสเคสและคลาสไดอะแกรม ผลแสดงดังรูปภาพประกอบ 3 และภาพประกอบ 5

ตารางที่ 1 การทำงานของระบบปัจจุบันและระบบใหม่เปรียบเทียบบังตารางต่อไปนี้

การทำงาน/ฟังก์ชันของการใช้บริการรถตู้	
ระบบปัจจุบัน	ระบบที่พัฒนาขึ้น
1. สอบถามเวลาการเดินทาง	1. สมัครสมาชิก
2. ติดต่อตัวกับผู้ขายตัว/โทรจอง	2. แก้ไขข้อมูล
3. ชำระเงินสด	3. จองคิวรถ
4. ขึ้นรถ	4. ตรวจสอบตำแหน่งรถ
5. ถึงจุดหมาย/ชำระเงิน (สำหรับผู้ขึ้นรายทาง)	5. ประเมินคนขับรถ
6. ลงรถ	6. สรุป/รายงาน
	7. ตรวจสอบสถานะลูกค้า



ภาพประกอบ 4 ยูสเคสไดอะแกรมการพัฒนาระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด



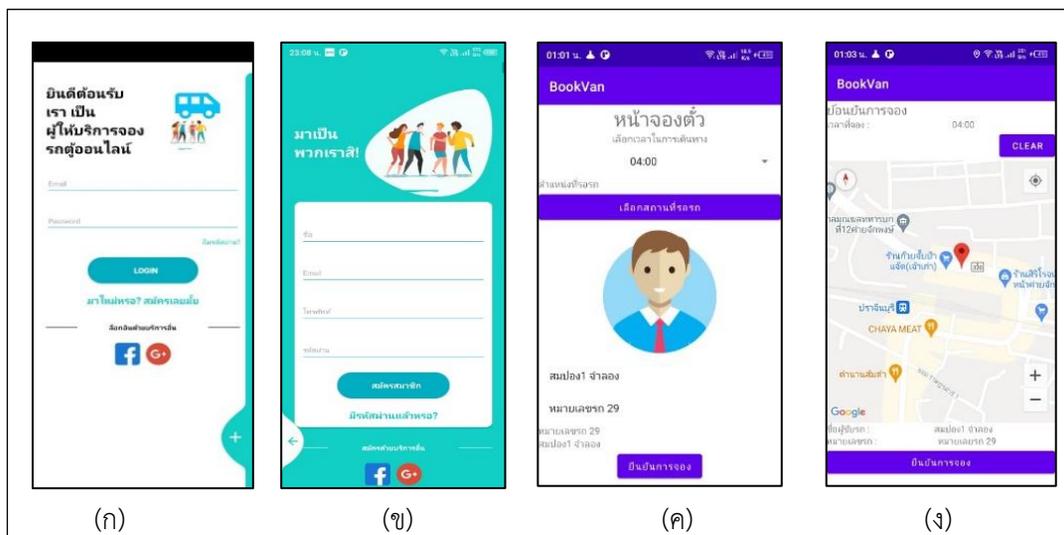
ภาพประกอบ 5 คลาสไดอะแกรมการพัฒนาต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด

จากภาพประกอบ 5 คลาสไดอะแกรม การพัฒนาต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด ประกอบไปด้วย การเข้าสู่ระบบ (Login) คือ การเข้าใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น ผู้ใช้ทั่วไป (Person) คือ ผู้ใช้ที่สามารถสมัครสมาชิกหรือเลือกเข้าสู่ระบบถ้ามีรหัสผ่านก่อนแล้ว สมาชิก (Member) คือ บุคคลที่ได้ทำการสมัครสามารถเข้าสู่หน้าหลักได้ คนขับรถ (Driver) คือ ผู้ให้บริการขนส่งสาธารณะที่สามารถติดต่อสมาชิกจากการจองได้ บริษัท (Company) คือ เจ้าของระบบที่สามารถดูรายงานของการทำงานรายวันได้ ตั๋ว (Ticket) คือ สิ่งที่มีผู้สมัครได้ทำการตกลงหรือจอง การประเมิน (Evaluator) คือ สิ่งที่มีผู้ใช้งานระบบหรือผู้ให้บริการประเมินให้ระบบและคนขับรถ รถตู้ (Bus Vehicle) คือพาหนะในการรับส่งผู้โดยสาร เป็นต้น

2. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด

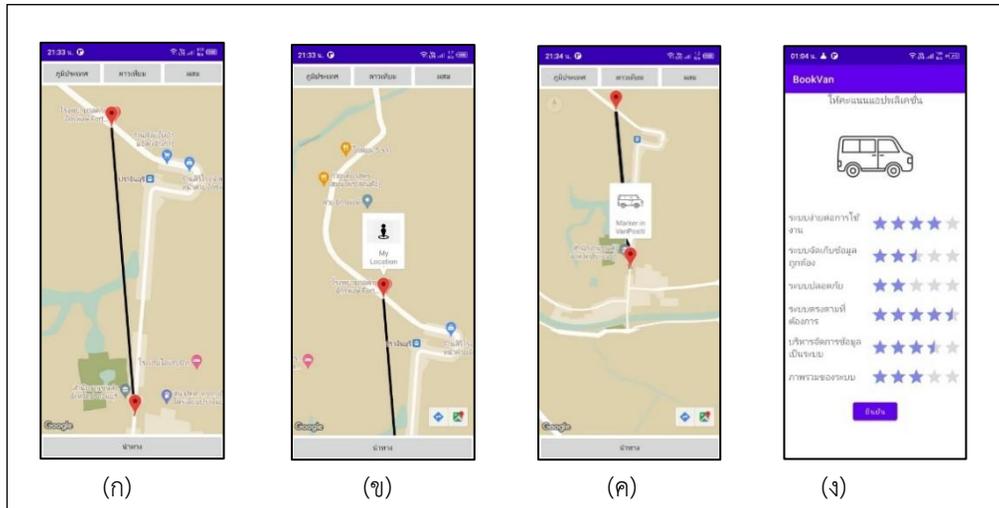
การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยนำเสนอในรูปแบบแอปพลิเคชันเพื่อให้สามารถจองตั๋วได้ทุกที่แบบออนไลน์ โดยเลือกเครื่องมือ

ในการพัฒนาระบบคือภาษา JAVA เป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาร่วมกับฐานข้อมูลด้วย SQLite และยังใช้การพัฒนา หน้าจอหรือ UX/UI ด้วยโปรแกรม Android Studio โดยมีฟังก์ชันหลักคือการจองและการติดตามสถานะของรถ โดยมีผลการวิจัยดังภาพประกอบ 6-7 นำไปให้ผู้ใช้ทดลองใช้งาน



ภาพประกอบ 6 แสดงผลหน้าจอในการใช้งานระบบแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด

จากภาพประกอบ 6 (ก) เป็นการเข้าสู่ระบบของผู้ใช้งานทุกระดับ เช่น สมาชิก ผู้ขับรถ และผู้ดูแลระบบ เพื่อใช้งานและเมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จจะทำการแยกประเภทและนำไปสู่หน้าหลักของแต่ละระดับการใช้งาน โดยภาพประกอบ 6 (ข) แสดงถึงการลงทะเบียนผู้ใช้งานระดับสมาชิก เพื่อบันทึกการใช้งานและข้อเสนอแนะในการใช้บริการส่วนลดอื่น ๆ และเมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จผู้ใช้งานทั่วไปจะสามารถจองรถและที่นั่งผ่านระบบการเลือกรถและเวลาในการเดินทาง ดังภาพประกอบ 6 (ค) และภาพประกอบ 6 (ง) แสดงถึงเมื่อทำการเลือกเวลาเดินทางแล้วจะต้องเลือกสถานที่ในการจอดรถ เพื่อให้ผู้ขับรถ ได้ทราบและสามารถรับผู้โดยสารได้ตรงจุดผ่านการปักหมุด



ภาพประกอบ 7 แสดงผลหน้าจอกการทำงานของแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด

จากภาพประกอบ 7 (ก) แสดงถึงระยะทางที่ห่างจากรถตู้โดยสารและตัวผู้ใช้ได้ทำการจองรถรอบนั้น ๆ และสามารถทราบระยะทางที่ห่างจากรถตู้โดยสารและทราบระยะเวลาในการที่รถโดยสารจะมาถึงขณะจุดปักหมุด การแสดงถึงหมุดที่ผู้โดยสารทำการจองรถและปักหมุดรถจะปรากฏดังภาพประกอบ 7 (ข) โดยภาพประกอบ 7 (ค) แสดงถึงตำแหน่งของรถโดยสารที่ได้ทำการจองไว้ และภาพประกอบ 7 (ง) แสดงผลหน้าจอกการประเมินของแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด ซึ่งจะมีการประเมิน 6 ด้าน ได้แก่ ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ ด้านความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล ด้านความปลอดภัยของระบบ ด้านความสามารถของระบบตรงตามความต้องการ ด้านความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ และด้านบริหารจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ

3. ผลการประเมินต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการประเมินต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ด้านการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.20 รองลงมาคือ ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งานของระบบ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00 และด้านประสิทธิผลของระบบ ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.70 ตามลำดับ (กฤษฎกร สวามีชัย, 2564) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินในการออกแบบระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัดโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความเห็น
ด้านประสิทธิผลของระบบ			
1. ประเมินความต้องการของผู้ใช้ได้ถูกต้อง	4.20	0.84	มาก
2. คุณลักษณะของการจองและส่วนประกอบการจองได้ถูกต้อง	3.80	0.84	มาก
3. ระบบเหมาะสมต่อการจองรถตู้	3.40	0.55	ปานกลาง
4. ระบบมีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้ถูกต้อง	3.40	0.55	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	3.70	0.69	มาก
ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งานของระบบ			
5. ระบบมีการประเมินกรณีของผู้ขับให้เป็นไปตามมาตรฐาน	3.80	0.84	มาก
6. ระบบมีกระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องในการแสดงตำแหน่งของผู้ใช้และตำแหน่งรถตู้	4.20	0.84	มาก
7. ระบบสามารถบอกจำนวนของผู้จองรถตู้ได้ถูกต้อง	4.00	0.00	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.00	0.56	มาก
ด้านการใช้งานระบบ			
8. ระบบมีรูปแบบการจัดองค์ประกอบที่ชัดเจนและใช้งานง่าย	4.40	0.55	มากที่สุด
9. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน ถูกต้อง เหมาะสมทำให้ผู้ใช้เข้าใจง่าย	4.40	0.55	มากที่สุด
10. ระบบมีสีสันทัดใ้สบายตา	4.00	0.71	มาก
11. รูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้ามีความสอดคล้องกันทั้งหน้าจอทำให้ง่ายต่อการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด
12. ขนาดของรูปภาพและข้อความมีการแสดงผลที่ชัดเจนเหมาะสม	4.20	0.45	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.20	0.56	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมของทุกด้าน	4.03	0.60	มาก

4. ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัดโดยผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานของระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัดโดยผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	\bar{x}	S.D.	ระดับ ความเห็น
1. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.54	0.50	ดีที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล	3.01	0.81	ปานกลาง
3. ด้านความปลอดภัยของระบบ	3.37	1.14	ปานกลาง
4. ด้านความสามารถของระบบตรงตามความต้องการ	4.47	0.50	ดีที่สุด
5. ด้านความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ	3.97	0.85	ดี
6. ด้านบริหารจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ	3.54	1.13	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยรวมของทุกด้าน	3.85	0.82	ดี

จากตารางที่ 4 ผลจากการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน 100 ท่าน พบว่า ด้านการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้านเท่ากับ 3.82 อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.54 อยู่ในระดับดีที่สุด รองลงมาคือ ด้านความสามารถของระบบตรงตามความต้องการมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.47 อยู่ในระดับดีที่สุด ด้านความพึงพอใจในภาพรวมของระบบมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.97 อยู่ในระดับดี ด้านบริหารจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.54 อยู่ในระดับดี ด้านความปลอดภัยของระบบมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.37 อยู่ในระดับปานกลางและด้านความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูลมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.01 อยู่ในระดับปานกลางตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายต่างจังหวัดครั้งนี้ ดำเนินการตามกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอนกิจกรรม (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560) ที่เน้นกระบวนการทำงานที่เริ่มจากการค้นหาปัญหา การศึกษาความเหมาะสม การวิเคราะห์ ออกแบบการพัฒนา ทดสอบ การติดตั้ง และการซ่อมบำรุงระบบ เป็นเครื่องมือที่สร้างให้แก่ผู้เกี่ยวข้องของระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายต่างจังหวัดได้นำมาบริหารการจอง ตำแหน่งในการรอรถ และตารางการจอง โดยระบบแอปพลิเคชันการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด มาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการข้อมูล

ทางด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการจองรถตู้ การกำหนดตำแหน่งการจอดรถ การทราบจำนวนในการจองรอบนั้น ๆ ทราบตำแหน่งจุดหมายในการรอรับผู้โดยสาร และการบริหารจัดการคิวของรถตู้เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี การวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า แอปพลิเคชันระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด เพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้เกี่ยวข้องกับระบบในด้านการจองตัว ทำให้เก็บข้อมูลการใช้บริการได้ดียิ่งขึ้น สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์การเดินทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผลกระทบจากการติดตั้งระบบ ผู้จัดทำได้ทำการติดตั้งแบบขนาน เพื่อให้ผู้ใช้เรียนรู้และปฏิบัติงานจากระบบงานเดิม ไปสู่ระบบแอปพลิเคชันแบบใหม่ได้พร้อม ๆ กัน เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลจนปรับเปลี่ยนการทำงานใหม่ทั้งระบบ

การประเมินในการออกแบบต้นแบบระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ระบบมีความสามารถด้านประสิทธิผลของระบบ มีความเชื่อถือได้ในการใช้งานของระบบ และด้านการใช้งานระบบ ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับ (นิมิต ตาน้อย และคณะ, 2559) ได้พัฒนาระบบจองยานพาหนะออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจต่อระบบจองยานพาหนะออนไลน์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก

การประเมินความพึงพอใจ ด้านการใช้งานของระบบการขนส่งรถตู้โดยสารต่างจังหวัด โดยผู้ใช้งานจำนวน 100 ท่าน พบว่า ทั้ง 6 รายการได้แก่ ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ ด้านความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล ด้านความปลอดภัยของระบบ ด้านความสามารถของระบบตรงตามความต้องการ ด้านความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ และด้านบริหารจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีค่าเฉลี่ย ปานกลางถึงมากที่สุด โดยมีด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงด้านดิจิทัลที่ผู้ใช้สามารถใช้บริการได้ทุกที่ ทุกเวลา สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดใช้ได้กับบริการขนส่งที่มีการรับส่งผู้โดยสารในแต่ละสถานีได้เช่นรถตู้ รถสองแถว เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการขนส่งทางบก. (2564). *รายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2563*. กรุงเทพฯ: กรมการขนส่งทางบก.
- กรมการขนส่งทางบก กองแผนงานกลุ่มสถิติการขนส่ง. (2563). *รายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2563*. กรุงเทพฯ: กรมการขนส่งทางบก.
- กฤษฎกร สวามีชัย. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบขนส่งรถตู้โดยสารสายประจำจังหวัด. *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 8*. หน้า 945-953.
- กิตติ ภัคดีวัฒนกุล. (2551). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Systems Analysis and Design)* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: เคทีพีคอมพ์ แอนด์คอนซัลท์.

- นิमित ตาน้อย, เอกภูมิอิมอก และ กรรัก พร้อมจะบก. (2559). ระบบจอยานพาหนะออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. *การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2*. หน้า158-165.
- นิศาชล รัตนมณี, ธนินท์รัฐ รัตนพงศ์ภิญโญ และ สวรรยา ธรรมอภิพล. (2564). องค์ประกอบการจัดการธุรกิจขนส่งมวลขนอัจฉริยะของภาคเอกชนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *การศึกษาศาสตร์ฐานราก*, 40(1), 66-79.
- พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. (2559). *คู่มือเขียนแอป Android ด้วย Android Studio*. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- ศุภชัย สมพานิช. (2562). *คู่มือพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Android Studio ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2559). *รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลการขนส่งและจราจรที่สำรวจในโครงการ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร.
- อภิศักดิ์ อัจฉรินทร์. (2557). *รู้หรือไม่!! โบายแอปพลิเคชันคืออะไร? และวิธีสังเกตแอปฯ ปลอมทำได้อย่างไร?*. จาก <https://news.siamphone.com/news-17863.html>
- อัษฎพร ทรัพย์สมบูรณ์. (2554). *การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Analysis And Design)*. กรุงเทพฯ: เคทีพี.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- Lucidchart. (2565). *What is a Swimlane Diagram*. จาก <https://www.lucidchart.com/pages/tutorial/swimlane-diagram>
- OMG. (2560). *Unified Modeling Language*. จาก <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/About-UML/>
- ThaiCreate Team. (2559). *Android กับ SQLite Database การเขียนแอนดรอยด์เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลของ SQLite*. จาก <https://www.thaicreate.com/mobile/android-sqlite-database.html>.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง
ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย เพื่อพัฒนาชุมชนรองรับภัยแล้ง
ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของจังหวัดบุรีรัมย์

Product Development of Volcanic Rice Farmers in Ban Khok Mueang,
Chorakhe Mak Subdistrict, Prakhon Chai District by using Community
Development Mechanism to support Drought under Climate Change of
Buriram Province

อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา^{1*} สนิท พาราษฎร์² และ ผกามาศ บุตรสาลี³
Udompong Ketsripongsa^{1*}, Sanit Parat², and Pakamat Butsalee³

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์¹

Industrial Management Engineering Program, Faculty of Industrial Technology,
Buriram Rajabhat University¹

สาขาวิชาศิลปะและการออกแบบ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์²
Art and Design Program, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University²

สาขาวิชาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์³
Accounting Program, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University³

*Email: udompong.jo@gmail.com udompong.jo@bru.ac.th

Received : February 5, 2022

Revised : June 1, 2022

Accepted : June 9, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย นำไปสู่การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวดินภูเขาไฟ 2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ และ 3) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการ แปรรูปผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ผลการวิจัยพบว่า สมาชิกเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมืองร่วมกันหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า ต้องการให้ลูกค้ามีทางเลือกในการซื้อสินค้า สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่มีความต้องการจะนำเมล็ดข้าวสารมาเพิ่มมูลค่า จนลงมติเลือกสรุปได้ว่า สมาชิกกลุ่มต้องการทำ

ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมข้าว โดยปกติจะขายอยู่ที่ราคา 30-40 บาทต่อข้าว 1 กิโลกรัม แต่เมื่อนำข้าวสาร ข้าวหอมมะลิ 105 มาแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมข้าว สามารถขายได้ 150-200 บาทต่อข้าว 1 กิโลกรัม เมื่อหักต้นทุนแล้ว ซึ่งสามารถเพิ่มรายได้ค่อนข้างสูง 5-6 เท่าจากเดิม และยังมีพัฒนาการออกแบบตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ใหม่ให้กับสินค้าชุมชน จำนวน 4 แบบ โดยทำการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ด้านความเหมาะสมในการผลิต การบรรจุ การขนส่ง และการใช้สอย/อื่น ๆ ด้านส่งเสริมการจัดจำหน่ายและความปลอดภัย

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ รองรับภัยแล้ง ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศ การแปรรูปบรรจุภัณฑ์

ABSTRACT

This research aims to 1) To study product information of farmers of volcanic rice group at Ban Khok Muang, Chorakhe Mak Sub-district, Prakhon Chai District leading to the development and processing of volcanic rice products. 2) To develop products for farmers in Ban Khok Muang Volcano Rice Group, Chorakem Mak Sub-district, Prakhon Chai District, Buriram Province. And 3) To transfer the technology of processing products of farmers in the volcanic rice group at Ban Khok Mueang Volcano, Chorakhe Mak Sub-district, Prakhon Chai District, Buriram Province. The results showed that members of Ban Khok Muang Volcanic Rice Group came together to find a way to develop products from volcanic rice by converting them into value-added products. Want customers to have a choice in purchasing products Most of the group members wanted to add value-added rice grains. Until the decision to choose, it can be concluded that Group members want to make soap products from rice milk. Usually it is sold at 30-40 baht per kg of rice, but when rice is processed, jasmine rice 105 is processed into rice milk soap products, it can be sold for 150-200 baht per 1 kg of rice. which can increase income quite high 5-6 times from the original. And also developing Designing new brands and packaging for 4 types of community products by assessing 4 aspects: use of packaging; in terms of packaging suitability in production, packing, transportation and use/others; distribution promotion and safety.

Key Words: Product Development, Support Drought, Under Climate Change, Transformation, Packaging

บทนำ

ปัจจุบันนี้ ปัญหาภัยแล้งของจังหวัดบุรีรัมย์ถือเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ส่งผลกระทบต่อ การทำนา การปลูกพืชผลทางการเกษตร ส่งผลให้ผลผลิตคนในชุมชนลดลง ชาวนาเป็นหนี้สิน จากการกู้ยืมมาลงทุนปลูกข้าว เช่นเดียวกับชุมชนบ้านโคกเมือง เป็นชุมชนหนึ่งที่ได้รับผลกระทบ จากปัญหาภัยแล้งช่วงที่ผ่านมา บ้านโคกเมืองเป็นชุมชนที่มีความเจริญรุ่งเรืองทางวัฒนธรรมมาก่อน ในอดีต โดยมีหลักฐานทางโบราณสถานสำคัญ คือ ปราสาทเมืองต่ำ มีอายุมากกว่า 1,400 ปี ชุมชน ชาวบ้านโคกเมืองส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา และทำการเกษตรแบบผสมผสาน เนื่องจากดินบริเวณนี้ อุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุสะสมอยู่ใต้ดิน ที่นี้เคยเป็นพื้นที่ภูเขาไฟ ซึ่งเหมาะแก่การปลูกข้าว ทำให้ ข้าวหอมมะลิของที่นี่มีกลิ่นหอม นุ่ม และรสชาติดี มีวิตามินและแร่ธาตุสูง ชุมชนบ้านโคกเมือง มีความโดดเด่น ได้แก่ การปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีแร่ธาตุในดินบริเวณโดยรอบภูเขาไฟ ชุมชนจึงใช้ชื่อ เรียกว่า “ข้าวภูเขาไฟ” ถูกตั้งชื่อครั้งแรกเมื่อปี 2554 โดยอำเภอประโคนชัย และ อบต.จรเข้มาก ร่วมกันสนับสนุนให้ประชาชนที่อาศัยโดยรอบภูเขาไฟพนมรุ้ง (บ้านโคกเมือง และบ้านหนองบัวราย) รวมกลุ่มกันผลิตข้าวสารคุณภาพภายใต้ชื่อ “ข้าวภูเขาไฟ” บริหารโดยคณะกรรมการกลุ่มข้าวภูเขาไฟ จาก 5 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 6 , 7 , 9 , 15 และหมู่ที่ 18 โดยการสนับสนุนของส่วนราชการ และอบต.จรเข้มาก และ ข้าวภูเขาไฟ แต่ข้าวภูเขาไฟยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลายมากนัก ผลผลิตของกลุ่มเป็นข้าวสาร บรรจุถุง ขนาด 1 กิโลกรัม, 5 กิโลกรัม และกลุ่มข้าวภูเขาไฟแยกฐานการผลิตไปอยู่ใน 3 หมู่บ้าน โดยแยกฐานการผลิตใน 3 หมู่บ้าน ได้แก่ 1) บ้านโคกเมือง หมู่ที่ 6 ผลิต “ข้าวดินภูเขาไฟ” โดยมีผลิตภัณฑ์ เด่นคือ พันธุ์ข้าวและข้าวสาร 2) บ้านหนองบัวราย หมู่ที่ 7 ผลิต “ข้าวฮางภูเขาไฟ” โดยมีผลิตภัณฑ์เด่น คือ ข้าวฮาง, ข้าวกล้อง, ข้าวสาร และ 3) บ้านโคกเมือง หมู่ที่ 9 ผลิต “ข้าวภูเขาไฟ” โดยมีผลิตภัณฑ์ เด่นคือ ข้าวสาร และข้าวกล้อง แต่ปัญหาส่วนมากที่พบ ชาวนาประสบปัญหาการขายข้าวตกต่ำ เมื่อเทียบกับต้นทุนเกิดการขาดทุน ส่วนใหญ่เกษตรกรขายให้ พ่อค้าคนกลาง ทำให้บางครั้งขายได้ ในราคาที่ต่ำเนื่องจากการขาดอำนาจต่อรอง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาการปรับตัวของ เกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง เพื่อเสนอแนะแนวทาง มาตรการในการช่วยเหลือเกษตรกร กลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง โดยใช้แนวคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของเกษตรกร นำไปสู่การช่วย แก้ปัญหา ทำให้ทุกคนในชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย นำไปสู่การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวดินภูเขาไฟ
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

“การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development)” Kotler and Armstrong (2004) ให้ความหมายคำว่า ผลิตภัณฑ์ใหม่ คือ สินค้าหรือบริการหรือความคิดที่ได้ปรับปรุงจากผลิตภัณฑ์เดิมให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น โดยกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ สามารถแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2560) ดังนี้ ขั้นที่ 1 การสร้างแนวความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ (Idea Generation) ขั้นที่ 2 การประเมินและคัดเลือกแนวความคิด (Idea Screening) ขั้นที่ 3 การพัฒนาและทดสอบแนวความคิด (Concept Development and Testing) ขั้นที่ 4 การพัฒนากลยุทธ์การตลาด (Marketing Strategy Development) ขั้นที่ 5 การวิเคราะห์ทางธุรกิจ ขั้นที่ 6 การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ (Product Development) ขั้นที่ 7 การทดสอบตลาด (Market Testing) และ ขั้นที่ 8 การดำเนินธุรกิจ (Commercialization)

2. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์

ความหมายของบรรจุภัณฑ์

ชลิตา รัชตะพงษ์ธร (2556 : 33) ได้ให้ความหมายของ บรรจุภัณฑ์ ว่าหมายถึง กระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่การบรรจุผลิตภัณฑ์ห่อหุ้มและรวบรวมผลิตภัณฑ์ให้เป็นหน่วย เพื่อการขนส่งและคุ้มครองป้องกันผลิตภัณฑ์ให้ปลอดภัยจากความเสียหาย

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541 : 7-9) ได้ให้ความหมายของ บรรจุภัณฑ์ ว่าหมายถึง ศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้า โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อการคุ้มครองป้องกันสินค้าจากผู้ผลิตจนถึงมือลูกค้าอย่างปลอดภัยด้วยการผลิตที่เหมาะสม

สุดาตวง เรื่องรุจิระ และปรานี พรรณวิเชียร (2529 : 128) ได้ให้ความหมายของการบรรจุภัณฑ์ ว่าหมายถึง กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการทางการตลาดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสร้างสรรค์ภาชนะบรรจุหรือหีบห่อให้กับผลิตภัณฑ์

Briston and Neill (1972 : 1) ได้ให้ความหมายของบรรจุภัณฑ์ ว่าหมายถึง 1) บรรจุภัณฑ์ คือ ศิลปะ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีของการเตรียมสินค้าเพื่อการขนส่งและการขาย และ 2) บรรจุภัณฑ์ คือ วิธีการรับประกันความปลอดภัยในการขนส่งสินค้าไปยังผู้บริโภคคนสุดท้าย เพื่อให้สินค้าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์และมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

สรุปโดยรวม บรรจุภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่น่ามาห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ให้มีความปลอดภัย ไม่ให้เกิดการแตกหัก หรือเสียหายในส่วน ความสำคัญของบรรจุภัณฑ์ ปุน คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541 : 7-9) ได้กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์มีความสำคัญ ได้แก่ 1. ทำหน้าที่รองรับ (Contain) บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่รองรับสินค้า 2. ป้องกัน (Protect) บรรจุภัณฑ์จะทำหน้าที่ป้องกันคุ้มครองสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในไม่ให้ยุบสลายเสียรูป หรือเสียหาย 3. ทำหน้าที่รักษา (Preserve) คุณภาพสินค้าให้คงเดิม ตั้งแต่ผู้ผลิตจนถึงผู้บริโภคคนสุดท้าย 4. บ่งชี้ (Identify) หรือแจ้งข้อมูล (Inform) รายละเอียดต่าง ๆ ของสินค้าเกี่ยวกับชนิดคุณภาพ และแหล่งที่มา หรือจุดหมายปลายทาง 5. ดึงดูดความสนใจ (Consumer Appeal) 6. ช่วยเพิ่มผลกำไร หีบห่อสามารถช่วย ส่งเสริมยุทธวิธีการตลาด 7. สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) ให้แก่ผลิตภัณฑ์สร้างความเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค 8. การส่งเสริมการจำหน่าย (Promotion) 9. การแสดงตัว (Presentation) 10. การจัดจำหน่ายและการกระจาย (Distribution)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัญญาศรณ์ สวัสดิ์โรส (2560) ได้ศึกษาวิจัย การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตรที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิต ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2 ผลการดำเนินงาน 1. รูปแบบการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตรที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เหมาะสม แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ศักยภาพ 2) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ 3) การทดลองการตลาด 2. กลุ่มฯ มีประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตรสูงขึ้นหลังใช้รูปแบบการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตร

ไกรสินธุ์ วงศ์สุรโกร (2560) ได้ศึกษาวิจัย แนวทางการส่งเสริมนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน ธุรกิจและอุตสาหกรรมข้าวของไทยในปัจจุบันยังประสบกับปัญหาสำคัญ เช่น ปัญหาการผลิตข้าวของไทย การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว กระบวนการซื้อขายข้าวระหว่างโรงสีข้าว ตัวแทนโรงสีข้าว (หยง) และผู้ส่งออกข้าว ปัญหา เกี่ยวกับการสีแปรสภาพข้าว ระบบการจัดการการขนส่ง (โลจิสติกส์) และต้นทุนการขนส่งข้าวของไทย การส่งออกข้าวของไทย และแนวโน้มการบริโภคข้าว ของคนไทยลดลง

กิตติพงษ์ ตระกูลโชคอำนวย (2558 : 51) ได้ศึกษาวิจัย นวัตกรรมการผลิตข้าว การแปรรูปข้าว และการค้าข้าวในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์นวัตกรรมการผลิตข้าว การแปรรูปข้าว และการค้าข้าวในประเทศไทย ด้วยวิธีวิทยาการสร้างทฤษฎีฐานราก โดยสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง 6 คน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ข้าวในกลุ่มที่เป็นอาหาร 15 ตัวอย่างสินค้า และการสังเกต

อย่างไร้ส่วนร่วมกลุ่มผู้ซื้อผลิตภัณฑ์ข้าว จากแหล่งต่าง ๆ และวิเคราะห์เกี่ยวกับกลุ่มผู้บริโภคคนเมือง ผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคข้าว คือกลุ่มคนที่เป็จุดเริ่มต้นของการสร้างนวัตกรรม ส่วนช่องทางการจัดจำหน่ายข้าวเป็นพื้นที่แห่งการเรียนรู้ แลกเปลี่ยน และพัฒนานวัตกรรม การแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าว

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมนักวิจัย เตรียมพื้นที่กลุ่มเป้าหมาย และวางแผนการดำเนินงาน โดยการศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลมาสังเคราะห์ข้อมูล และจัดเวทีคั้นข้อมูลให้กับคนในชุมชนและเปิดเวทีชี้แจงกระบวนการวิจัย
2. ศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ของกลุ่มฯ และสังเคราะห์ข้อมูล ใช้กระบวนการประชุมระดมสมอง ลงสำรวจกลุ่มเป้าหมายและสำรวจข้อมูลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่ม จากนั้นประชุมร่วมกัน นำผลสังเคราะห์จากการเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่ม
3. ปฏิบัติการวิจัย/ฝึกอบรม/ทดลองปฏิบัติ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ โดยใช้นวัตกรรมเทคโนโลยียุค 4.0
4. การติดตามผล และถ่ายทอดขยายผล ลงพื้นที่ติดตามผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ ในครัวเรือน/ชุมชน และการใช้นวัตกรรมต้นแบบ จากนั้นถ่ายทอดขยายผลกระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ และการใช้นวัตกรรมต้นแบบ
5. การสังเคราะห์ผล การถอดบทเรียน และสรุปบทเรียน กระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ และการใช้นวัตกรรมต้นแบบ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ จำนวนสมาชิกกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ จำนวนสมาชิกกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 50 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือการวิจัย

1. แบบประเมินผลประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ 4 ด้าน
2. แบบสอบถาม
3. แบบสัมภาษณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนำแบบสอบถามไปแจกเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ และประเมินประสิทธิภาพบรรจุภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้มีส่วนได้เสียที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ สมาชิกกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกร จำนวน 50 ราย และผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ จำนวน 3 ราย โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แล้วนำมาวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้วิธีการประมวลผลตามหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

2. การวิเคราะห์แบบประเมินประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน โดยใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางควบคู่กับบรรยายและสรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง

จากการศึกษาข้อมูลและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสำรวจข้อมูลผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่ม จากข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง พบว่า เดิมเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมืองผลิตข้าวสารโดยรับซื้อข้าวเปลือกจากสมาชิกกลุ่มมาบรรจุใส่ถุงเพื่อขายเพียงอย่างเดียว จะมีอยู่ 3 ขนาด ได้แก่ ข้าวสารบรรจุถุงขนาด 0.5 กิโลกรัม 1 กิโลกรัม และ 5 กิโลกรัม ซึ่งขายให้กับลูกค้าเฉพาะกลุ่มเท่านั้น ตลาดลูกค้ายังมีเฉพาะในชุมชนและลูกค้าที่มารับซื้อเป็นครั้งคราว ทางคณะผู้วิจัยได้ประชุมระดมสมองกับสมาชิกเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมูลค่า ต้องการให้ลูกค้ามีทางเลือกในการซื้อสินค้า สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่มีความต้องการจะนำเมล็ดข้าวสารมาเพิ่มมูลค่า สมาชิกจึงได้เสนอผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ขนมข้าวตู รำข้าวเจ้า แป้งข้าวเจ้า เครื่องสำอางจากข้าว สบู่จากน้ำนมข้าว เป็นต้น จนลงมติเลือกสรุปได้ว่า สมาชิกกลุ่มต้องการทำผลิตภัณฑ์สบู่จากน้ำนมข้าว ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวสารซึ่งเป็นข้าวหอมมะลิ 105 นำมาแปรรูปโดยไม่มีการใส่สารเคมีทำให้ไม่เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ ทางคณะผู้วิจัยเริ่มปฏิบัติการวิจัย/ฝึกอบรม/ทดลองปฏิบัติ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าวภูเขาไฟ ทำให้ได้

ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมข้าวที่พัฒนาร่วมกับชุมชน ช่วยพัฒนาชุมชน สร้างอาชีพสร้างรายได้ให้กับชุมชน เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีในชุมชนสามารถเพิ่มรายได้ให้กับคนในชุมชนเพิ่มขึ้น 4-5 เท่าจากเดิม ชุมชนสามารถดำเนินการได้เองเป็นแนวทางหนึ่งในการรองรับภัยแล้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาวะภูมิอากาศของจังหวัดบุรีรัมย์ได้เป็นอย่างดี



ภาพประกอบ 1 ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมข้าว ที่พัฒนาร่วมกับชุมชน

4.2 ผลจากการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าและช่วยลดความเสียหายระหว่างการขนส่งให้กับสินค้าทางการเกษตร ทั้ง 4 แบบ พบว่า บรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟแบบที่ 2 มีความพึงพอใจจากกลุ่มฯ มากที่สุด ดังตาราง

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ผลประสิทธิภาพของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง

ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์	\bar{X}	S.D.	ระดับเกณฑ์ประเมิน
1. ด้านการใช้งานของบรรจุภัณฑ์			
1.1 ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์	4.30	0.50	ดี
1.2 ความคงทนแข็งแรง หรือความแน่นหนา ที่สามารถรองรับสินค้าได้	4.17	0.75	ดี
1.3 บรรจุภัณฑ์สามารถปกป้องสินค้าได้	4.15	0.41	ดี
1.4 บรรจุภัณฑ์สามารถบรรจุในปริมาณที่พอเหมาะ ใช้งานง่าย และขนาดที่พกพาได้สะดวก	4.35	0.82	ดี

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์	\bar{X}	S.D.	ระดับเกณฑ์ ประเมิน
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.24	0.62	ดี
2. ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์			
2.1 สัญลักษณ์บนบรรจุภัณฑ์สื่อความหมาย ความเหมาะสมชัดเจน	4.50	0.55	ดี
2.2 บรรจุภัณฑ์แสดงความสวยงามของบรรจุภัณฑ์	4.35	0.82	ดี
ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์	\bar{X}	S.D.	ระดับเกณฑ์ ประเมิน
2.3 ข้อความที่เป็นเอกลักษณ์ มีจุดขาย/สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้	4.20	0.53	ดี
2.4 บรรจุภัณฑ์มีความครบถ้วนของข้อมูลบนฉลาก	4.50	0.55	ดี
2.5 ความโดดเด่นของบรรจุภัณฑ์เมื่อเทียบกับคู่แข่งในตลาด	4.34	0.83	ดี
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.38	0.66	ดี
3. ด้านความเหมาะสมในการผลิต การบรรจุ การขนส่ง และการใช้สอยอื่น ๆ			
3.1 บรรจุภัณฑ์มีความสะดวกในการผลิต	4.50	0.55	ดี
3.2 บรรจุภัณฑ์มีความสะดวกในการบรรจุ	4.50	0.55	ดี
3.3 บรรจุภัณฑ์มีความสะดวกในการขนส่ง ช่วยลดความเสียหายระหว่างการขนส่ง	4.33	0.82	ดี
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.44	0.64	ดี
4. ด้านส่งเสริมการจัดจำหน่ายและความปลอดภัย			
4.1 ใช้งานง่าย เช่น การเปิด-ปิด และสามารถในการเก็บรักษาสินค้ายาวนาน	4.16	0.42	ดี
4.2 กระตุ้นให้เกิดการซื้อซ้ำ ลูกค้าน่าจดจำตราสินค้าได้ง่าย	4.28	0.61	ดี
4.3 ผลិតภัณฑ์ การผลิตสินค้าได้มาตรฐานและถูกสุขลักษณะ	4.32	0.42	ดี
4.4 วัสดุอุปกรณ์ ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐาน	4.50	0.55	ดี
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.32	0.50	ดี
ผลประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของบรรจุภัณฑ์	4.34	0.60	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวม ของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 ในด้านการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 4.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.80 อยู่ในเกณฑ์ดี

ในด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์ มีค่าเฉลี่ย 4.38 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.60 อยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านความเหมาะสมในการผลิต การบรรจุ การขนส่ง และการใช้สอย/อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย 4.44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.80 อยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านส่งเสริมการจัดจำหน่ายและความปลอดภัย มีค่าเฉลี่ย 4.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.40 อยู่ในเกณฑ์ดี ดังนั้นผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของบรรจุภัณฑ์แบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 4.34 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.80 อยู่ในเกณฑ์ดี จากการร่วมกันออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ร่วมกับสมาชิกชุมชน พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบใหม่ช่วยพัฒนาศักยภาพของบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่า สร้างความหลากหลาย ดึงดูดความต้องการซื้อของลูกค้าเพิ่มขึ้น โดยบรรจุภัณฑ์ใหม่ออกแบบโลโก้โดยใช้ภาพปราสาท ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของปราสาทหินที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวอารยธรรมขอมที่อยู่ในพื้นที่ มีความเป็นเอกลักษณ์ของชุมชนมากยิ่งขึ้น และออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้ช่วยลดความเสียหายระหว่างการขนส่งให้กับสินค้าทางการเกษตร ตลอดจนถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟให้กับเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟ บ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก โดยอาศัยความร่วมมือเครือข่ายองค์กรในระดับจังหวัด ทั้งภาครัฐและเอกชนให้เกิดการพัฒนาธุรกิจนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน จำนวนสมาชิกชุมชนร่วมพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกร ไม่น้อยกว่า 1 กลุ่ม เข้าร่วมจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ได้ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกร ช่วยเพิ่มมูลค่า สร้างความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ ช่วยลดความเสียหายระหว่างการขนส่ง 2 ต้นแบบ เกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง จำนวน 1 ครั้ง จากการสัมภาษณ์ ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม ขายได้ 1 ตัน/เดือน = 60,000 บาท/เดือน เพิ่มเป็น 70,000 บาท/เดือน (ปกติขาย 60 บาท/กิโลกรัม เพิ่มเป็นขาย 70 บาท/กิโลกรัม) ช่วยสร้างรายได้ให้คนในชุมชนเพิ่มขึ้นจากการขายเป็นของฝากให้นักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในพื้นที่ ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 14.28



ภาพประกอบ 2 บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาใหม่

อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย เพื่อพัฒนาชุมชนรองรับภัยแล้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงสถานะภูมิอากาศของจังหวัดบุรีรัมย์ งานวิจัยนี้ช่วยในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง นั่นคือ ข้าวเจ้าที่ผ่านการขัดขาวจนกลายเป็นข้าวสาร โดยปกติขายข้าวสารราคา 30-40 บาทต่อ 1 กิโลกรัม แต่เมื่อนำข้าวสาร ข้าวหอมมะลิ 105 มาแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำนมข้าว สามารถขายได้ 150-200 บาทต่อข้าว 1 กิโลกรัม เมื่อหักต้นทุนแล้ว ซึ่งสามารถเพิ่มรายได้ค่อนข้างสูง 5-6 เท่าจากเดิมแล้วนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปสบู่น้ำนมข้าวให้คนในชุมชน และทางคณะผู้วิจัยมีการพัฒนาศักยภาพของบรรจุกิจข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่า สร้างความหลากหลาย ดึงดูดความต้องการซื้อของลูกค้าเพิ่มขึ้น โดยอาศัยความร่วมมือ เครือข่ายองค์กรในระดับจังหวัด ทั้งภาครัฐและเอกชนให้เกิดการพัฒนาธุรกิจนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ช่วยสร้างรายได้ให้คนในชุมชนเพิ่มขึ้น จากการขายเป็นของฝากให้นักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในพื้นที่ชุมชน มีรายได้เพิ่มขึ้น โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลของกระบวนการประเมินประสิทธิภาพ การพัฒนาบรรจุกิจข้าวภูเขาไฟของเกษตรกรกลุ่มฯ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร จำนวน 4 แบบ ทำการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้งานของบรรจุกิจ, ด้านรูปแบบบรรจุกิจ, ด้านความเหมาะสมในการผลิต, และด้านส่งเสริมการจัดจำหน่ายและความปลอดภัย ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าบรรจุกิจข้าวภูเขาไฟแบบที่ 2 มีความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ผลิตข้าวภูเขาไฟบ้านโคกเมือง มากที่สุด ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของบรรจุกิจ แบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 4.34 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.80 อยู่ในเกณฑ์ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกสวดี เชี่ยวชาญ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบบรรจุกิจเพื่อสร้างมูลค่าผลผลิตข้าวสารสู่ตลาดผู้บริโภคแบบมีส่วนร่วมนำไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ กรณีศึกษากลุ่มข้าวชวานาตะปอนใหญ่ ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี พบว่า 1) ในการออกแบบพัฒนารูปแบบบรรจุกิจข้าวสารบรรจุ ผู้ผลิต และผู้บริโภคของชุมชน มีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 2) แนวทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุขนาด 5 กิโลกรัม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกศแก้ว ประดิษฐ์ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาบรรจุกิจข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาที่มีผลต่อการตอบรับในเชิงพาณิชย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านบ่อหอ อำเภอดงใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่าแบบบรรจุกิจช่วยให้ผลิตภัณฑ์และตราสินค้าโดดเด่น ถ้าเลือกใช้ถุงขนาดบรรจุหนึ่งกิโลกรัม บรรจุในกล่องกระดาษที่รองรับน้ำหนักข้าว 1 กิโลกรัม ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อบรรจุกิจที่พัฒนาในทุกด้านอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกร ควรเน้นการพัฒนาสิ่งที่ชุมชนหรือกลุ่มมีศักยภาพทุนเดิม จะทำให้สามารถต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรกลุ่มได้ดีและต่อเนื่อง คำนึงถึงต้นทุนศักยภาพของกลุ่ม การบริหารจัดการจำเป็นต้องมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ชุมชนนำไปพัฒนาขยายผลต่อยอดถ่ายทอดองค์ความรู้ในพื้นที่ใกล้เคียงได้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ ตระกูลโชคอำนวย (2558). นวัตกรรมการผลิตข้าว การแปรรูปข้าวและการค้าข้าวในประเทศไทย. *วารสารพัฒนาสังคม*, 17(2), 51-67.
- เกสวดี เชี่ยวชาญ. (2557). *การพัฒนารูปแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าผลผลิตข้าวสารสู่ตลาดผู้บริโภคแบบมีส่วนร่วมนำไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ กรณีศึกษากลุ่มข้าวชวานาตะปอนใหญ่ ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี*. (วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). จันทบุรี: สาขาการจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- เกษแก้ว ประดิษฐ์. (2561). การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ข้าวกล้องพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาที่มีผลต่อการตอบรับในเชิงพาณิชย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านบอขอ อำเภอดงตาล จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 10(2), 127-139.
- ไกรสินธุ์ วงศ์สุรไกร. (2560). *แนวทางการส่งเสริมนวัตกรรมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวเพื่อเศรษฐกิจที่ยั่งยืน*. (วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร หลักสูตรการป้องกันราชอาณาจักร รุ่นที่ 60 ประจำปี การศึกษา พุทธศักราช 2560-2561).
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่*. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- ชลิดา รัชตะพงศ์ธร. (2556). *การออกแบบบรรจุภัณฑ์เครื่องเบญจรงค์ไทย กรณีศึกษา เครื่องเบญจรงค์หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ตำบลคลองดอนไก่อี จังหวัดสมุทรสาคร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). การศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ลำไยอบแห้ง จังหวัดลำพูน. *วารสารวิชาการ*, 3(2), 86-95.

สัญญาศรณ์ สวัสดิ์ไธสง. (2560). การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มสินค้าเกษตร
ที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 2. สกลนคร:
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

สุดาดวง เรืองรุจิระ และ ปราณี พรรณวิเชียร. (2529). *หลักการตลาด*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:
ประกายพริก.

Briston J. and Neill (1972). *Packaging Management*. Essex UK: Gower Press.

Kotler, P. and Armstrong, G. (2004). *Principles of marketing* (10th ed.). Upper
Saddle River, NJ: Prenticehall.

ผลของไอระเหยเอทานอลที่สะสมในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟต่อการเปลี่ยนแปลง
คุณภาพของใบชาสด

Effects of ethanol vapour released in active packages
on storage quality for fresh Chaya

ศศิมล มุ่งหมาย^{1*} วัชรพงษ์ วัฒนกุล² อุดุลย์ อภินันท์³ และวีรเวทย์ อุทโธ¹
Sasimon Mungmai¹, Watcharapong Wattanakul², Adul Apinan³ and Weerawate Utto¹

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี¹
Department of Agro-Industry, Faculty of Agricultural, Ubon Ratchathani University¹

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่²

Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University²

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์³

Research and Development Institute Buriram Rajabhat University³

Email: s.sasimon2527@gmail.com

Received : May 11, 2022

Revised : June 28, 2022

Accepted : July 24, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของใบชาสด โดยมีระบบแอคทีฟ คือ ซองควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล บรรจุร่วมกับใบชาในถุงพลาสติก LDPE เก็บรักษาที่ 10 °C เป็นเวลา 7 วัน เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ซึ่งไม่มีซองควบคุมฯ (บรรจุภัณฑ์พาสซีฟ) เก็บรักษาที่ 10 และ 30 °C ผลการศึกษา พบว่าไอระเหยเอทานอลถูกปลดปล่อยจากซองควบคุมฯ เข้าสู่บรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง และทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อของใบชา ทำให้ชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในขณะที่บรรจุภัณฑ์เก็บรักษาที่ 10 °C ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิตามินซีและค่าสี (L^* , a^* และ b^*) บรรจุภัณฑ์พาสซีฟที่ 30 °C ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็ว การวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงศักยภาพของบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะด้านสีเขียวและปริมาณคลอโรฟิลล์ ก่อนนำไปทำอาหารแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น ๆ

คำสำคัญ : ใบชาสด ไอระเหยเอทานอล บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

ABSTRACT

The present research purposely was to study effects of active packages of which an active system was an ethanol vapor controlled release sachet, on quality changes of fresh Chaya leaf. The sachet was packaged together with the leaf in LDPE plastic bag, kept at 10°C for 7 days. The effects were compared to those of packages having no sachet (so-called passive packages) kept at 10 and 30°C. Experimental findings show that ethanol vapor was continuously released from the sachet into the packages. This interacted with Chaya tissues causing delays in total chlorophyll losses. Whilst both packages kept at 10°C had no significant effects on changes in vitamin C and color (measured in $L^* a^* b^*$), the passive packages kept at 30°C caused rapid quality changes. The present research acknowledges potentials of the active package as well as the low storage temperature for delaying postharvest quality changes, in particular green color and chlorophyll content, prior using Chaya leaf for further processing into other products.

Keywords: Chaya leaf, ethanol vapor, active packages

บทนำ

ผักไชยา หรือใบไชยา (*Cnidioscolus chayamansa*) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะแคลเซียม และ วิตามินซี (Kuti and Torres, 1996) นอกจากนี้ใบไชยานิยมใช้ในการปรุงอาหาร เนื่องจากเพิ่มรสชาติอาหารเนื่องมาจากมีองค์ประกอบของกรดกลูตามิก (glutamic acid) (Namdamrassiri et al., 2021) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ด้านรสชาติที่คล้ายกับกลูตาเมต (glutamate) ในผงชูรส (monosodium glutamate) (ชลัญญา สุตา และจอมสุตา ดวงวงษา, 2563) ผักไชยารับประทานในรูปแบบใบสดและ/หรือนำมาแปรรูปเป็นอาหารประเภทต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ซูปริม ผักไชยาสำเร็จรูปแช่แข็ง (มาริสสา คำวิไล, 2562) และหมั่นโถว (สังวาลย์ ชมพู่จำ, 2563) เนื่องจากคุณค่าทางโภชนาการและมีคุณสมบัติด้านการเพิ่มรสชาติอาหาร ส่งผลให้ใบไชยาเป็นที่นิยมรับประทานทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศ (Kongphapa et al., 2021 และ Ramirez-Rodrigues et al., 2021) เช่น ไนจีเรีย (Babalola and Alabi., 2015) กัวเตมาลา (Amaya et al., 2019) เม็กซิโกและบราซิล (Panghal et al., 2021) ทั้งนี้การปลูก การบริโภค และใช้ประโยชน์ในการเกษตรของผักไชยา และพืชท้องถิ่นอื่น ๆ เช่น สะเดา มะรุม ขิง และข่า ซึ่งปลูกและเติบโตตามธรรมชาติ (หรือเรียกว่า

wild gardening) ได้รับการส่งเสริมให้กับเกษตรกรรายเล็กในเขตชนบทของประเทศกัมพูชา ตามแนวคิดของการเพิ่มความยั่งยืน (sustainable intensification) ทางเกษตร เพื่อเป็นแนวทาง ในการยกระดับความเป็นอยู่โดยเฉพาะด้านสุขภาพและลดรายจ่ายของครอบครัว ซึ่งโดยส่วนใหญ่ มีฐานะยากจนและมีรายได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (Eissler et al., 2021) ไปโซยาสดหรือผัก รับประทานใบต่าง ๆ มีแนวโน้มเสื่อมเสียคุณภาพได้ง่าย โดยเฉพาะการสูญเสียน้ำหนัก เกิดลักษณะที่ เหี่ยวเฉาใบแห้งและเปลี่ยนสีได้ง่าย เนื่องจากการสูญเสียความชื้นหรือไอน้ำจากใบสู่สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ อันเป็นผลจากความแตกต่างระหว่างความดันของไอน้ำในใบ ซึ่งมีค่าสูงกว่าความดันของไอน้ำที่อยู่ในบรรยากาศโดยรอบ (วีรเวทย์ อุทโย, 2562) ลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ดังกล่าวส่งผลให้มูลค่าของใบโซ ยาลดลง และอาจเป็นข้อจำกัดในการนำใบโซยาสดไปใช้ในการกระบวนการแปรรูปอาหารอื่น ๆ

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้ทราบถึงความจำเป็นของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวใบโซยาสด เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมเสียคุณภาพ จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พบว่าการบรรจุภัณฑ์ บรรยากาศดัดแปรแอคทีฟ หรือ active modified atmosphere packaging (active MAP) ซึ่งเป็น การใช้บรรจุภัณฑ์ฟิล์มพลาสติกร่วมกับระบบแอคทีฟ (active system) สำหรับการบรรจุผักและผลไม้ ได้รับความสนใจจากนักวิจัยและผู้ประกอบการ เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการเก็บรักษาผักและผลไม้สด เนื่องมาจากสภาวะบรรยากาศดัดแปร (modified atmosphere condition หรือ MA) ภายในบรรจุ ภัณฑ์ กล่าวคือ ความเข้มข้นของแก๊ส O_2 มีค่าที่ลดต่ำลงและความเข้มข้นของแก๊ส CO_2 มีค่าที่เพิ่มขึ้น เช่น 5-10% O_2 และ 5-10% CO_2 (v/v) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของแก๊สทั้งสองในอากาศปกติ (20.99% O_2 และ 0.03% CO_2) อันเป็นผลจากสมดุลระหว่างกระบวนการซึมผ่านฟิล์มพลาสติกของ แก๊สทั้งสองและกระบวนการหายใจของผักและผลไม้ สภาวะ MA ดังกล่าวส่งผลให้กระบวนการ ทางชีวเคมีของผลิตผลเกิดขึ้นได้ในอัตราเร็วที่ช้าลง จึงช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ (Torales et al., 2020 and Firouz et al., 2021) กอปรกับระบบแอคทีฟภายในบรรจุภัณฑ์ได้ ช่วยเสริมประสิทธิภาพของสภาวะ MA เช่น วัตถุดูดเอทิลีนทำหน้าที่กำจัดเอทิลีนที่ปลดปล่อยจากผลไม้ และสะสมในบรรจุภัณฑ์ที่เร่งการสุก หรือวัตถุควบคุมการปล่อยไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหย ช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (วีรเวทย์ อุทโย, 2562) ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความสนใจ บรรจุภัณฑ์ active MAP ซึ่งมีช่องควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอลเป็นระบบแอคทีฟ เนื่องจาก ไอระเหยเอทานอล มีความสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสี/ลักษณะปรากฏของบร็อคคอลลี (Suzuki et al., 2004) และหอมแดง (พัชรี มะลิลา และคณะ, 2558) หรือคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของ มะละกอสุก (วรรณวิภา ภาพร และคณะ, 2561) มะม่วงน้ำดอกไม้ (เจนจิรา พกาวัลย์ และคณะ, 2562) หรือลูกหม่อนสด (Choosung et al., 2019) ในปัจจุบันยังไม่พบรายงานการวิจัยของการประยุกต์ใช้ บรรจุภัณฑ์ active MAP กับผักโซยาหรือผักรับประทานใบชนิดอื่น ๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้บรรจุภัณฑ์ active MAP ซึ่งมีช่องควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของใบโซยา ที่เกี่ยวข้องกับความชื้นและการเปลี่ยนแปลงสีเขียว เนื่องจาก

ใบไผ่สามารถนำไปสกัด เพื่อใช้ทำเป็นสารเติมแต่งอาหารที่มีสีเขียวด้วยการใช้ในผลิตภัณฑ์ซูปและหมั่นโถ่ดั่งที่นำเสนอข้างต้น การชะลอการเสื่อมสลายของสีเขียวและ/หรือสารประกอบกลุ่มคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวในระหว่างการเก็บรักษา จึงเป็นการรักษาปริมาณสารตั้งต้นในใบไผ่เอาไว้ให้สูง ก่อนที่จะนำไปสกัดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมใบไผ่ยาสด

ใบไผ่ยาสดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เก็บรวบรวมจากพื้นที่ของหมู่บ้านหนองแก ตำบลแจระแม อำเภอมะนัง จังหวัดอุบลราชธานี ผู้วิจัยเลือกใบที่มีสีเขียวเข้ม และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน ภายหลังจากการรวบรวมจากพื้นที่ปลูก ผู้วิจัยได้ทำการคัดแยกอีกครั้งในห้องปฏิบัติการโดยคัดเลือกเฉพาะใบที่มีความกว้างประมาณ 15-18 cm และเป็นใบลำดับที่ 5-8 นับจากยอดของต้นไผ่ การเลือกลำดับของใบดังกล่าว เนื่องจากได้รับข้อเสนอแนะของผู้บริโภคในท้องถิ่นโดยว่าเป็นใบที่มีอายุไม่แก่หรืออ่อน ปัจจุบันยังไม่มีรายงานหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเลือกเก็บใบไผ่ยาจากต้น อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Laohasilpsomjitr et al. (2017) รายงานว่า ตำแหน่งของใบหม่อนบนต้นมีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในใบ ดังนั้นการเลือกตำแหน่งของใบจึงมีความสำคัญต่อความผันผวนของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของใบหม่อนสด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลจากสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉพาะสารเคอซีติน (quercetin) ภายหลังจากการคัดเลือกใบเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้นำใบไผ่ยาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 150 ppm เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อเป็นการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากธรรมชาติ จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งบนตะแกรงที่สะอาด เพื่อนำไปใช้ในการบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษาต่อไป

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

1. การเตรียมของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล และบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

ในการวิจัยนี้การเตรียมของควบคุมการปล่อยไอระเหยเอทานอล หรือเรียกโดยย่อว่า ซองแอคทีฟ (sachet) ได้ประยุกต์จากวีรเวทย์ อุทโร และคณะ (2555) กล่าวโดยสรุปคือ ซองแอคทีฟ มีขนาด 9 x 9 cm โดยด้านหน้าของซองแอคทีฟทำจากฟิล์มพลาสติก low density polyethylene (LDPE) ทำการเชื่อมประกบกับฟิล์มอะลูมิเนียมลามิเนต (Al/PE) ปิดผนึกแบบ 3-side-seal ด้วยการให้ความร้อน (heat-sealing) ทั้งนี้วัสดุฟิล์มพลาสติก LDPE ที่ใช้เป็นวัสดุของควบคุมฯ มีความหนาประมาณ 63 μm และมีค่า oxygen transmission rate (OTR) เท่ากับ 2,277.50 mL/m²/day ค่า CO₂ transmission rate (CO₂TR) เท่ากับ 11,929.5 mL/m²/day

และค่า water vapour transmission rate (WVTR) เท่ากับ $5.21 \text{ g/m}^2/\text{day}$ นอกจากนี้วัสดุฟิล์ม AL/PE ป้องกันการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำได้ดีมากจึงทำให้ไม่มีการแพร่ผ่านฟิล์ม AL/PE ของเอทานอล ดังนั้นไอรยะเหยเอทานอลจึงเกิดการซึมผ่านเพียงด้านฟิล์ม LDPE ที่มีสมบัติยอมให้ไอรยะเหยเอทานอลซึมผ่านได้ง่าย (Utto et al., 2016) การปลดปล่อยเพียงด้านเดียว (one-dimensional release) ช่วยชะลอการหมดไปของเอทานอลเหลวในกระดาษกรองที่ปลดปล่อยเป็นไอรยะเหยไปสู่บรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ (วีระเวทย์ อุทโธ, 2562)

ภายหลังจากเตรียมซองควบคุมฯ ผู้วิจัยได้เตรียมนำกระดาษกรอง (Whatman No. 1) ขนาด $8 \times 8 \text{ cm}$ ซึ่งทำหน้าที่ตัวพาสำหรับเอทานอล (ethanol carrier) จากนั้นได้เทเอทานอลเหลวความเข้มข้น 99.9% (v/v) ปริมาตร 1 ml ลงไปในกระดาษกรองส่งผลให้กระดาษกรองอิ่มตัวด้วยเอทานอล (เป็นการดูดซับพอดีโดยไม่มีเอทานอลเหลวไหลหรือเกินออกมาจากกระดาษกรอง) ผู้วิจัยได้นำกระดาษกรองนั้นใส่เข้าไปในซองแอกทีฟที่เตรียมไว้แล้วทำการปิดผนึกของแอกทีฟในด้านที่เหลือด้วยการใช้ความร้อน ส่งผลให้ซองแอกทีฟเกิดการปิดผนึกแบบ 4-side-seal

เมื่อได้ซองแอกทีฟแล้วผู้วิจัยได้นำไปบรรจุร่วมกับผักไชยาสดในถุงพลาสติก LDPE ขนาด $26 \times 28 \text{ cm}$ (ความหนาและสมบัติด้านการซึมผ่านของแก๊สและไอน้ำเช่นเดียวกับที่รายงานข้างต้น) จากนั้นทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $10 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 7 วัน โดยทำการเปรียบเทียบคุณภาพของใบไชยาที่เก็บในบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดัดแปรที่ไม่มีซองแอกทีฟ หรือเรียกว่าบรรจุภัณฑ์พาสซีฟ (passive MAP) ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ $10 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิห้อง ($30\text{-}32 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ทั้งนี้การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ passive MAP ที่อุณหภูมิห้องจัดเป็นสิ่งทดลองควบคุมและจำลองการเก็บรักษาใบไชยาสดของเกษตรกรเพื่อเตรียมจำหน่ายภายหลังจากการเก็บเกี่ยว

จากข้อมูลที่น่าเสนอข้างต้น สามารถสรุปสิ่งทดลองซึ่งเป็นผลจากรูปแบบการบรรจุภัณฑ์และอุณหภูมิการเก็บรักษาที่แสดงในตารางที่ 1 โดยแสดงด้วยย่อของสิ่งทดลองเพื่อความสะดวกของการอ้างถึงสิ่งทดลองในเนื้อหาต่อไป

ตารางที่ 1 สิ่งทดลองในการวิจัย

ตัวย่อสิ่งทดลอง	การบรรจุภัณฑ์		อุณหภูมิ	
	active MAP	Passive MAP	10 °C	30°C
T10	-	√	√	-
TS10	√	-	√	-
T30	-	√	-	√

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและคุณภาพของไบโไฮยาสตในระหว่างการเก็บรักษา

1. ความเข้มข้นไอระเหยเอทานอลในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอล ในบรรยากาศของบรรจุภัณฑ์ดำเนินการด้วยเครื่อง flame ionised detector equipped gas chromatogram (FID-GC) (GC-2014; Shimadzu; Porapak Q 2.0 m length, 3.00 mm I.D.; helium carrier gas) โดยประยุกต์วิธีของพัชรี มะลิลา และคณะ (2558) ดังนี้ เก็บตัวอย่าง (sampling) ไอระเหยเอทานอลจากบรรจุภัณฑ์ active MAP ด้วยเข็มฉีดยาประเภท gas tight (Hamilton, Nevada, US) ดูดตัวอย่างแก๊สในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ปริมาตร 1 ml จากนั้นนำตัวอย่างฉีดเข้าไปใน injection port ของเครื่อง FID-GC โดยมีสภาวะการวิเคราะห์ของเครื่อง FID-GC คือ injector temperature 150 °C, detector temperature 250 °C, oven temperature 80 °C เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 °C/min จนถึง 200 °C คงไว้ 3 นาที โดยมีแก๊ส Helium ทำหน้าที่เป็น Carrier gas (flow rate 50ml/min) จะปรากฏ peak ของเอทานอลในระหว่างนาทีที่ 8-9 ทั้งนี้ ความเข้มข้นไอระเหยเอทานอลรายงานผลในหน่วย $\mu\text{L/L}$ ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ ไอระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยได้ทำการวัดความเข้มข้นซ้ำจากบรรจุภัณฑ์เดิม กล่าวคือเมื่อเก็บตัวอย่างแล้วเสร็จ ได้ทำการปิดรูบนผิวพลาสติกที่เกิดจากเข็มแทงที่ โดยใช้เทปอลูมิเนียมขนาด 1x1 cm สาเหตุที่ทำการวัดจากบรรจุภัณฑ์เดิม เพื่อลดความแปรปรวนของความเข้มข้น ไอระเหยเอทานอล ดังข้อสังเกตที่ได้นำเสนอโดย Utto et al (2018) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เตรียม บรรจุภัณฑ์แอกทีฟเฉพาะสำหรับการวัดความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอล และไม่ได้ทำการปิดถุงเพื่อนำไบโไฮยามาทำการวิเคราะห์คุณภาพอื่น ๆ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลภายในบรรจุภัณฑ์แอกทีฟ ในวันที่ 0 (วันที่บรรจุและปิดผนึก) โดยทำการวัดที่ 2 4 และ 6 ชั่วโมง จากนั้นทำการวิเคราะห์ในรอบ 24 ชั่วโมงเมื่อครบ 0 1 3 5 และ 7 วัน

2. ความเข้มข้นของเอทานอลในเนื้อเยื่อไบโไฮยา

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทานอลในไบโไฮยาดำเนินการด้วยเครื่อง FID-GC ดังที่ได้นำเสนอในหัวข้อที่ 1 โดยประยุกต์วิธีของ พัชรี มะลิลา และคณะ (2558) มีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้ นำตัวอย่างไบโไฮยาสตในแต่ละสิ่งทดลองจำนวน 15 g มาบดป่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันกับ สารละลายเกลืออิมตัว 7.5 g และน้ำ deionized 7.5 g จากนั้นนำตัวอย่างที่เป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณ 3 g ใส่ลงในขวด vial ขนาด 20 ml แล้วปิดผนึกด้วยจุกยาง (septum) และครอบด้วย กรอบอะลูมิเนียม นำไปต้มที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างแก๊สจากบรรยากาศในขวดด้วยปริมาตร 1 ml ฉีดเข้าเครื่อง FID-GC เพื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทานอล รายงานในหน่วย mg/kg

ทำการวิเคราะห์ในวันที่ 0 (วันที่บรรจุและปิดผนึก) จากนั้นทำการวิเคราะห์ในรอบ 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 1 3 5 และ 7 วัน เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ไอรระเหยเอทานอลในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์

3. การวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสี

วิเคราะห์สีของใบชาสดด้วยเครื่อง HunterLab (Colorflex 4510, USA) รายงานค่าที่ได้ ในหน่วยของ L^* a^* และ b^* โดย L^* ความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 ซึ่ง 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ในขณะที่ a^* แสดงความเป็นสีเขียว ($-a^*$) สีแดง ($+a^*$) ส่วนค่า b^* แสดงสีน้ำเงิน ($-b^*$) และสีเหลือง ($+b^*$)

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid content) ในน้ำสกัดใบชาดำ ดำเนินการด้วยกระบวนการไตเตรทโดยใช้สารละลายมาตรฐานอินโดฟินอล (indophenols standard solution) นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำผลไม้โดยคิดเป็น มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิก ต่อ 100 g ประยุกต์วิธีของ หทัยพร กัมพวงค์ (2563) โดยใช้สูตร ดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (mg/100g)} = ((X-B) \times (F/E) \times 100)/(V-Y)$$

เมื่อ X คือ ปริมาตร indophenols solution ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (ml)

B คือ ปริมาตร indophenols solution ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง blank (ml)

F คือ ความเข้มข้นของ ascorbic acid standard solution (mg/ml)

E คือ ปริมาตรของ ascorbic acid standard solution (ml)

V คือ ปริมาตร indophenols standard ที่ใช้ในการไตเตรทสารละลายมาตรฐาน กรดแอสคอร์บิก (ml)

Y คือ ปริมาตร indophenols standard ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง blank (ml)

5. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ในใบชาสดดำเนินการด้วยการประยุกต์ วิธีของ อังคณา จันทรพลพันธ์ และคณะ (2562) โดยนำใบชาปริมาณ 2 g บดจนละเอียดแล้วเติม สารละลายอะซีโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 (v/v) ปริมาณ 20 ml เป็นตัวทำละลายคลอโรฟิลล์ จากนั้น นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 และเติมอะซีโตนลงไปจนไม่มีสีเขียวติดอยู่บน กระดาษกรอง ปรับปริมาตรด้วยสารละลายอะซีโตนให้ได้ปริมาตร 100 ml แล้วนำสารละลายที่ได้วัดค่า การดูดกลืนแสงด้วย เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer รุ่น Evolution 300 PC

บริษัท BEC Thai Bangkok Equipment & Chemical co., Ltd., Thailand) โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของตัวเปรียบเทียบกับ (blank) ที่เป็นสารละลายอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 80 (v/v) ในการศึกษาได้วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยสูตร ดังนี้

$$\text{Total chlorophyll (mg/100g)} = \frac{20.9(OD\ 645)+8.02(OD663)}{1000 \times W} \times V$$

กำหนดให้ V คือ ปริมาตรของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ (ml)
 W คือ น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์ (kg)
 OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง spectrophotometer

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์สถิติ

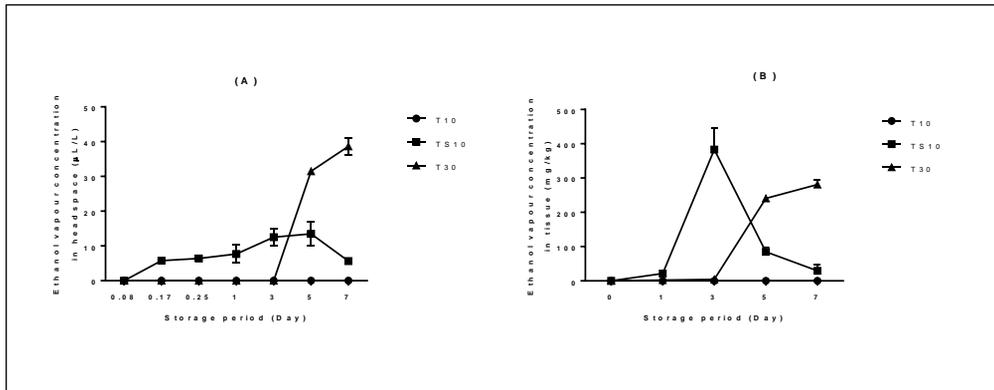
งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ดำเนินการ 3 ซ้ำการทดลอง ค่าที่วัดได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และความแตกต่างค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยใช้โปรแกรม SPSS

ผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้พบว่า ใบไชยาสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ในบรรจุภัณฑ์ active MAP (ตัวอย่างของสิ่งทดลองคือ TS10) มีความเข้มข้นของไอรอะเหยเอทานอลที่สะสมอยู่ในบรรจุภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพประกอบ 1A) ความเข้มข้นของไอรอะเหยเอทานอลเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 และมีค่าสูงสุดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา (ประมาณ 10-12 µL/L) จากนั้นความเข้มข้นของไอรอะเหยเอทานอลเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือในระดับ 2-3 µL/L ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ในทางตรงกันข้ามไม่สามารถวัดความเข้มข้นของไอรอะเหยเอทานอลในบรรยากาศของการบรรจุภัณฑ์ T10 ได้ตลอดอายุการเก็บรักษา แต่ในบรรจุภัณฑ์ T30 (สิ่งทดลองควบคุม) พบว่าค่าความเข้มข้นของไอรอะเหยเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นสูงและต่อเนื่อง ภายหลังจากการเก็บรักษา 3 วัน โดยค่าที่วัดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาอยู่ในช่วงความเข้มข้นเท่ากับ 35-40 µL/L

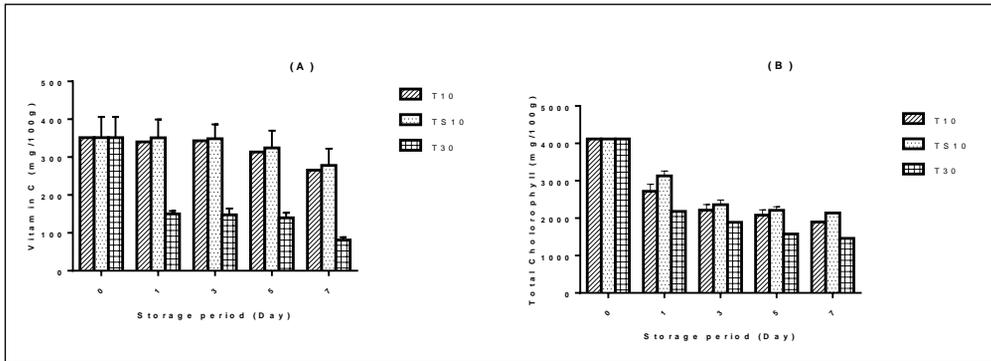
ในภาพประกอบ 1B แสดงผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเอทานอลในเนื้อเยื่อของใบไชยาเก็บรักษาในสิ่งทดลองต่าง ๆ โดยพบว่าความเข้มข้นของเอทานอลในใบไชยาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ active MAP (TS10) มีค่าสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ โดยเริ่มวัดค่าได้ในหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน

และมีค่าสูงสุดในวันที่ 3 (ประมาณ 400 mg/kg) จากนั้นค่าความเข้มข้นลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเก็บรักษา (ค่าเหลือประมาณ 29 mg/kg ในวันที่ 7) ทั้งนี้ไม่พบการสะสมของเอทานอลในเนื้อเยื่อของใบไชยาที่เก็บในบรรจุภัณฑ์พาสซีฟ (T10) ในทางตรงกันข้ามระดับความเข้มข้นของเอทานอลในใบไชยาเก็บรักษาที่ 30 °C (T30) มีค่าที่วัดได้หลังจากเก็บรักษา 3 วัน และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา



ภาพประกอบ 1 ความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอลที่สะสมในบรรยากาศภายในบรรยากาศของบรรจุภัณฑ์ (A) และความเข้มข้นของเอทานอลที่สะสมในเนื้อเยื่อใบไชยาสด (B) ในบรรจุภัณฑ์ประเภทต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C และ 30 °C เป็นเวลา 7 วัน (ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน n=9)

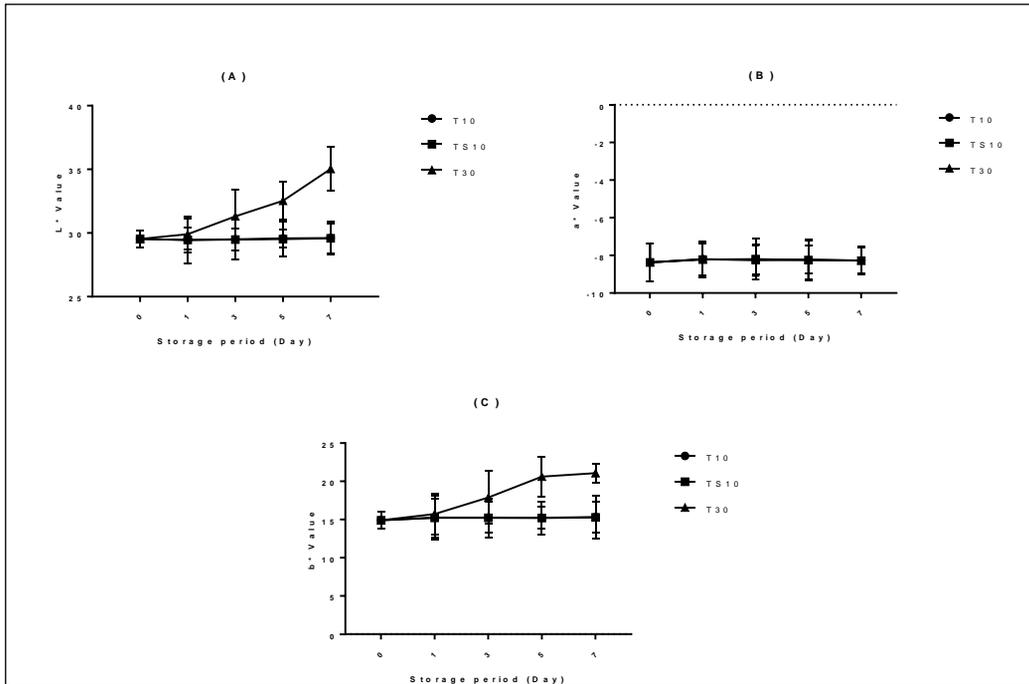
การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของใบไชยาสดที่เก็บสิ่งทดลองต่าง ๆ แสดงในภาพประกอบ 2A โดยพบว่าปริมาณวิตามินซีของใบไชยาในทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น (ประมาณ 350 mg/100g) ในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีในใบไชยา เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองประเภทที่อุณหภูมิ 10 °C และมีการลดลงจากค่าเริ่มต้นอย่างชัดเจนภายหลังจากเก็บรักษา 5 วัน โดยปริมาณของวิตามินซีของใบไชยามีค่าประมาณ 280-300 mg/100g ภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ในทางตรงกันข้ามปริมาณวิตามินซีของใบไชยาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าเริ่มต้นประมาณ 2.33 เท่าภายหลังจากเก็บรักษา 1 วัน และมีค่าต่ำกว่า 100 mg/100g ภายหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน (ภาพประกอบ 2A)



ภาพประกอบ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี (A) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (B) ของใบไชยาสด ในบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C และ 30 °C เป็นเวลา 7 วัน (ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน n=9)

ในภาพประกอบ 2B แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบไชยาสดในสิ่งทดลองต่าง ๆ โดยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบไชยาในสิ่งทดลองมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มต้น (ประมาณ 4,000 mg/100g) ทั้งนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดจากสิ่งทดลองเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่อุณหภูมิ 30 °C อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่าใบไชยาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ active MAP มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในบรรจุภัณฑ์ passive MAP แม้ว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของใบไชยาที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันอยู่ในช่วง 1,800-2,000 mg/100g และ 1,400 mg/100g สำหรับอุณหภูมิการเก็บรักษา 10 °C และ 30 °C ตามลำดับ (ภาพประกอบ 2B)

การเปลี่ยนแปลงสีของใบไชยาสดเก็บรักษาในสิ่งทดลองต่าง ๆ แสดงในภาพประกอบ 3 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นทราบว่า ค่าสีและค่าความสว่างของใบไชยาสดซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ในทุกบรรจุภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นอย่างชัดเจน และไม่มีความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองทั้งสอง อย่างไรก็ตามค่าความสว่างและค่าสีเหลือง (ค่า b^* ที่เป็นบวก) ของใบไชยาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีการเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตามค่าสีเขียว (ค่า a^* ที่เป็นลบ) ของใบไชยาในสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพประกอบ 3)



ภาพประกอบ 3 การเปลี่ยนแปลงสี L^* (A) a^* (B) และ b^* (C) ของไปซายาสด ในบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C และ 30 °C เป็นเวลา 7 วัน (ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $n=9$)

อภิปรายผลการวิจัย

การเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไอระเหยเอทานอล ในบรรยากาศของบรรจุภัณฑ์ active MAP สำหรับไปซายานี้แสดงให้เห็นว่าถึงไอระเหยเอทานอลได้ถูกปลดปล่อยออกมาจริงจากของแอดทิฟ จากเอกสารที่รวบรวมโดย Utto (2014) และวีรเวทย์ อุทโธ (2562) พบว่าการสะสมของไอระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ เป็นผลจากเกิดจากสมดุลของกระบวนการถ่ายโอนมวล (mass transport processes) ที่สำคัญ 3 กระบวนการ ประกอบด้วย (1) กระบวนการปลดปล่อยไอระเหยเอทานอลจากของแอดทิฟ (2) การเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยเอทานอลกับไปซายา และ (3) กระบวนการซึมผ่านไอระเหยเอทานอลจากบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์ไปยังสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองในการศึกษานี้สนับสนุนความรู้ในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยเอทานอล และไปซายา โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอทานอลในเนื้อเยื่อ และการชะลอการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอระเหยเอทานอลกับผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการสะสมของ

เอทานอลในเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นเอทานอลในเนื้อเยื่อ (ภาพประกอบ 1B) การเกิดปฏิกิริยาและสะสมเอทานอลในเนื้อเยื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ตั้งต้นของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ผลการวิจัยในการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Suzuki et al (2004) ซึ่งได้รายงานว่าไอรหะเหยเอทานอลที่ปลดปล่อยจากช่องแอกทิฟ ได้เกิดปฏิกิริยากับบร็อคโคลี่ ส่งผลให้ชะลอการชราภาพและการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญหนึ่งที่ทำให้บร็อคโคลี่ยังคงมีสีเขียวเข้มกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับบร็อคโคลี่ในสิ่งทดลองที่ไม่มีช่องแอกทิฟ ดังนั้น การชะลอการสูญเสียปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ในใบไชยาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ active MAP จึงอาจเป็นผลจากไอรหะเหยเอทานอลที่สะสมในบรรจุภัณฑ์ ทำให้การชราภาพและการเปลี่ยนแปลงสรีระวิทยาของใบไชยาเกิดขึ้นได้ช้าลง เมื่อพิจารณาภาพประกอบ 1 (ทั้ง A และ B) พบว่าความเข้มข้นของไอรหะเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์ passive MAP และเอทานอลในเนื้อเยื่อของใบไชยาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (T30) มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากเก็บรักษาในระยะเวลาหนึ่งแม้ว่าไม่มีช่องแอกทิฟ ผลการวิจัยดังกล่าวสนับสนุนองค์ความรู้ด้านอุณหภูมิเก็บรักษาที่สูงซึ่งกระตุ้นการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ให้ผลลัพท์ คือ เอทานอลหรือสารให้กลิ่นรสอื่น ๆ เช่น อะซีตัลดีไฮด์ (พัซรี มะลิลา และคณะ, 2562) แม้ว่าไอรหะเหยเอทานอลมีฤทธิ์ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การศึกษานี้ไม่ได้ทำการทดสอบสมบัติการชะลอเชื้อจุลินทรีย์ของการบรรจุภัณฑ์ active MAP เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และราของใบไชยาสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C มีค่าต่ำกว่า 6 log CFU/g และ 4 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคอาหารสดทั่วไป ตามมาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุข ในขณะที่การเก็บรักษาที่ 30 °C พบว่ามีใบไชยาบางใบที่สังเกตเห็นการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บนใบและ/หรือก้าน การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นเอทานอล ทั้งในบรรจุภัณฑ์และเนื้อเยื่อของใบไชยาเก็บในบรรจุภัณฑ์ passive MAP ที่อุณหภูมิ 30°C

การลดลงของความเข้มข้นไอรหะเหยเอทานอลในบรรยากาศของบรรจุภัณฑ์ active MAP (ภาพประกอบ 1A) เป็นผลจากการลดลงของเอทานอลเหลวบนวัสดุตัวพา (กระดาษกรอง) ในช่องควบคุมฯ ภายหลังจากการปลดปล่อยไอรหะเหยเอทานอลจากช่องแอกทิฟเข้าสู่บรรจุภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง และการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอรหะเหยเอทานอลกับใบไชยา ทั้งนี้การลดลงของความเข้มข้นเอทานอลในเนื้อเยื่อใบไชยาในบรรจุภัณฑ์ active MAP มีลักษณะคล้ายกันกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเอทานอลในเนื้อเยื่อผลหม่อนสดซึ่งรายงานโดย Choosung et al. (2019) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลจากกระบวนการทางเอนไซม์ โดยเอนไซม์ alcohol acyl transferase (AAT) ซึ่งเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นสารประกอบเอสเทอร์ซึ่งมีกลิ่นที่หอมขึ้น แม้ว่าในงานวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์สารประกอบเอสเทอร์ในเนื้อเยื่อของใบไชยา ผู้วิจัยได้กลิ่นอ่อน ๆ ที่หอมเหมือนผลไม้เมื่อเปิดบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ และไม่มีกลิ่นของเอทานอลที่รุนแรง ผลของไอรหะเหยเอทานอลต่อการเพิ่มคุณภาพด้านกลิ่นได้รายงาน

ในพืชอื่น ๆ เช่น หอมแดงสด มะละกอ และพริกหวาน (Utto et al., 2018; พัชรี มะลิลา และคณะ, 2562; นฤมล พิลาคุณ, 2563)

ในการศึกษานี้ ผลของไอรยะเหยเอทานอลต่อการเปลี่ยนแปลงวิตามินซีของใบไชยา ไม่ชัดเจน อาจเป็นผลจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ส่งผลให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของวิตามินซี เช่น เอนไซม์แอสคอร์เบตออกไซด์ (ascorbate oxidase) ที่ทำหน้าที่ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอสคอร์เบต (ascorbate) มีอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาที่ช้าลงเนื่องจากอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์สัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิแบบเอกซ์โปเนนเชียล (exponential relationship) หรือเรียกว่าความสัมพันธ์แบบอาร์เรเนียส (Arrhenius relationship) จากข้อมูลดังกล่าวจึงสนับสนุนการลดลงอย่างมากของปริมาณวิตามินซีในใบไชยาซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าสีเหลืองของใบไชยาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C สัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์เกิดจากปฏิกิริยาเอนไซม์ เช่น คลอโรฟิลล์เลส (chlorophyllase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่ทำให้เกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Yang et al., 2009) อัตราการเกิดปฏิกิริยามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแบบอาร์เรเนียสดังเช่นเอนไซม์แอสคอร์เบต ดังนั้นผลการศึกษาที่อุณหภูมิ 30 °C แสดงให้เห็นถึงผลด้านลบของการเก็บรักษาใบไชยาที่อุณหภูมิสูง ดังกรณีของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทั่วประเทศไทย ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมเสียของใบโดยเฉพาะคุณภาพด้านสี

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าใบไชยาสดที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ active MAP ที่อุณหภูมิ 10 °C มีศักยภาพในชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีแนวโน้มเกิดขึ้นได้ช้ากว่าการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ passive MAP การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการเก็บรักษาใบไชยาที่อุณหภูมิ 30 °C ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงดังกล่าวเป็นการจำลองการเก็บรักษาใบไชยาที่อุณหภูมิต่ำ ข้อมูลจากการวิจัยนี้ จึงสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการลดอุณหภูมิภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตภัณฑ์พืชสวน และการประยุกต์ใช้การบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยว

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษารั้งต่อไปควรมีการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอรยะเหยเอทานอลและองค์ประกอบทางเคมีเพื่อทราบถึงกลไกเชิงลึก เช่น รงควัตถุ หรือเอนไซม์ เนื่องจากการศึกษานี้ได้แสดง

ให้ทราบถึงศักยภาพของการบรรจุภัณฑ์ active MAP การทราบข้อมูลด้านกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่าง ๆ จะช่วยให้ผู้วิจัยและผู้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สามารถวางแผนทางของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของไปชยาหรือผลิตภัณฑ์สวนอื่น ๆ ด้วยการบรรจุภัณฑ์ active MAP ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา พกาวัลย์, ปฐมพงศ์ เพ็ญไชยา, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, วีรเวทย์ อุทโธ, สมโภชน์ น้อยจินดา และ เฉลิมชัย วงษ์อารี. (2562). การใช้ไอรระเหยเอทานอลในการควบคุมโรคข้าวผลเน่า และโรคแอนแทรกคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์สี่ในระยะผลสุก. *ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว*, 18(1), 1-4.
- ชลัญญา สุตา และ จอมสุตา ดวงวงษา. (2563). การใช้ใบห่อที่ห่อหุ้มแทนผงซุสในการผลิตน้ำปลาร้าปรุงรสสำเร็จรูปให้ได้ลักษณะทางกายภาพและรสชาติเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 14(3), 67-76.
- นฤมล พิลาคุน. (2563). *การพัฒนาบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดีดัดแปรแอคทีฟประเภทของควบคุม การปล่อยไอรระเหยเอทานอลสำหรับพริกหวานสด*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต).
- อุบลราชธานี: สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พัชรี มะลีลา, วีรเวทย์ อุทโธ และ ฤทธิรงค์ พฤษพิบูล. (2558). การพัฒนาของควบคุมการปล่อยไอรระเหยเอทานอลในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับหอมแดงสดปกเปลือก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 46 (พิเศษ), 223-226.
- พัชรี มะลีลา, วีรเวทย์ อุทโธ, ฤทธิรงค์ พฤษพิบูล, เรวัตติ ชัยราช และกฤตยา อุทโธ. (2562). ผลของชนิดฟิล์มพลาสติกต่อจลนศาสตร์การปล่อยไอรระเหยเอทานอล และการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 21(2), 146-156.
- มานิส คำวไล. (2562). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปริมผักไชยาสำเร็จรูปแช่แข็ง*. (วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- วรรณวิภา ภาพร, วีรเวทย์ อุทโธ และ ฤทธิรงค์ พฤษพิบูล. (2561). ผลของการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟโดยใช้ซองควบคุมการปล่อยไอรระเหยเอทานอลที่ทำจากฟิล์มย่อยสลายต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมะละกอสุกผาครึ่งลูก. 2561. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 49(4), 215-218.
- วีรเวทย์ อุทโธ. (2562). *การพัฒนาบรรจุภัณฑ์บรรยากาศดีดัดแปรแอคทีฟสำหรับผักและผลไม้สด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. อุบลราชธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

- วีรเวทย์ อุทโย, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด และ เรวัตี ชัยราช. (2555). การพัฒนาต้นแบบของควบคุมการปล่อยไอรระเหยเอทานอลสำหรับมะละกอสุกตัดสด. *วารสารเกษตรพรจอมเกล้า*, 30(2), 39-49.
- สังวาลย์ ชมพู่จำ. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเชิงสุขภาพด้วยการเสริมน้ำผักโขม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 6(2), 21 -31.
- หทัยพร กัมพวงค์. (2563). การพัฒนาของควบคุมการปล่อยไอรระเหยเอทานอลด้วยการกระตุ้นโดยความชื้นเพื่อการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับพริกหวานสด. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). อุบลราชธานี: สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- อังคณา จันทรพลพันธ์ ศิริยากร กุลเชื้อ และ สุนิสา หาเพียง.(2562). ผลของวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกุยช่าย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 50(2), 269-272.
- Amaya, N., padulosi, S. and meldrum, G. (2019). Value Chain Analysis of Chaya (Mayan Spinach) in Guatemala. *Economic Botany*, 74(1), 100-114.
- Babalola, J.O. and Alabi, O.O. (2015). Effect of processing methods on nutritional composition, phytochemicals, and anti-nutrient properties of chaya leaf (*Cnidoscolus aconitifolius*). *African Journal of Food Science*, 9(12), 560-565.
- Choosunga, P., Utto, W., Boonyaritthongchaia, P., Wasusrid, T., and Wongs-Areea, C. (2019). Ethanol vapor releasing sachet reduces decay and improves aroma attributes in mulberry fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 1-8.
- Eissler, S., Diatta, A.D., Heckert, J. and Nordehn, C. (2021). A qualitative assessment of a gender-sensitive agricultural training program in Benin: Findings on program experience and women's empowerment across key agricultural value chains. *International Food Policy Research Institute*. 39 pages.
- Firouz, M.S., Alimardani, R., Mobli, H. and Mohtasebi. S.S. (2021). Effect of modified atmosphere packaging on the mechanical properties of lettuce during shelf life in cold storage. *Information processing in agriculture*, 8.
- Kongphapa, J., Chupanit, P., S Anutrakulchai, S., Cha'on, U. and Pasuwan, P. (2021). Nutritional and phytochemical properties of Chaya leaves (*Cnidoscolus chayamansa* Mc Vaugh) planted in Northeastern Thailand. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 27(1), 1-10.

- Kuti, J.O. and Torres, E.S. (1996). Potential nutritional and health benefits of tree spinach. *Journal Janick (Eds). Progress in new crops*. ASHS Press Arlington, VA. 516-520.
- Laohasilpsomjit, S., John E.B. and Utto, W. (2017). Antimicrobial Activity of Mulberry Leaf Extract on Postharvest Soft Rot Caused by *Erwinia carotovora*. *วารสารการเกษตรราชภัฏ*, 16(1), 1-8.
- Namdammassiri, B., Puangtong, K. and Senphan, T. (2021). Development of low sodium seasoning powder product from chaya leaves. *International Virtual Undergraduate Symposium 2021 (NIVUS 2021)*.
- Panghal, A., Onakkaramadom S.A., Kiran N.K., Garg, M.K. and Chhikara, N. (2021). *Cnidocolus aconitifolius*: Nutritional, phytochemical composition and health benefits – A review. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 4(11), 260-286.
- Ramírez Rodrigues, M.M., Metri Ojeda, J.C., Díaz, M.G., and Baigts Allende, D.K. (2021). Use of Chaya (*Cnidocolous chayamansa*) Leaves for Nutritional Compounds Production for Human Consumption. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 65(1), 118-128.
- Suzuki, Y., Uji, T. and Terai, H. (2004). Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. *Postharvest Biology and Technology*, 31(2), 177-182.
- Torales, A.C., Gutierrez, D.R., and Rodriguez, S.C. (2020). Influence of passive and active modified atmosphere packaging on yellowing and chlorophyll degrading enzymes activity in fresh-cut rocket leaves. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 1-8.
- Utto, W. (2014). Factors affecting release of ethanol vapour in active modified atmosphere packaging systems for horticultural products. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 8(1), 75-85.
- Utto, W., Preutikul, R., Malila, P., Noomhorm, A., and Bronlund, J.E. (2018). Delaying microbial proliferation in freshly peeled shallots by active packaging incorporating ethanol vapour-controlled release sachets and low storage temperature. *Food Science and Technology International*, 24(2), 132-144.

- Utto, W., Pruthikul, R., Malila, P., Noomhorm, A., and Bronlund, J.E. (2016). Concentration and temperature dependences of effective ethanol vapor permeability of plastic films utilized in controlled release-based active packaging for horticultural products. *Key Engineering Materials*, 718(1), 45-48.
- Yang, X., Zhang, Z., Joyce, D., Huang, X., Xuc, L., and Pang, X. (2009). Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. *Food Chemistry*, 114(2), 383–390.

การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ Design of Menswear in Streetwear Style

อมรรัตน์ สุขจิตต์^{1*} ผจงจิต เหมพนม¹ และ กฤษกร แก้วโบราณ²

Amornrat Sukjit^{1*}, Phajongjit Hempanom¹, and Kitsakorn Keawboran²

สาขาวิชานวัตกรรมสิ่งทอและการออกแบบ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์¹

Textile Innovation and Design Program, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University¹

สาขาวิชาออกแบบแฟชั่นผ้าและเครื่องแต่งกาย คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Fashion and Apparel Design Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University
of Technology Phra Nakhon²

Email: amornrat.sj@bru.ac.th

Received : October 15, 2022

Revised : November 28, 2022

Accepted : December 6, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ และศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามความพึงพอใจและชุดต้นแบบ จำนวน 10 ชุด ได้แก่ 1) เสื้อกั๊ก กางเกงขาสั้น 2) เสื้อแขนสั้น กางเกงขายาว 3) เสื้อเชิ้ตโอเวอร์ไซส์แขนสั้น กางเกงขาสั้น 4) ชุดวอร์มสีชาวดำ 5) เสื้อวอร์มสีดำ กางเกงขายาว 6) เสื้อฮู้ดแขนยาว กางเกงขายาว 7) เสื้อฮาวายโอเวอร์ไซส์แขนยาว กางเกงขายาว 8) เสื้อฮาวายแขนสั้นติดกระดุม กางเกงขายาว 9) เสื้อฮาวายแขนสั้น กางเกงขายาว และ 10) ชุดหมี่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ บุรุษที่กำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 250 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่และค่าเฉลี่ย ผลการศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโดยรวมต่อการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ จำนวน 10 ชุด มีคะแนนเฉลี่ย 4.03 อยู่ในระดับดี ชุดมีความทันสมัย สามารถสวมใส่และใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน

คำสำคัญ: การออกแบบ เสื้อผ้าบุรุษ สตรีทแวร์

ABSTRACT

This research aimed to design of menswear in streetwear style and to explore the satisfaction of menswear in streetwear style. Instrumentation of this research is satisfaction questionnaire and prototype products of menswear in streetwear style including 1) vest and shorts 2) short sleeve shirt and pants 3) short sleeve oversized shirt and shorts 4) black-white tracksuit 5) black tracksuit and pants 6) long sleeve hoodie and pants 7) long sleeve oversized hawaiian shirt and pants 8) hawaiian shirt with buttons and pants 9) hawaiian shirt and pants and 10) mechanic jumpsuit. Survey and data collection method from a sample of 250 people who is men that study in Buriram Rajabhat University were used in this research by using the questionnaire as a tool to collect the information and data analysis as a frequency distribution and the average. The result found the satisfaction of customer to design of menswear in streetwear style was the average of 4.03 and good level. The products are fashionable and can be used in daily life.

Keywords: Design, Menswear, Streetwear

บทนำ

สตรีทแวร์ (Streetwear) เป็นรูปแบบการแต่งกายที่มีความเปลี่ยนแปลงไปตามพัฒนาการของสังคม โดยเริ่มต้นช่วงยุค ค.ศ. 1980 ในประเทศสหรัฐอเมริกา การแต่งกายรูปแบบสตรีทแวร์ถูกพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานอิทธิพลของวัฒนธรรมย่อย ส่งผลให้รูปแบบการแต่งกายสตรีทแวร์เป็นส่วนหนึ่งของการแสดงออกถึงความหลากหลายทางวัฒนธรรม ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นอยู่บนรากฐานของความเท่าเทียมและลัทธิหลักเสรีนิยม ที่บุคคลสามารถแสดงออกผ่านรูปแบบของการผสมผสานเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายจากหลากหลายวัฒนธรรมเข้าด้วยกัน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมในตลาดแฟชั่นระดับสากล (ซิโมพร สุครวีสงศ์, 2563) การแต่งกายรูปแบบสตรีทแวร์ถูกพัฒนาขึ้นจากการผสมผสานอิทธิพลของวัฒนธรรมย่อย เช่น วัฒนธรรมสเก็ตบอร์ด วัฒนธรรมฮิปฮอป ประกอบกับการแต่งกายประเภทกีฬา ซึ่งมีเอกลักษณ์คือรูปแบบการแต่งกายที่มีลักษณะลำลอง (Casual) เคลื่อนไหวสะดวก (Athleisure) และมีขนาดใหญ่กว่าตัว (Oversize) โดยมีเอกลักษณ์คือ การแต่งกายเพื่อแสดงออกถึงความเป็นปัจเจกบุคคลและแสดงทัศนคติของผู้สวมใส่ (บรรณวิทิต จิตชู, 2560)

จังหวัดบุรีรัมย์เป็นเมืองแห่งกีฬา มีการจัดการแข่งขันรถยนต์และรถจักรยานยนต์ระดับสากลหลายรายการ ส่งผลให้เกิดวัฒนธรรมการแต่งกายของกลุ่มผู้ใช้จักรยานยนต์ (Biker) โดยกลุ่ม

ผู้ซึ่งจักรยานยนต์ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ มีความต้องการเครื่องแต่งกายรูปแบบใหม่ที่มีความเท่ ทันสมัย ชุดคล้ายนักแข่งรถจักรยานยนต์อาชีพ ชุดนักแข่งจักรยานยนต์ส่วนมากทำมาจากหนังและเส้นใยสังเคราะห์ วัสดุจะมีความแข็งแรงมากกว่าเสื้อผ้าทั่วไป เป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้สวมใส่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ สามารถป้องกันบาดเจ็บแผลถลอกได้ แต่มีข้อเสียคือชุดราคาแพงและดูแลรักษายาก ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำปัญหาและความต้องการดังกล่าวมาออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากวัฒนธรรมของนักขี่จักรยานยนต์ เพื่อออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ให้มีลักษณะล้าลอง เคลื่อนไหวสะดวก มีความเท่ ทันสมัย และเลือกใช้วัสดุที่ราคาไม่แพง ดูแลรักษาง่าย แต่ยังสามารถช่วยป้องกันการเกิดบาดเจ็บบนร่างกายได้ ดังนั้นชุดต้นแบบที่ได้จากการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ จะสามารถตอบสนองความต้องการ และสร้างความพึงพอใจต่อกลุ่มผู้ซึ่งจักรยานยนต์ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ได้มากยิ่งขึ้น โดยจะส่งผลให้ผู้ผลิตเสื้อผ้าในจังหวัดบุรีรัมย์ได้รูปแบบเครื่องแต่งกายสำหรับผู้ซึ่งจักรยานยนต์รูปแบบใหม่ และทำให้ผู้ผลิตเสื้อผ้าในจังหวัดบุรีรัมย์มีรายได้เพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

สมมติฐานในการวิจัย

ต้นแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์มีความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายช่วงอายุ 18-22 ปี และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ โดยได้รับแรงบันดาลใจจากวัฒนธรรมของนักขี่จักรยานยนต์อยู่ในระดับมาก

ขอบเขตการวิจัย

1. ด้านเนื้อหา ศึกษาเฉพาะรูปแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์
2. ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง บุรุษที่กำลังศึกษาอยู่ใน มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
3. ด้านตัวแปรต้น ได้แก่ เสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ จำนวน 10 ชุด ตัวแปรตาม ได้แก่ ความพึงพอใจของบุรุษช่วงอายุ 18-22 ปี ต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์เป็นบุรุษช่วงอายุ 18-22 ปีที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 1-4 คณะวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 650 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบร่าง จำนวน 5 คน และกลุ่มเป้าหมายช่วงอายุ 18-22 ปี จำนวน 30 คน กลุ่มที่ 2 คือบุรุษช่วงอายุ 18-22 ปีที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 1-4 คณะวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร่ ยามาเน่ ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 และระดับความเชื่อมั่น 95% (Yamane, 1973) โดยวิธีการทำแบบสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) และเพื่อให้การเก็บข้อมูลของแบบสอบถามครบถ้วนสมบูรณ์ ผู้วิจัยมีการเผื่อความคลาดเคลื่อนของแบบสอบถาม ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เท่ากับ 250 คน

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ (ต้นแบบ) จำนวน 10 ชุด และแบบสอบถามออนไลน์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การทำเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ (ต้นแบบ) มีขั้นตอนดังนี้

1.1 นำผลการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาเป็นแนวทางในการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ประกอบด้วย เสื้อ และกางเกง มีแบบร่างจำนวน 15 แบบ

1.2 การเลือกแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเสื้อผ้า จำนวน 5 คน และกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน ผู้วิจัยคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเสื้อผ้าแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) วุฒิกศัการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป สาขาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเสื้อผ้า
- 2) อายุการทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเสื้อผ้า ไม่น้อยกว่า 5 ปี

ผู้วิจัยนำแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มเป้าหมายต่อการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษ จำนวน 15 แบบ โดยคัดเลือกให้เหลือจำนวน 10 แบบ

2. การสร้างแบบสอบถามออนไลน์ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาค้นหาข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมากำหนดขอบเขตของการวิจัย และเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม

2.2 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา นำมาสร้างแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ และด้านประโยชน์ในการใช้งาน ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า

2.3 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อพิจารณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยมากที่สุด

2.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยแจก QR Code หรือลิงค์แบบสอบถามออนไลน์ให้กับกลุ่มตัวอย่าง ตรวจสอบความถูกต้องของการตอบแบบสอบถาม และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ วิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์ให้คะแนน 1-5 มีความพึงพอใจน้อยที่สุดไปถึงมากที่สุด และกำหนดการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้ (ชานินทร์ ศิลป์จารุ, 2551)

4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด

3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

จากกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ผู้วิจัยได้ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การทำเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ (ต้นแบบ)

1. จากกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเสื้อผ้าบุรุษรูปแบบสตรีทแวร์ การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษรูปแบบสตรีทแวร์ ได้รับแรงบันดาลใจมาจากนักขี่จักรยานยนต์ โดยเลือกใช้รูปแบบ Classic Biker Style และ Biker Jacket Style เป็นการผสมผสานความเท่และความทะมัดทะแมงไว้บนผ้าแชมเบอร์รี่ซึ่งมีลักษณะคล้ายผ้าเดนิม แต่มีความบางกว่า จึงทำให้สวมใส่สบาย มีความทันสมัย สวมใส่ได้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงมีการเลือกใช้ผ้าวาเลนติโนที่มีความบางเบา แต่มีความทนอยู่ในตัว สีที่ใช้เป็นรูปแบบของ Classic Biker Style คือเป็นสีขาวและดำ ไม่มีลวดลายหรือโลโก้

2. การออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ผู้วิจัยได้ออกแบบเสื้อผ้าบุรุษ ประกอบด้วย เสื้อและกางเกง มีแบบร่างจำนวน 15 แบบ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

ผู้วิจัยนำแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มเป้าหมายต่อการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ โดยผู้วิจัยออกแบบไว้ จำนวน 15 แบบ และให้ผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมายคัดเลือกแบบที่เหมาะสม จำนวน 10 แบบ สรุปผลการเลือกแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการเลือกแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

รูปแบบ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
แบบที่ 1	✓		✓	✓	✓	4
แบบที่ 2	✓		✓	✓		3
แบบที่ 3			✓	✓	✓	3
แบบที่ 4		✓			✓	2
แบบที่ 5	✓	✓				2
แบบที่ 6	✓	✓	✓	✓	✓	5
แบบที่ 7	✓		✓	✓		3
แบบที่ 8	✓	✓	✓	✓	✓	5
แบบที่ 9	✓	✓	✓	✓	✓	5
แบบที่ 10		✓	✓		✓	3
แบบที่ 11		✓		✓	✓	3
แบบที่ 12	✓	✓			✓	3
แบบที่ 13			✓	✓	✓	3
แบบที่ 14	✓	✓				2
แบบที่ 15	✓	✓	✓	✓		4

ตารางที่ 2 ผลการเลือกแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์โดยกลุ่มเป้าหมาย

รูปแบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ลำดับความพึงพอใจ
แบบที่ 1	4.39	0.68	13
แบบที่ 2	4.20	0.89	15
แบบที่ 3	4.32	0.71	14
แบบที่ 4	4.43	0.54	12
แบบที่ 5	4.63	0.52	2
แบบที่ 6	4.51	0.58	8
แบบที่ 7	4.57	0.61	5
แบบที่ 8	4.61	0.59	4
แบบที่ 9	4.53	0.58	6
แบบที่ 10	4.48	0.66	9
แบบที่ 11	4.72	0.57	1
แบบที่ 12	4.63	0.57	3
แบบที่ 13	4.52	0.64	7
แบบที่ 14	4.45	0.71	11
แบบที่ 15	4.47	0.74	10

จากตารางที่ 1 และ 2 ผลการเลือกแบบร่างเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจที่ตรงกันในรูปแบบที่ 8 และ 9 จากนั้นได้เลือกลำดับที่มีความพึงพอใจในลำดับถัดไป ได้แก่ รูปแบบที่ 1, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, และ 15 นำผลสรุปที่ได้ไปตัดเย็บต้นแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ จำนวน 10 ชุด ดังภาพประกอบ 2 ซึ่งมีรายละเอียดของชุดดังต่อไปนี้

แบบที่ 1 เสื้อกั๊ก กางเกงขาสั้น

แบบที่ 5 เสื้อแขนสั้น กางเกงขายาว

แบบที่ 6 เสื้อเชิ้ตโอเวอร์ไซส์แขนสั้น กางเกงขาสั้น

แบบที่ 7 ชุดวอร์มสีขาวย ตกแต่งด้วยสีดำ

แบบที่ 8 เสื้อวอร์มสีดำ กางเกงขายาว

แบบที่ 9 เสื้อฮู้ดแขนยาว กางเกงขายาว

แบบที่ 10 เสื้อฮาวายโอเวอร์ไซส์แขนยาว กางเกงขายาว

แบบที่ 12 เสื้อฮาวายแขนสั้นติดกระดุม กางเกงขายาวเจาะกระเป๋าหน้าทั้ง 2 ข้าง
 แบบที่ 13 เสื้อฮาวายแขนสั้น กางเกงขายาว
 แบบที่ 15 ชุดหมี่ เสื้อแขนยาวติดซิปยาวหน้า ปกเชิ้ตติดกระเป๋าด้านหน้าทั้ง 2 ข้าง ปลายขา
 กางเกงใส่ยางยืด เจาะกระเป๋าข้างทั้ง 2 ข้าง



ภาพประกอบ 2 ต้นแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ วิเคราะห์ด้วย ค่าเฉลี่ย มีผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (แบบที่)										ค่าเฉลี่ยโดยรวม	ระดับความพึงพอใจ
	1	5	6	7	8	9	10	12	13	15		
1. ออกแบบทันสมัยตามแฟชั่น	3.83	4.18	4.11	4.08	4.09	3.94	3.66	3.95	3.82	3.56	3.92	มาก
2. ออกแบบมีความเท่ ดูดี	3.75	4.00	4.08	4.04	3.99	3.68	3.62	3.83	3.70	3.57	3.83	มาก
3. สีสื้ใช้เหมาะสมกับสตรีทแวร์	3.64	4.18	4.21	4.04	3.94	3.97	3.71	4.00	3.73	3.58	3.90	มาก
4. ผ้าที่ใช้มีความเหมาะสม	3.80	4.16	4.22	4.03	4.04	3.94	3.70	4.00	3.76	3.61	3.93	มาก
5. รูปแบบเหมาะสมกับการใช้งาน	4.01	4.21	4.23	4.12	4.08	4.09	3.88	3.94	3.76	3.63	4.00	มาก
6. มีความสะดวกในการสวมใส่และการจัดเก็บ	4.02	4.15	4.30	4.21	4.07	4.08	3.84	4.10	3.98	3.64	4.04	มาก
7. ง่ายต่อการบำรุงรักษาและการทำความสะอาด	4.10	4.27	4.31	4.28	4.19	4.17	3.88	4.12	4.03	3.84	4.12	มาก
8. สามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์	4.13	4.34	4.38	4.32	4.21	4.20	3.96	4.28	4.08	3.79	4.17	มาก
เฉลี่ย	4.29	4.19	4.26	4.14	4.08	4.04	3.78	4.03	3.86	3.66	4.03	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อการออกแบบเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ ทั้งหมด 10 แบบ ด้านสามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ มีคะแนนเฉลี่ย 4.17 ด้านง่ายต่อ

การบำรุงรักษา และการทำความสะอาด มีคะแนนเฉลี่ย 4.12 ด้านมีความสะดวกในการสวมใส่และการจัดเก็บ มีคะแนนเฉลี่ย 4.04 ด้านรูปแบบเหมาะสมกับการใช้งาน มีคะแนนเฉลี่ย 4.00 ด้านผ้าที่ใช้มีความเหมาะสมกับการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ย 3.93 ด้านออกแบบทันสมัยตามแฟชั่น มีคะแนนเฉลี่ย 3.92 ด้านสีที่ใช้มีความเหมาะสมกับแนวสตรีทแวร์ มีคะแนนเฉลี่ย 3.90 ด้านการออกแบบมีความเท่ดูดี มีคะแนนเฉลี่ย 3.83 มีระดับความพึงพอใจโดยภาพรวม มีคะแนนเฉลี่ย 4.03 ระดับความพึงพอใจมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อเสื้อผ้าบุรุษในรูปแบบสตรีทแวร์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก การที่ ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อชุดเสื้อผ้าบุรุษอยู่ในระดับมากทุกรูปแบบอาจเนื่องมาจากประเด็นต่าง ๆ ใน 2 ด้าน ดังนี้

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัย พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับมากทุกข้อ ทั้งนี้เนื่องจากว่า การออกแบบรูปแบบเสื้อผ้าบุรุษ ได้คำนึงถึงรูปแบบการดีไซน์ ทันสมัยตามแฟชั่น ความเท่ และความดูดี เลือกใช้สีที่มีความเหมาะสมกับแนวสตรีทแวร์ ได้แก่ สีขาว และสีดำ เลือกใช้ผ้าที่มีความเหมาะสมกับการออกแบบ ได้แก่ ผ้าแชมเบอร์รี่ ผ้าวาเลนติโน่ ผ้าไมโครพีช และฝ้ายยีนส์เทียม สอดคล้องกับ วลีสา โสวรรณ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การออกแบบเครื่องแต่งกายสุภาพสตรีรูปแบบสตรีทแวร์ โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากการแต่งกายและหน้ากากของวงดนตรีเมทัล Slipknot ซึ่งสามารถนำการเลือกวัสดุ สี และรูปแบบมาประยุกต์ใช้ ให้สามารถสวมใส่ได้จริงตัดทอนให้เกิดรูปแบบใหม่ ๆ เพื่อให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น

ด้านประโยชน์การใช้งาน ผลการวิจัย พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก การออกแบบรูปแบบเสื้อผ้าบุรุษได้คำนึงถึงความเหมาะสมกับการใช้งาน ความสะดวกในการสวมใส่ และการจัดเก็บ ง่ายต่อการบำรุงรักษา และการทำความสะอาด สามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ สอดคล้องกับ ชาลิสสา อภิวัฒน์ศรี และพัชชา อุทิสวรรณกุล (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การออกแบบเครื่องแต่งกายสตรีสตรีทแวร์จากแนวคิดคอสเพลย์ประเทศญี่ปุ่นเพื่อตลาดไทย โดยใช้แนวคิดจากเครื่องแต่งกายประเภทคอสเพลย์ของประเทศญี่ปุ่น ให้เป็นสินค้าที่ทันสมัย และสามารถสวมใส่ได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย และสร้างความแปลกใหม่ให้กับเครื่องแต่งกายสตรีทแวร์ในปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาแฟชั่นรูปแบบสตรีทแวร์ในวัฒนธรรมที่หลากหลาย เพื่อขยายขอบเขตความต้องการของผู้บริโภคให้กว้างขึ้น และควรศึกษาวัสดุและโทนสีที่เหมาะสมกับสตรีทแวร์ เพื่อให้ได้ตรงความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- ชไมพร สุครวัศวรงค์. (2563). การออกแบบเครื่องแต่งกายสตรีทแวร์สำหรับกลุ่มนิยมความหลากหลายทางวัฒนธรรมจากแนวคิดศิลปะลัทธินีโอ-ดาดา. *ดีไซน์เอคโค วารสารด้านการออกแบบ*, 1(1), 46-60.
- ชาลีสา อภิวัฒน์ศร และ พัดชา อุทิศวรรณกุล. (2558). การออกแบบเครื่องแต่งกายสตรีทแวร์จากแนวคิดคอสเพลย์ประเทศญี่ปุ่นเพื่อตลาดไทย. *วารสารศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2(1), 7-17.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2551). *การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS*. กรุงเทพฯ: วีอินเตอร์ พรินท์.
- บรรณวิทิต จิตชู. (2560). *การออกแบบเครื่องแต่งกายจากเสื้อผ้ามือสอง แนวคิดสตรีทแฟชั่น (Street fashion)*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วลิสชา โสวรรณนา. (2558). *การออกแบบเสื้อผ้าสตรีรูปแบบสตรีทแวร์โดยได้รับแรงบันดาลใจมาจากหน้ากากของวงดนตรีเมทัล Slipknot*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd ed. New York: Harper and Row.

ระบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อสุขภาพในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง A Healthcare Digital Technology System for Non-Communicable Disease Surveillance

ชนินทร์ มหัทธนะชัย^{1*}, บุษราภรณ์ มหัทธนะชัย²

Chanin Mahatthanachai^{1*}, Butsaraporn Mahatthanachai²

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่^{1,2}

Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University^{1,2}

Email: chaninm2000@gmail.com

Received : August 22, 2022

Revised : December 12, 2022

Accepted : December 20, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1) เพื่อศึกษาบริบทและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพของผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน 2) เพื่อพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน 3) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากกลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข กลุ่มภาคีเครือข่าย และเลือกกลุ่มวิจัย จำนวน 3 กลุ่มมาเป็นกรณีศึกษา คือ 1. กลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง 2. กลุ่มชาติพันธุ์ม้ง 3. กลุ่มชาติพันธุ์ละว้า โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัล โดยวิธีการ System Development Life Cycle ระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่เกิดขึ้น สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการ ผู้วิจัยได้จัดสัมมนาเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และจัดทำแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ ประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบประเมิน ทำการศึกษาความพึงพอใจในการทดลองใช้ระบบ สถิติที่ใช้คือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่า ความพึงพอใจในภาพรวมในด้านคุณภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี ผลการวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศที่ได้มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน

คำสำคัญ: โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล กลุ่มชาติพันธุ์
ระบบเทคโนโลยีดิจิทัล

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to investigate the context and fundamental factors affecting the health of the ethnic minority elderly in the upper northern region of Thailand, 2) to develop a healthcare digital technology system for non-communicable diseases (NCDs) surveillance of the ethnic minority elderly in the study areas, and 3) to transmit knowledge about nutrition and the digital technology for non-communicable diseases surveillance. In this study, the preliminary data were gathered from a group of public health officers and the stakeholders, including provincial health officers, sub-district administration organization officers, municipal administration organization officers, teachers, monks, community leaders, and village health volunteers. The purposive sampling method was applied to select the sample group for this case study, which included Karen, Hmong and Lawa elderly residents. Moreover, the System Development Lifecycle was used to develop the digital technology to transfer nutrition knowledge. A seminar was conducted for knowledge transference, and a questionnaire was administered to explore the satisfaction with the application of the healthcare digital technology system. The descriptive statistics was used to analyze the data for mean and standard deviation.

The research results revealed that the overall satisfaction with the system quality was at a high level with the mean of 4.05 and the standard deviation of 0.75. It was furthermore revealed that the quality of the healthcare digital technology system was appropriate for implementation.

Key Words: Non-Communicable Disease, Tambon Health Promotion Hospital, Ethnic Group, Digital Technology System

บทนำ

โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เรียกชื่อย่อว่า โรคกลุ่ม NCDs ย่อมาจาก Non-communicable diseases คือโรคไม่ติดต่อ โรคกลุ่ม NCDs เป็นโรคที่เกี่ยวกับนิสัยหรือพฤติกรรม การดำเนินชีวิต สำหรับสถานการณ์โรคไม่ติดต่อเรื้อรังของประเทศไทย ในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาพบว่า มีผู้เสียชีวิตด้วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังถึงร้อยละ 75 ของการเสียชีวิตทั้งหมด หรือราว 320,000 คนต่อปี (กรมควบคุมโรค กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, 2562) ในจำนวนนี้พบว่า ประมาณครึ่งหนึ่งหรือราวร้อยละ 55

เสียชีวิต ที่อายุต่ำกว่า 70 ปี สาเหตุเกิดจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังลำดับ จำนวน 4 โรคสำคัญ คือโรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคเบาหวาน และโรคทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการแก้ปัญหาเนื่องจากในปี พ.ศ. 2565 จำนวนประชากรทั้งหมด 70 ล้านคน หากคิดอัตราส่วนจากประชากรทั้งประเทศ มีจำนวนโทรศัพท์มือถือสูงถึง 95.6 ล้านเครื่อง คิดเป็นร้อยละ 136.5 มีผู้ใช้งานในระบบออนไลน์ 54.5 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 77.8 และมีจำนวนผู้ใช้งานโซเชียลมีเดีย 56.85 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 81.2 (Kemp, 2022) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าการนำโมบายแอปพลิเคชันมาใช้กับกลุ่มสูงวัยจะช่วยส่งเสริมในด้านการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยเฉพาะการป้องกันการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงได้แนวคิดพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังขึ้น เพื่อเป็นการรณรงค์ให้ประชาชนได้เข้าถึงข้อมูลที่สะดวกและรวดเร็วเพื่อให้รู้ทันการเกิดโรคในผู้ป่วยรายใหม่ หรือรักษาตนไม่ให้มีอาการของโรครุนแรงขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาบริบทและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพของผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน
2. เพื่อพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน
3. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคไม่ติดต่อเรื้อรังนั้นมีความหลากหลาย การชี้ว่าประเด็นใดเป็นประเด็นสำคัญนั้นต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิจัย ทั้งจากนักวิชาการ ทางการแพทย์ สาธารณสุข วิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ เพื่อจะตอบทั้งปัญหาด้านการให้การรักษาพยาบาล การจัดระบบการให้บริการ การสื่อสารสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ การหาแนวทางเสริมสร้างให้ประชาชนมีพฤติกรรมที่เหมาะสม และการประเมินผลกระทบด้านนโยบาย ด้านสังคม และด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะเกิดจากรอคไม่ติดต่อเรื้อรังมาประกอบ พบว่ามีผู้ดำเนินการวิจัยในด้านโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดย ราม รั้งสินธุ์ (2563) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบบริการปฐมภูมิสำหรับผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบบริการปฐมภูมิสำหรับผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโดยใช้นวัตกรรมช่วยเหลือผู้ป่วยที่บ้านเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ทางสุขภาพและคุณภาพชีวิตก่อนและหลังมีนวัตกรรม และเปรียบเทียบผลลัพธ์ทางสุขภาพและคุณภาพชีวิตในกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับนวัตกรรม ช่วยเหลือผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่

บ้าน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชัย เทียนถาวร และคณะ (2565) ที่พัฒนานวัตกรรมส่งเสริมและควบคุมโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในชุมชน โดยนำเทคโนโลยีไอทีและอุปกรณ์อัจฉริยะมาดูแลผู้สูงอายุในบ้าน ซึ่งในอนาคตประชากรผู้สูงอายุจะมีจำนวนมากขึ้นอายุยืนยาวมากขึ้น จึงมีโอกาสเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มขึ้น (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2564) การให้ความรู้เสริมสร้างคุณภาพชีวิตของผู้สูงวัยที่มีโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจะช่วยให้ปรับตัวตามสถานการณ์ต่าง ๆ ส่งผลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี (อุไรวรรณ ทศนีย์สุวรรณ, 2564) ดังนั้น การนำนวัตกรรมเทคโนโลยีมาช่วยสนับสนุนให้ความรู้ด้านสุขภาพในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีส่วนช่วยให้คุณภาพชีวิตกลุ่มผู้สูงวัยดีขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชน ทีมนักวิจัย ผู้นำชุมชน ท้องถิ่น และนักศึกษาที่เรียนด้านคอมพิวเตอร์ มีส่วนร่วมในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยนี้ได้แก่ ผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ซึ่งอาศัยบนพื้นที่สูง ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) ลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การเลือกกลุ่มตัวอย่างทำโดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ในเรื่องของการดูแลสุขภาพในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้ทำวิจัย การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Judgement sampling ลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จำนวนกลุ่มเป้าหมายสังคมผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์บนพื้นที่สูง 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยง จำนวน 10 คน 2) กลุ่มชาติพันธุ์ม้ง จำนวน 10 คน และ 3) กลุ่มชาติพันธุ์ละว้า จำนวน 4 คน

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) การพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลด้านสุขภาพะในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน และ 2) แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพของระบบ เพื่อศึกษาการใช้งานประสิทธิภาพของระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์

วิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาแนวคิดจากเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับด้านโรคไม่ติดต่อเรื้อรังและสำรวจพื้นที่บริบทในชุมชน

2) จัดเวทีชุมชนแลกเปลี่ยนการเรียนรู้เพื่อถอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพ

3) พัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ โดยใช้หลักการ System Development Life Cycle การอธิบายการทำงานด้วยแผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram Level 0) และแผนภาพแสดงลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพ (Dialogues Diagram) การพัฒนาแอปพลิเคชัน และการประเมินประสิทธิภาพระบบ

4) จัดอบรมถ่ายทอดความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ประเมินผลและสรุปผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การสัมภาษณ์ กลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุข กลุ่มภาคีเครือข่าย เช่น โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพระบาทห้วยต้ม อำเภอเถลิง จังหวัดลำพูน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลละออบ อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นต้น การอบรมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการบริหารจัดการ โครงการ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ฐานข้อมูล ตลอดจนนิตยสารนิตยสารอินเทอร์เน็ต รวมถึงข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลจากผู้ใช้งาน ดังนี้

1) ข้อมูลพื้นฐานของสถิติประชากรใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อจัดเป็นหมวดหมู่ จะได้ทราบลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้รายงานผลค่าเฉลี่ยและจัดอันดับความพึงพอใจโดยการรับรู้

2) เกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูล ในการตัดสินใจความพึงพอใจในการใช้งานของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ พิจารณาจากค่าคะแนนของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละข้อ ผู้วิจัยได้กำหนดค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในการตอบแบบสอบถาม ออกเป็น 5 ระดับ ดังนั้นแต่ละระดับจะมีคะแนนแตกต่างกัน (Class Interval) โดยคำนวณค่าอัตราภาคชั้น = $((\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}) / \text{จำนวนชั้น})$ แทนค่า อัตราภาคชั้น = $((5-1)/5) = 0.8$

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยได้จำแนกผลตามวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ ดังรายละเอียดนี้

1. ผลการศึกษาบริบทและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพของผู้สูงวัย

การศึกษาข้อมูลบริบทและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพของผู้สูงวัย โดยดำเนินการ 2 ส่วนคือ 1) ศึกษาแนวคิดจากเอกสารและสำรวจพื้นที่บริบทในชุมชน โดยสัมภาษณ์และรวบรวมข้อมูลจากบุคลากรทางการแพทย์ของโรงพยาบาลฝาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากในพื้นที่อำเภอฝางมีกลุ่มชาติพันธุ์หลายกลุ่ม จากการสัมภาษณ์ทราบว่าผู้ป่วยที่มารักษาโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีจำนวนเพิ่มขึ้น สาเหตุหลักมาจากพฤติกรรมบริโภคอาหาร ต้มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ ภาวะความเครียด การเข้ามารักษาของผู้ป่วยที่อยู่พื้นที่ห่างไกลจะมีความลำบาก โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจึงมีส่วนสำคัญในดูแลการรักษา ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลพระบาทห้วยต้ม และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านละอูบ 2) จัดเวทีแลกเปลี่ยนการเรียนรู้เพื่อถอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพจากชุมชน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ชาติพันธุ์ปกากะญอ หรือเรียกว่ากระเหรี่ยง ในตำบลพระบาทห้วยต้ม ตำบลนาทราย อำเภอฝาง จังหวัดลำพูน ซึ่งพบว่า ชาวบ้านมีพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารรสเค็มมาก การปรุงอาหาร จะใช้ผงชูรสจำนวนมาก การต้มสุราและสูบบุหรี่ กลุ่มที่ 2 ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ละว้า บ้านละอูบ ตำบลห้วยหอม อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่าการปรุงอาหารของชุมชนจะทำถั่วเน่ามาปรุงรสอาหาร ถ้าใส่อาหารปริมาณมาก ๆ ก็จะมีรสเค็มจัดได้ และปัญหาจากการต้มสุรา ภาวะความเครียด กลุ่มที่ 3 ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง บ้านแม่सान้อย ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีทั้งกลุ่มวัยรุ่นและผู้สูงวัย ซึ่งมาจากพฤติกรรมบริโภคที่เปลี่ยนไปตามแบบวิถีชีวิตสังคม การสัมภาษณ์ชุมชนดังกล่าวอย่างภาพประกอบ 1

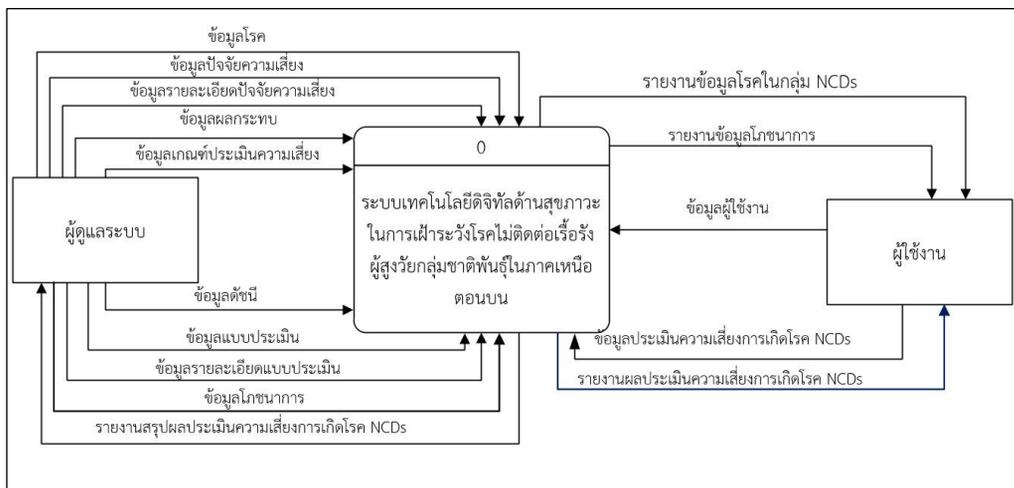


ภาพประกอบ 1 สัมภาษณ์ชุมชนกลุ่มชาติพันธุ์กระเหรี่ยง (ภาพซ้าย) และม้ง (ภาพขวา)

2. ผลการพัฒนาในระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

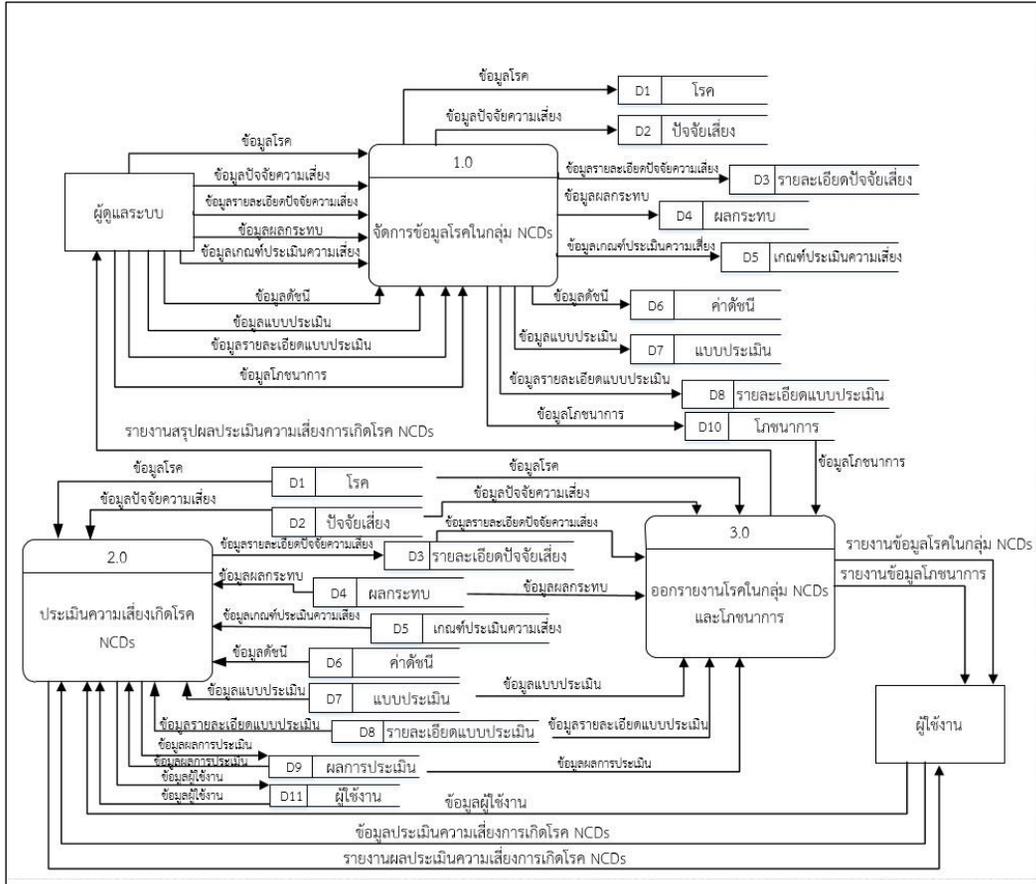
การพัฒนาในระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ โดยมีขั้นตอนคือ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาแอปพลิเคชัน และประเมินประสิทธิภาพระบบ ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยใช้หลักการ System Development Life Cycle การอธิบายการทำงานด้วยแผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพแสดงลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพ ดังภาพประกอบ 2-4



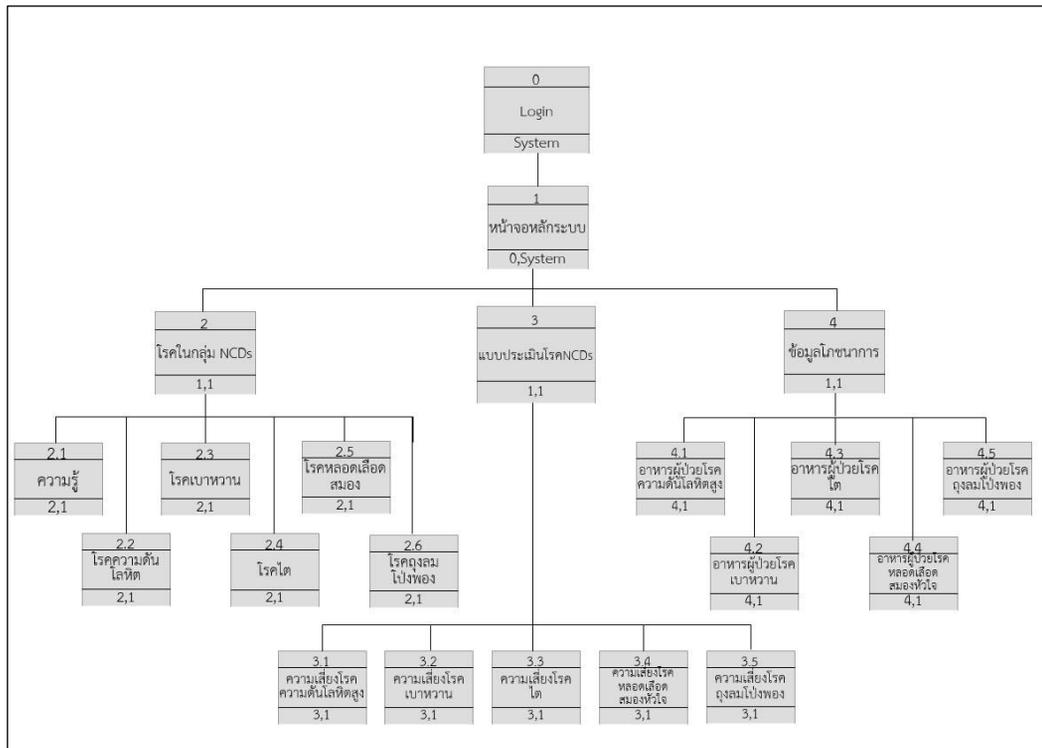
ภาพประกอบ 2 แผนภาพบริบท (Context Diagram)

จากภาพประกอบ 2 แสดงภาพบริบทของระบบเทคโนโลยีดิจิทัลด้านสุขภาพในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือตอนบน ซึ่งผู้ใช้ระบบแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ 1) ผู้ดูแลระบบ จะจัดการข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรคในกลุ่ม NCDs และโภชนาการ 2) ผู้ใช้งาน สามารถตอบคำถามเพื่อประเมินความเสี่ยงเกิดโรค NCDs และแสดงข้อมูลเกี่ยวกับโรคในกลุ่ม NCDs และโภชนาการ การทำงานของระบบแสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram Level 0)

ภาพประกอบ 3 แสดงกระแสข้อมูลในระดับ 0 ซึ่งแสดงขั้นตอนการทำงานหลักทั้งหมด ทิศทางการไหลของข้อมูล และแหล่งจัดเก็บข้อมูล โดยการทำงานหลักแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) การจัดการข้อมูลโรคในกลุ่ม NCDs 2) ประเมินความเสี่ยงเกิดโรค NCDs 3) การแสดงรายงานโรคในกลุ่ม NCDs และข้อมูลโภชนาการ ผลจากการวิเคราะห์ระบบนำมาสู่การออกแบบระบบโดยลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพดังแผนภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนภาพแสดงลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพ (Dialogues Diagram)

ภาพประกอบ 4 แสดงการออกแบบหน้าจอภาพและลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพ เมื่อเข้าระบบแล้ว จะเข้าสู่หน้าจอภาพหลักของระบบ ซึ่งมีเมนูเลือก 3 กลุ่ม คือ 1) โรคในกลุ่ม NCDs 2) แบบประเมินโรค NCDs และ 3) ข้อมูลโภชนาการ ผู้เข้าระบบโดยกลุ่มผู้ดูแลระบบจะสามารถจัดการข้อมูลพื้นฐานและปัจจัยโรคในกลุ่ม NCDs ได้ และกลุ่มผู้ใช้งานจะสามารถทดสอบจากแบบประเมินความเสี่ยงเป็นโรค NCDs และแสดงรายงานต่าง ๆ ได้

2.2 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

เมื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบแล้ว ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน โดยเข้าระบบจาก URL : <http://www.ncd.cmru.ac.th/> โดยออกแบบหน้าจอภาพตามลำดับการเชื่อมโยงของจอภาพดังภาพประกอบ 4 เมื่อล็อกอินเข้าสู่ระบบแล้วจะปรากฏหน้าจอหลักดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 (ก) หน้าจอหลัก (ข) โรคในกลุ่ม NCDs

จากภาพประกอบ 5 (ก) หน้าจอหลัก จะประกอบด้วยตัวเลือก 3 เมนูคือ 1) โรคในกลุ่ม NCDs 2) แบบประเมินโรค NCDs 3) ข้อมูลโภชนาการ เมื่อคลิกเลือกเมนูหลัก 1 โรคในกลุ่ม NCDs จะปรากฏหน้าจอเมนูย่อยของโรคในกลุ่ม NCDs ดังภาพ (ข) สามารถคลิกดูรายละเอียดข้อมูลแต่ละโรคได้ หากคลิกเมนูหลัก 2 แบบประเมินโรค NCDs จะปรากฏดังนี้



ภาพประกอบ 6 แบบประเมินโรค NCDs

จากภาพประกอบ 6 เมื่อเลือกเมนูหลัก แบบประเมินโรค NCDs จะปรากฏเมนูย่อย เช่น ความเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ความเสี่ยงโรคเบาหวาน เป็นต้น หากคลิกเมนูย่อย จะปรากฏแบบสอบถามประเมินความเสี่ยงของโรค ให้ผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามแล้วระบบจะแจ้งผลการประเมินความเสี่ยงการเกิดโรคนั้น หากต้องการทราบข้อมูลโภชนาการให้คลิกเมนูหลัก 3 ข้อมูลโภชนาการ จะปรากฏดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ข้อมูลโภชนาการ

จากภาพประกอบ 7 เมื่อเลือกเมนูหลัก ข้อมูลโภชนาการ จะปรากฏเมนูย่อย เช่น อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เป็นต้น หากคลิกเมนูย่อย จะปรากฏข้อมูลโภชนาการอาหารสำหรับผู้ป่วยแต่ละโรค

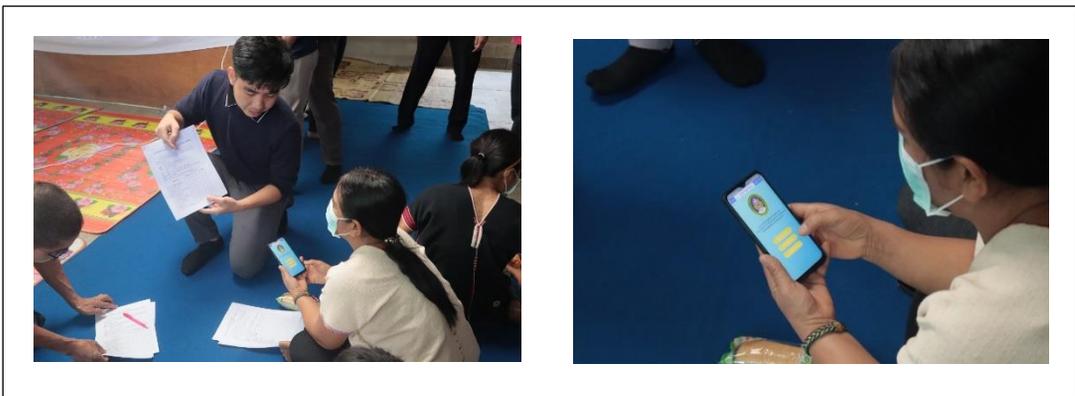
2.3 ประเมินประสิทธิภาพระบบ

หลังจากได้พัฒนาระบบและให้ผู้ร่วมวิจัยทดลองใช้งานระบบแล้ว ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพระบบโดยประเมินจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 24 คน จากนั้นประมวลผลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลสรุปโดยภาพรวมมีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.05, S.D.=0.75) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อจาก 3 อันดับแรก พบว่า การออกแบบให้ใช้งานง่ายเมนูไม่ซับซ้อน มีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (\bar{X} =4.51,

S.D.=0.66) รองลงมาคือ ความเป็นปัจจุบันของข้อมูล ความสะดวกสวยงาม มีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.33, S.D.=0.76) และ ความสามารถของระบบในการนำไปใช้ประโยชน์ มีผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.25, S.D.=0.74) ตามลำดับ

3. การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

การถ่ายทอดองค์ความรู้ โดยผู้วิจัยได้ทำการจัดอบรมถ่ายทอดความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง และประชาสัมพันธ์เผยแพร่ความรู้แบบมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้นำเสนอการติดตั้งแอปพลิเคชันใช้งานบนเครื่องสมาร์ทโฟนและอธิบายการใช้งาน ดังตัวอย่างภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 อบรมการติดตั้งและการใช้งานแอปพลิเคชัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาบริบทและปัจจัยพื้นฐานในการส่งผลด้านสุขภาพ กลุ่มวิจัยในพื้นที่พบว่า สาเหตุหลักการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเกิดจากพฤติกรรมบริโภคอาหารรสหวานมันเค็ม ในปริมาณมาก เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ ภาวะความเครียด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบผู้ป่วยมีพฤติกรรมบริโภคอาหารหวานมันเค็มมาก (พรภัทรา แสนเหลา และ อดิณญา ลาลูน, 2562) ด้านความเครียด การดื่มสุรา การสูบบุหรี่ และขาดการออกกำลังกาย (วัชรินทร์ คำสา, 2564; เอมอร ชัยประทีป, 2560) นอกจากนี้ยังมีพฤติกรรมความเสี่ยงจากการขาดการออกกำลังกาย การพักผ่อนไม่เพียงพอ และยารักษาโรค วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรังสำหรับผู้สูงวัยกลุ่มชาติพันธุ์ ได้แนะนำความรู้เกี่ยวกับโรคในกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรัง การประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรค และการให้ความรู้ด้านโภชนาการ เพื่อเป็นการสนับสนุนด้านสุขภาพและป้องกันเฝ้าระวังการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยรูปแบบการพัฒนาโปรแกรมสอดคล้องกับงานวิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันคัดกรองกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานและความดันสูง (จุฬาลักษณ์ มณีเลิศ, 2564) และโปรแกรม NCD การเฝ้าระวังและรักษา

โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง (ทิพาพร ราชาไกร และ จักรายุทธ ภาณุตานนท์, 2561) วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านโภชนาการและเทคโนโลยีดิจิทัลในการเฝ้าระวังโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้มีการจัดอบรมให้ความรู้ดูแลสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับพฤติกรรมในชีวิตประจำวันโดยจัดอบรมให้ความรู้และประเมินผล ซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีความตระหนักและกระตุ้นให้มีความใส่ใจรักษาตัวเองมากขึ้น (อุไรวรรณ วรกุลรังสรรค์, 2559)

การเฝ้าระวังไม่ให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ควรดูแลสุขภาพเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบริโภคอาหารไม่รับประทานอาหารที่มีรสหวานมันเค็มมากเกินไป หลีกเลี่ยงดื่มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ภาวะความเครียด ดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกายและพักผ่อนให้เพียงพอ สามารถนำนวัตกรรมมาส่งเสริมให้คำแนะนำและดูแลสุขภาพตนเองได้

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในงานวิจัยนี้ ศึกษาเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุชาติพันธุ์กระเหรี่ยง ม้ง และละว้า ในบางพื้นที่ ซึ่งกลุ่มชาติพันธุ์อื่นหรือพื้นที่อื่นอาจมีพฤติกรรมความเชื่อที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ปัจจัยความเสี่ยงการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างกัน

2. เนื่องจากกลุ่มชาติพันธุ์ผู้สูงอายุ ขาดความรู้และทักษะในการใช้งานคอมพิวเตอร์และแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น ควรมีการอบรมการใช้เทคโนโลยีสำหรับผู้สูงอายุ

เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2564). *สังคมผู้สูงอายุในปัจจุบันและเศรษฐกิจในประเทศไทย*.

จาก <https://www.dop.go.th/th/know/15/926>.

กรมควบคุมโรค กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. (2562). *รายงานสถานการณ์โรค NCDs*

เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิก แอนด์ดีไซน์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2564). การพัฒนาแอปพลิเคชันคัดกรองกลุ่มเสี่ยงโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง.

วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, 22(3), 109-125.

ทิพาพร ราชาไกร และ จักรายุทธ ภาณุตานนท์. (2561). การพัฒนาโปรแกรม NCD เพื่อการเฝ้าระวัง

และรักษาโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน*, 3(1), 44-49.

พรภัทรา แสนเหล่า และ อณัญญา ลาลูน. (2562). การศึกษาพฤติกรรมสุขภาพในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางสุขภาพ*, 2(2), 21-33.

ราม รังสินธุ์. (2563). *การพัฒนารูปแบบบริการปฐมภูมิสำหรับผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง*. วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า : สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.).

วิชัย เทียนถาวร, วณิชชา ชื่นกองแก้ว, วสุธร ต้นวัฒนกุล และ พยงค์ เทพอักษร. (2565).

การพัฒนาวิจัยและนวัตกรรมสุขภาพด้านการส่งเสริมและควบคุมโรคไม่ติดต่อเรื้อรังภายใต้โครงการสร้างชุมชนสุขภาวะด้าน สบข. โมเดล 2022: 1 วิทยาลัย 1 ชุมชน เทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระวชิรเกล้าเจ้าอยู่หัว (2565-2567). *วารสารสาธารณสุขและวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 5(2), 187-194.

วัชรินทร์ คำสา. (2564). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจในกลุ่มชาติพันธุ์กะเหรี่ยงที่เป็นกลุ่มเสี่ยง จังหวัดตาก* (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอมอร ชัยประทีป. (2560). การศึกษาความรู้และพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในชมรมผู้สูงอายุเทศบาลนครรังสิต จังหวัดปทุมธานี. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, 5(1), 77-88.

อุไรวรรณ ทศนีย์สุวรรณ. (2564). ปัจจัยทำนายคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุในคลินิกโรคไม่ติดต่อเรื้อรังโรงพยาบาลหัวไทร อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารมหาลาภานาครินทร์*, 8(1), 293-311.

อุไรวรรณ วรกุลรังสรรค์. (2559). ผลการใช้สารสนเทศทางสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง: กรณีศึกษาผู้ป่วยศูนย์บริการสาธารณสุข เทศบาลเมืองชุมพร อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร. *ว.วิจัยสมาคมห้องสมุดฯ*, 9(2), 53-69.

Kemp, S. (2022). *Digital 2022: Thailand*. From <https://datareportal.com/reports/digital-2022-thailand>.

การดูดซับสีย้อมไคเร็กซ์เรดด้วยซิงค์ออกไซด์ที่โดปเหล็ก
The Adsorption of Direct Red Dye by Fe-doped ZnO

ทิวากร เชื้อมาก นลินี หาญเสมอ และ วิรินรัชญ์ สี่อออก*
Tiwakon Chuemak, Nalinee Harnsamer, and Wirinratch Sue-aok*
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
Chemistry program faculty of Science Buriram Rajabhat university
Email: wirinratch.su@bru.ac.th

Received : September 12, 2022
Revised : November 18, 2022
Accepted : November 21, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับสีย้อมไคเร็กซ์เรด ด้วยซิงค์ออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ที่โดปเหล็ก ทำการวิเคราะห์วัสดุดูดซับด้วยเทคนิค SEM/EDS BET ทำการศึกษาผลของเวลาในการดูดซับ ปริมาณของวัสดุดูดซับ และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม และศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ และจลนศาสตร์ในการดูดซับ พบว่า ซิงค์ออกไซด์ที่โดปเหล็ก มีความสามารถในการดูดซับที่มากกว่า ซิงค์ออกไซด์ เนื่องจากมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า และมีพื้นที่ผิวที่มากกว่า โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ เวลา 3 ชั่วโมง ปริมาณ 0.5 กรัม และความเข้มข้นเริ่มต้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีความสามารถในการดูดซับ 167.84 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อทำการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับพบว่า สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ จลนพลศาสตร์การดูดซับสอดคล้องกับปฏิกิริยาแบบสองเทียม

คำสำคัญ: การดูดซับ ซิงค์ออกไซด์ ซิงค์ออกไซด์โดปเหล็ก สีย้อมไคเร็กซ์เรด

ABSTRACT

In this study, the adsorption capacity of direct red dye with zinc oxide (ZnO) and zinc oxide doped with Fe^{3+} (Fe-ZnO) was investigated. The absorbent material was analyzed by SEM/EDS BET technique. The effects of contact time, adsorbent amount and initial concentration of direct red dye solution were investigated. The adsorption isotherm and kinetics of adsorption direct red dye were studied. The results showed that zinc oxide doped with Fe^{3+} has a greater adsorption capacity than zinc oxide due to its smaller particle size. The optimal conditions for direct red dye adsorption using Fe-ZnO were contact time of 3 hours, amount of Fe-ZnO 0.5 g and an initial

concentration of 400 mg/L. The adsorption capacity was 167.84 mg/g. Furthermore, the results were corresponding with Langmuir isotherm and pseudo-second order kinetic.

Keywords: Adsorption, ZnO, Fe-doped ZnO, Direct red dye

บทนำ

จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นจังหวัดที่มีกลุ่มทอผ้าไหมเป็นจำนวนมาก ซึ่งผ้าไหมที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดบุรีรัมย์ คือ ผ้าไหมตีนแดง การย้อมสีไหม จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ผ้าที่ทอมา นั้น มีความสวยงาม ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ถึงแม้การย้อมสีไหมด้วยสีธรรมชาติกำลังเป็นที่สนใจในกลุ่มทอผ้า แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สีสังเคราะห์จะทำให้สีติดทน และได้สีสันทันทีที่สีกว่าสีธรรมชาติ โดยสีที่นิยมใช้ในการย้อมสีไหม คือสีไ้เร็กท์ (direct dye) เป็นสีย้อมเคมีสังเคราะห์ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้มากเนื่องจากมีสมบัติละลายน้ำได้ดี ย้อมติดง่ายรวดเร็ว มีสีสดใส และติดทนนาน

สีที่นิยมใช้ในการย้อมไหม เพื่อนำมาทอเป็นผ้าไหมตีนแดงคือ สีไ้เร็กท์เรด (direct red dye) แต่อย่างไรก็ตาม สีไ้เร็กท์เรดจัดว่าเป็นสารมลพิษทางน้ำที่สำคัญที่พบในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (ปานใจ และคณะ, 2559)

กระบวนการกำจัดสีย้อมมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในแต่ละวิธีจะมีข้อจำกัดการใช้งานแตกต่างกัน เช่น 1) กระบวนการกรอง ต้องควบคุมระดับความดันน้ำ ระดับอัตราการไหลของน้ำ อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง การบำบัดโดยใช้กระบวนการโอโซนออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง ต้องควบคุมอุณหภูมิ ความดันน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 2) กระบวนการบำบัดโดยวิธีการโฟโตแคตตาไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ ต้องควบคุมอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา ส่วนการบำบัดทางชีวภาพ ได้แก่ การดูดซับสีด้วยสาหร่ายมีข้อจำกัดในการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ เป็นต้น ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อม คือ การดูดซับด้วยวัสดุดูดซับที่มีประสิทธิภาพ เช่น ถ่านกัมมันต์ ซีโอไลต์ นาโนเซลลูโลส และ ซิงค์ออกไซด์ เป็นต้น

วัสดุซิงค์ออกไซด์ มีโครงสร้างที่เกิดจากการยึดเกาะกันของอะตอมโลหะ (ประจุบวก) กับอะตอมออกซิเจน (ประจุลบ) ด้วยพันธะไอออนิก โดยอะตอมออกซิเจนเรียงตัวยึดกันแน่นชิดมากที่สุดแบบ hexagonal close packing เกิดช่องว่างเตตระฮีดรอล โดยมีอะตอมของโลหะแทรกอยู่ในช่องว่างเพียงครึ่งหนึ่งของจำนวนช่องที่มีอยู่ทั้งหมด หรือแบบ hole โคออร์ดิเนตกับไอออนลบ และไอออนชนิดหนึ่งจะถูกล้อมรอบด้วยไอออนตรงข้ามเป็นแบบเตตระฮีดรอลและมีโครงสร้างแบบรูปทรงแปดหน้า การหาตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีเพิ่มขึ้นเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษา โดยใช้วัสดุดูดซับ

ศึกษาการกำจัดสีย้อมผ้าจากน้ำเสีย งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับซับสีย้อมไคเร็กซ์เรด ด้วยซิงค์ออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์โคปเปล็กโดยทำการศึกษาผลของเวลาในการดูดซับ ปริมาณตัวดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม และทำการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับ และ จลนพลศาสตร์ในการดูดซับ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมสังเคราะห์วัสดุดูดซับ

1. การสังเคราะห์ ZnO

ผสม $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ 1 โมล และ Ethylene glycol 2 โมล นำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ปรับค่า pH ด้วยสารละลาย NH_4OH 0.1 โมลาร์ จนมี pH = 7 กรองและล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำสารที่แห้งแล้วมาบดและร่อนด้วยตะแกรงร่อนสารขนาด 250 mesh จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น ZnO

2. การสังเคราะห์ Fe-ZnO

ทำการผสม $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ 1 โมล และ Ethylene glycol 2 โมล เติมสารละลาย $FeCl_3$ ปริมาณ 2% นำไปรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ปรับค่า pH ด้วยสารละลาย NH_4OH 0.1 โมลาร์ จนมี pH = 7 กรองและล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง บดและร่อนด้วย ตะแกรงร่อนสารขนาด 250 mesh สารที่ได้เป็น Fe-ZnO

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุดูดซับ

ทำการวิเคราะห์พื้นที่ผิว (Surface area) ของวัสดุดูดซับด้วยเครื่อง Surface area and porosity analyzer ด้วยเทคนิค Gas Adsorption (TriStar II 3020, Micromeritics) โดยใช้สมการของ Brunauer-Emmett-Teller (BET) และทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ (SEM/EDS) ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (1450 VP, LEO)

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมไคเร็กซ์เรดของ ZnO และ Fe-ZnO

1. การศึกษาอิทธิพลของเวลาในการดูดซับสีย้อม

ชั่ง ZnO และ Fe-ZnO 0.5 กรัม เติมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 2 3 4 5 และ 6 ชั่วโมง แยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายสีย้อมหลัง

การดูดซับ นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 502 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (T60 UV-Vis Spectrophotometer, PG Instrument) ทำการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล ดังสมการที่ (1)

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{W} \times V \quad (1)$$

โดยที่ q_e = ความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 C_0 = ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 C_e = ความเข้มข้นสมดุลของสีย้อม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
 V = ปริมาตรของสีย้อม (มิลลิลิตร)
 W = น้ำหนักของวัสดุดูดซับ (กรัม)

2. การศึกษาอิทธิพลของปริมาณ ZnO และ Fe-ZnO ที่มีต่อการดูดซับสีย้อม

เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง ZnO และ Fe-ZnO หนัก 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 กรัม เติมสีย้อม 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายมาปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายตัวอย่างสีย้อมหลังจากการปั่นเหวี่ยงไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 502 นาโนเมตร ทำการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล ดังสมการที่ (1)

3. การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมที่มีต่อการดูดซับ

เตรียมสารละลายสีย้อมความเข้มข้น 100 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง ZnO 0.6 กรัม และ Fe-ZnO 0.5 กรัม เติมสีย้อมปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำสารละลายปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บสารละลายสีย้อมหลังดูดซับ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 502 นาโนเมตร ทำการคำนวณหาความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล ดังสมการที่ (1)

การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสีย้อม

นำผลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาหาไอโซเทอมที่เหมาะสม โดยการนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟเส้นตรงเพื่อหาค่าคงที่ต่าง ๆ ตามสมการแบบจำลองของแลงเมียร์ (Langmuir isotherm) และสมการแบบจำลองของฟรุนดิช (Freundlich isotherm) ดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} \times \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m} \quad (2)$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3)$$

- โดยที่ q_m = ความสามารถในการดูดซับสูงสุด (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 K_L = ค่าคงที่สมดุลของแลงเมียร์ (ลิตรต่อมิลลิกรัม)
 K_F = ค่าคงที่สมดุลของฟรุนดิช (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 n = ค่าคงที่ของฟรุนดิช

การศึกษาจลนพลศาสตร์ในการดูดซับสีย้อม

นำผลที่ได้จากการทดลองมาศึกษาหาค่าคงที่ต่าง ๆ ตามสมการของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (Pseudo first-order) และสมการของปฏิกิริยาอันดับสองเทียม (Pseudo second-order) ดังสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_1}{2.303} \right) t \quad (4)$$

$$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

- โดยที่ q_t = ความสามารถในการดูดซับที่เวลาต่าง ๆ (มิลลิกรัมต่อกรัม)
 K_1 = ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (ต่อนาที)
 K_2 = ค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาอันดับสองเทียม (กรัมต่อมิลลิกรัม.นาที)
 t = เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที)

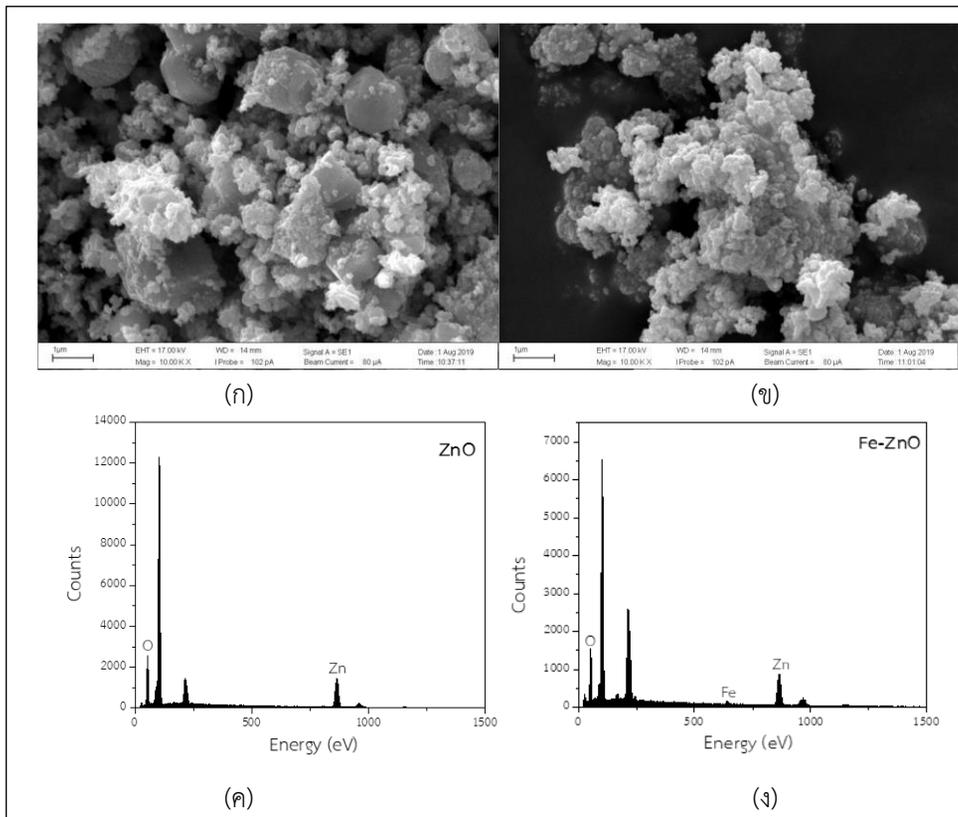
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณลักษณะของวัสดุดูดซับ

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของ ZnO ได้แสดงดังภาพประกอบ 1 (ก) และ Fe-ZnO ได้แสดงดังภาพประกอบ 1 (ข) จากรูปลักษณะพื้นผิวของวัสดุจะเห็นได้ว่า วัสดุ ZnO มีลักษณะอนุภาคเป็นรูปทรงกลม ซึ่งมีขนาดเล็กและใหญ่ผสมกัน ทำให้เห็นได้ชัดว่ามีการรวมตัวกันเกิดขึ้นโดย ZnO มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ อนุภาคขนาดเล็กมีขนาดเท่ากับ 0.00285 ไมโครเมตร และอนุภาคขนาดใหญ่ เท่ากับ 37.8625 ไมโครเมตร สำหรับขนาดอนุภาคของ

Fe-ZnO มีขนาดเท่ากับ 0.00228 ไมโครเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าอนุภาคของ Fe-ZnO มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า ZnO เนื่องจาก Fe^{3+} มีรัศมีไอออน 0.063 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า Zn^{2+} (0.074 นาโนเมตร)

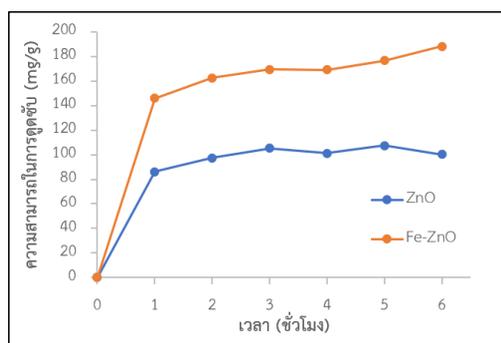
ผลจากเทคนิค EDS แสดงดังภาพประกอบ 1 (ค) และ (ง) สำหรับวัสดุ ZnO และ Fe-ZnO ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ในวัสดุ ZnO มีปริมาณธาตุ Zn และ O เท่ากับ 14.30 และ 14.64 %Atom ตามลำดับ คิดเป็นอัตราส่วนระหว่าง Zn และ O เป็น 1:1 ซึ่งอัตราส่วนนี้สอดคล้องกับโมเลกุลของ ZnO และสำหรับวัสดุ ZnO ที่เติม Fe พบว่า มีพีคของ Fe ในสเปกตรัมของ EDS และมีปริมาณของ Zn และ O เท่ากับ 12.24 และ 19.99 %Atom ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่า เปอร์เซ็นต์ของ Zn ลดลง เนื่องจากการแทนที่ของ Zn กับ Fe เมื่อทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวด้วยเทคนิค BET พบว่า ZnO และ Fe-ZnO มีพื้นที่ผิวเท่ากับ 51.3 และ 329.1 m^2/g ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงขนาดของอนุภาคของ Fe-ZnO มีขนาดเล็กกว่า ZnO ทำให้มีพื้นที่ผิวที่มากกว่า



ภาพประกอบ 1 ภาพถ่าย SEM ของ (ก) ZnO และ (ข) Fe-ZnO ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า และสเปกตรัม EDS ของ (ค) ZnO และ (ง) Fe-ZnO

ศึกษาอิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อการดูดซับ

ในการศึกษาหาเวลาที่เหมาะสม พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับ ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับหรือปริมาณดูดซับจำเพาะ มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากแรงขับเคลื่อนที่มากอันเนื่องมาจากผลต่างของความเข้มข้นของสีย้อมในสารละลายกับปริมาณสีย้อมบนตัวดูดซับ หลังจากนั้นปริมาณดูดซับจำเพาะจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของปริมาณการดูดซับในช่วงแรก เกิดจากการที่ปริมาณดูดซับจำเพาะเพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากเกิดการแพร่ของสีย้อมจากสารละลาย มายังผิวของตัวดูดซับ และปริมาณดูดซับจำเพาะในช่วงหลังมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการแพร่ของโมเลกุลของสีย้อมแพร่เข้าไปยังพื้นผิวภายในรูพรุนของตัวดูดซับ (Kavitha et al., 2007 และ Almeida et al., 2009) จากผลการศึกษาพบว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง ZnO จะมีความสามารถในการดูดซับสูงสุด คือ 105.14 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นร้อยละของการกำจัดสีย้อม 38.47 และประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสูงสุดของ Fe-ZnO คือ 176.35 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นร้อยละของการกำจัดสีย้อม 65.86 และที่เวลา 3 ชั่วโมง เนื่องจากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ความสามารถในการดูดซับเริ่มคงที่แสดงดังภาพประกอบ 2

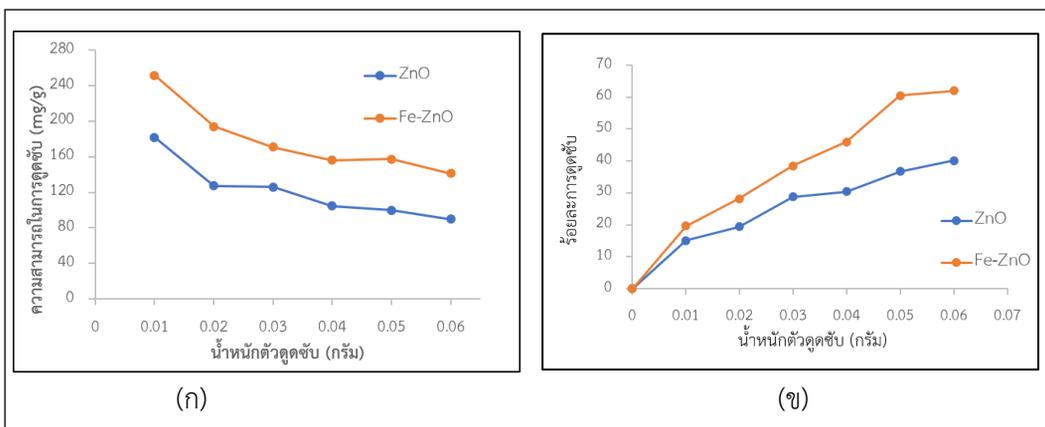


ภาพประกอบ 2 อิทธิพลของเวลาในการดูดซับต่อความสามารถในการดูดซับสีย้อมไดเร็กซ์เรดบนวัสดุ ZnO และ Fe-ZnO

อิทธิพลของปริมาณตัวดูดซับ

การศึกษาผลของปริมาณของตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมไดเร็กซ์เรด พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับ จะทำให้ความสามารถในการดูดซับลดลง (ภาพประกอบ 3 ก) เนื่องจากปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมเท่าเดิม เมื่อคำนวณค่าร้อยละการดูดซับพบว่า ร้อยละการดูดซับของสีย้อมเพิ่มขึ้น (ภาพประกอบ 3 ข) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับจะทำให้พื้นที่ผิวของตัวดูดซับมากขึ้น ซึ่งพื้นที่ผิวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณตัวดูดซับ (Ozer et al., 2007) จากผลการศึกษา พบว่าปริมาณ ZnO ที่มีร้อยละการดูดซับมากที่สุด คือ 0.6 กรัม มีความสามารถในการ

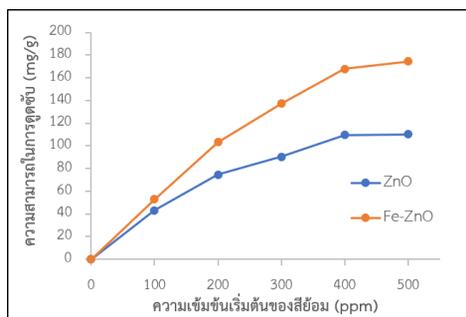
ดูดซับ คือ 89.61 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นร้อยละของการดูดซับคือ 40.07 และปริมาณของ Fe-ZnO ที่มีค่าร้อยละการดูดซับสูงสุด คือ 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับ คือ 157.15 มิลลิกรัมต่อกรัม คิดเป็นร้อยละของการดูดซับ 60.48



ภาพประกอบ 3 อิทธิพลของปริมาณตัวดูดซับ ZnO และ Fe-ZnO ต่อ (ก) ความสามารถในการดูดซับ สีย้อม (ข) ร้อยละการดูดซับ

อิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมที่มีผลต่อการดูดซับ

การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมไคโรเรดด้วย ZnO และ Fe-ZnO โดยใช้ ZnO และ Fe-ZnO ปริมาณ 0.6 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ ความเข้มข้นสีย้อมที่ใช้ 100 200 300 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพประกอบ 4) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม มีผลให้ค่าความสามารถในการดูดซับสีย้อมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม เป็นผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสีย้อมในสารละลายกับบริเวณผิวของตัวดูดซับสูงขึ้น เกิดแรงขับเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้น ความสามารถในการดูดซับจึงสูงขึ้น (อภิวัชร และคณะ, 2564) โดยความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับสีย้อมของ ZnO และ Fe-ZnO มีค่าสูงที่สุด คือ 109.64 และ 167.84 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และร้อยละของการดูดซับของ ZnO และ Fe-ZnO มีค่า 62.596 และ 80.261 ตามลำดับ โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเป็น 500 ppm ในขณะที่ตัวดูดซับมีปริมาณคงที่ ทำให้ร้อยละของการกำจัดสีย้อมมีค่าลดลง (ZnO = 37.058% และ Fe-ZnO = 65.860%) เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม ทำให้ปริมาณสีย้อมที่ถูกดูดซับมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณสีย้อมที่เพิ่มขึ้นในสารละลาย (วิรัชรอง , 2558)

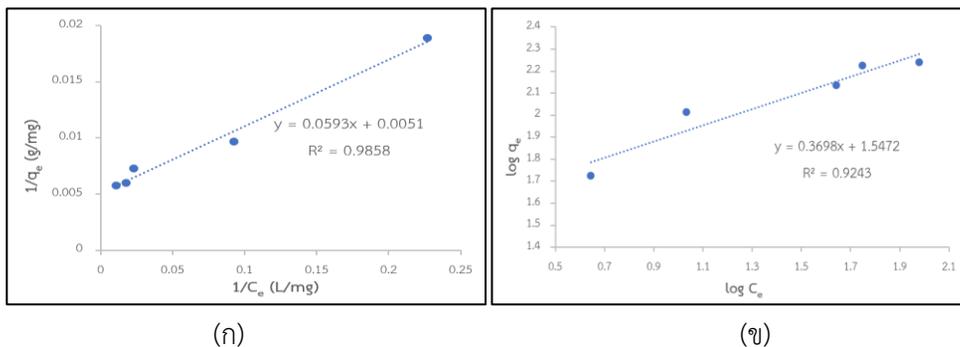


ภาพประกอบ 4 อิทธิพลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมไดเร็กต์เรด ต่อความสามารถในการดูดซับบนวัสดุ ZnO และ Fe-ZnO

โดยจากการศึกษาความสามารถในการดูดซับของวัสดุทั้ง 2 ชนิด พบว่า วัสดุ Fe-ZnO มีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าวัสดุ ZnO ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และพื้นที่ผิวที่มากกว่า

ไอโซเทอมการดูดซับ

ไอโซเทอมการดูดซับเป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับกับความเข้มข้นของสีย้อมที่สถานะสมดุล ซึ่งไอโซเทอมที่ทำการศึกษามี 2 ชนิด คือ ไอโซเทอมแลงเมียร์ และไอโซเทอมฟรุนดิช โดยไอโซเทอมแลงเมียร์มีสมมติฐานว่าตัวถูกดูดซับจะเข้าไปปกคลุมพื้นผิวของตัวดูดซับเพียงชั้นเดียว (monolayer) มีลักษณะสมมาตรเป็นเนื้อเดียวกัน และไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเกิดขึ้น (Wibulswas et al., 2004) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) สำหรับไอโซเทอมฟรุนดิชมีสมมติฐานว่า ตัวถูกดูดซับจะเข้าไปยึดจับกันหลายชั้น (multilayer) บนพื้นผิวของตัวดูดซับและการดูดซับจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Hameed et al., 2007) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) ไอโซเทอมการดูดซับของการดูดซับสีย้อมด้วย Fe-ZnO แสดงดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ไอโซเทอมการดูดซับ (ก) Langmuir isotherm (ข) Freundlich isotherm ของการดูดซับสีย้อมไดเร็กซ์เรดด้วย Fe-ZnO

ตารางที่ 1 ค่าคงที่จากไอโซเทอมการดูดซับ

วัสดุ	ไอโซเทอมแลงเมียร์			ไอโซเทอมฟรุนดิช		
	q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_F (mg/g)	n	R^2
Fe-ZnO	196.08	0.086	0.9858	35.253	2.704	0.9243

จากการศึกษาหาค่าคงที่ของไอโซเทอมทั้ง 2 แบบ แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) พบว่าการดูดซับสีย้อมไดเร็กซ์เรดด้วย Fe-ZnO สอดคล้องกับการดูดซับแบบแลงเมียร์ เนื่องจาก มีค่า R^2 จากไอโซเทอมแลงเมียร์ เท่ากับ 0.9858 ซึ่งใกล้เคียง 1 มากกว่าไอโซเทอมฟรุนดิช ที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9243 จากตารางที่ 1 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการดูดซับสีย้อมไดเร็กซ์เรดด้วย Fe-ZnO เป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว

จลนพลศาสตร์การดูดซับ

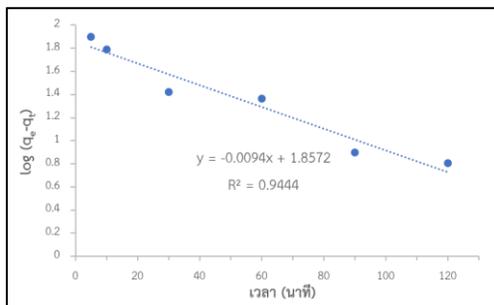
การศึกษากลไกการดูดซับของสีย้อมไดเร็กซ์เรดบนวัสดุ Fe-ZnO จากจลนพลศาสตร์การดูดซับ ซึ่งเป็นการหาความสามารถในการดูดซับที่เวลาต่าง ๆ โดยทำการศึกษาจากแบบจำลองการดูดซับจลนพลศาสตร์แบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม และปฏิกิริยาอันดับสองเทียม สมมติฐานของแบบจำลองแบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียมเป็นแบบจำลองที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่พื้นผิวของตัวดูดซับเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่ยังไม่ถูกครอบครองจากตัวถูกดูดซับและขั้นตอนการซึมผ่านของตัวถูกดูดซับผ่านชั้น Boundary layer ที่ห่อหุ้มตัวดูดซับ เป็นขั้นกำหนดอัตรา (Rate of Limiting Step) สำหรับแบบจำลองแบบปฏิกิริยาอันดับสองเทียม มีสมมติฐานว่าอัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังสองของพื้นที่ผิวของตัวดูดซับที่ยังไม่ได้ถูกครอบครองจากตัวถูกดูดซับ และขั้นตอนการสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างตัวถูกดูดซับและพื้นที่ผิวของตัว

ดูดซับ เป็นขั้นตอนกำหนดอัตรา ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลไกการดูดซับระหว่างตัวถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับมีแนวโน้มที่จะเป็นแบบแรงดึงดูดทางเคมีมากกว่าทางกายภาพ (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2560)

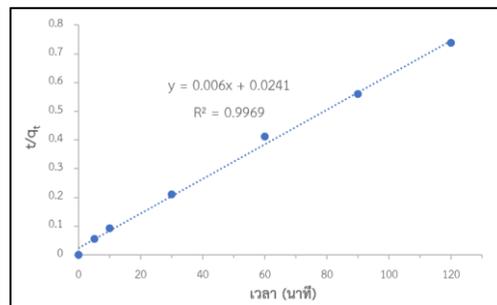
ตารางที่ 2 ค่าคงที่จากจลนพลศาสตร์การดูดซับ

วัสดุ	ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม					ปฏิกิริยาอันดับสองเทียม				
	C ₀ (mg/L)	q _e (exp) (mg/g)	q _e (cal) (mg/g)	k ₁ (min ⁻¹)	R ²	C ₀ (mg/L)	q _e (exp) (mg/g)	q _e (cal) (mg/g)	k ₁ (g/mg.min)	R ²
Fe-ZnO	250	168.94	71.978	0.0216	0.9444	250	168.94	166.67	0.0015	0.9969

ค่าคงที่ต่าง ๆ ของจลนพลศาสตร์การดูดซับแสดงดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบจำลองทั้งสอง พบว่า การดูดซับสีย้อมด้วย Fe-ZnO สอดคล้องกับแบบจำลองแบบปฏิกิริยาอันดับสองเทียมเนื่องจากมีค่าใกล้เคียง 1 มากกว่า และมีค่าการดูดซับจากการทดลองใกล้เคียงกับการคำนวณจากสมการแบบจำลองมากกว่า



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 6 แบบจำลองจลนพลศาสตร์ (ก) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเทียม (ข) ปฏิกิริยาอันดับสองเทียม ของการดูดซับสีย้อมไธเร็กซ์เรดด้วย Fe-ZnO

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมไธเร็กซ์เรดโดยใช้วัสดุ ZnO และ Fe-ZnO เป็นตัวดูดซับ โดยทำการศึกษา เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณตัวดูดซับ และความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อม พบว่า สำหรับ ZnO คือ สภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมด้วย ZnO คือ เวลา 5 ชั่วโมง น้ำหนัก 0.6 กรัม และ ความเข้มข้นเริ่มต้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีความสามารถในการดูดซับ 109.64 มิลลิกรัมต่อกรัม และสำหรับ Fe-ZnO คือ เวลา 3 ชั่วโมง น้ำหนัก 0.5 กรัม และ ความเข้มข้นเริ่มต้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีความสามารถในการดูดซับ 167.84 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อ

ทำการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับสี้อมด้วย Fe-ZnO พบว่า สอดคล้องกับไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ มีความสามารถในการดูดซับสูงสุด 196.08 มิลลิกรัมต่อกรัม และจากการศึกษาจลนพลศาสตร์พบว่า การดูดซับสอดคล้องกับปฏิกิริยาแบบสองเทียม

เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษณ์ อัมพูช, จิตาพร คำภู, นันทกานต์ ทองเฟื่อง, สุจิตรา แก้วศรี, อธิศักดิ์ เกาโพธิ์, ไท แสงเทียน และ พุทธพร แสงเทียน. (2560). การดูดซับสี้อมรีแอ็คทีฟแบล็ค 5 บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากผักตบชวา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 19(1), 163-177.
- ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์ และ สมรัตน์ กองวี. (2559). การดูดซับสีโดเร็กซ์เรดโดยใช้ถ่านกลบดำ. *Journal of Science & Technology MSU*, 36(1), 45-52.
- วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ. (2558). การดูดซับสี้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 7(7), 97-110.
- อภิวัชร บุญกุลธนพัฒน์, กมลทิพย์ ดีบุกคำ และ ขวัญเนตร สมบัติสมภพ. (2564). การกำจัดสี้อมเมทิลีนบลูโดยใช้วัสดุดูดซับในท้องถิ่น. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 17(3), 16-27.
- Almeida, C.A.P., Debacher, N.A., Downs, A.J., Cottet, L. and Mello, C.A.D. (2009). Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay. *Journal of Colloid Interface Science*, 332, 46-53.
- Hameed, B.H., Ahmad, A.L. and Latiff K.N.A. (2007). Adsorption of basic dye (methylene blue) onto activated carbon prepared from rattan sawdust. *Dyes and Pigments*, 75, 143-149.
- Kavitha, D. and Namasivayam, C. (2007). Experimental and Kinetic Studies on Methylene Blue Adsorption by Coir Pith Carbon. *Bioresource Technology*, 98(1), 14-21.
- Ozer, D., Dursum, G. and Ozer, A. (2007). Methylene blue adsorption from aqueous solution by dehydrated peanut hull. *Journal of Hazardous Materials*. 144,171-179.
- Wibulswas, R. (2004). Batch and fixed bed sorption of methylene blue on precursor and QACs modified montmorillonite. *Separation and Purification Technology*, 39, 3-12.

การใช้ประโยชน์เศษขานอ้อยเหลือทิ้งสำหรับเป็นวัสดุทดแทน
เพื่อการเพาะเห็ดนางรมสีเทา

Utilization of Waste Bagasse for Gray Oyster Mushrooms (*Pleurotus
Ostreatus*) Substituted Cultivation Material

เทอดเกียรติ แก้วพวง^{1*} ดร.สวิน วงศ์ประเมษฐ์² ลัดดาวรรณ แก้วพวง³ ปิยะพงษ์ ยงเพชร⁴
Teadkait Kaewpuang^{1*} Drusawin Vongpramate² Laddawan Kaewpuang³ Piyaphong
Yongphet⁴

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์¹

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์²

กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนเขาค้อราษฎร์วิทย์³

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์⁴

Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage¹

Department of information Technology, Buriram Rajabhat University²

Science and Technology Group Khao Chakan Wittayakhom School³

Research and Development Institute, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal
Patronage⁴

Email: teadkait@vru.ac.th

Received : May 11, 2022

Revised : November 12, 2022

Accepted : November 16, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาวัสดุทดแทนซีลี้อย่างพาราเพื่อนำมาทดแทนวัสดุดิบในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดของกลุ่มอาชีพเพาะเลี้ยงเห็ดนางรมสีเทา (*Pleurotus Ostreatus*) พื้นที่ตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอดอนจาน จังหวัดสระแก้ว พบว่า เศษวัสดุทางการเกษตรที่เหมาะสมนำมาเป็นวัสดุทดแทนสำหรับผลิตก้อนเชื้อเห็ด ได้แก่ เศษขานอ้อยเหลือทิ้งจากการคั้นน้ำอ้อยที่พบทั้งภายในและภายนอกพื้นที่ตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอดอนจาน โดยเศษขานอ้อยเหลือทิ้งยังคงเหลือความหวานของน้ำตาลซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่อันประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลซูโครส (sucrose) โมเลกุล ซึ่งสามารถเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญในการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ด แต่ยังมีปัญหาของการดูดซับความชื้นและรักษาความชื้นของเศษขานอ้อยเหลือทิ้ง และเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมทดสอบการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดจำนวน 5 สูตร พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 โดยมีอัตราส่วนผสมของซีลี้อย่างพารา

และเศษชานอ้อย 2:1 และให้ผลผลิตเห็ดสดดีที่สุดในจำนวน 142.34 กรัม ในการเก็บผลิตครั้งแรก ซึ่งดีกว่าการใช้เชื้อเลี้ยงยางพาราไม่ผสมเศษชานอ้อย

คำสำคัญ: เพาะเลี้ยงเห็ด วัสดุทดแทน ชานอ้อย การเดินเส้นใย เห็ดนางรมสีเทา

ABSTRACT

The objective of this research was to find a substitute for rubber sawdust to be used to produce mushroom spores of gray oyster mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) occupation group in Nong Takhian Bon sub-district. Watthana Nakhon District It was found that agricultural waste suitable to be used as substitute materials for the production of mushroom inoculum are: Bagasse waste left over from sugarcane juice extraction for distribution found both inside and outside of Nong Takhian Bon sub-district. Watthana Nakhon District The leftover bagasse remains the sweetness of sugar, which is a double sugar molecule consisting of two single sugar molecules, which is an important food source for fungal growth. But there was also the problem of absorbing moisture and maintaining the moisture content of the bagasse waste. When used as a test mixture for mushroom culture in 5 formulas, it was found that the third experiment had a mixture ratio of rubber sawdust and bagasse residue 2:1 and yielded the best fresh mushroom yield of 142.34 g in the first production better than using rubber sawdust not mixed with bagasse waste.

Key Words: Mushroom Cultivation, Substitute Materials, Bagasse, Mycelial Growth, Gray Oyster Mushroom

บทนำ

เห็ดนางรมสีเทา หรือ *Pleurotus Ostreatus* (Jacq.ex Fr.Kummer) มีถิ่นกำเนิดในแถบยุโรปสามารถเกิดได้เองตามขอนไม้ตามธรรมชาติ (Mikhize, S.S. and et al., 2016) และนำเข้ามาเพาะเลี้ยงในไทยครั้งแรกปี พ.ศ. 2500 พบว่ามีการเจริญเติบโตที่ดีและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งมีการศึกษา พบว่า เป็นสารพืชน์ผสมระหว่างเห็ดนางฟ้าภูฐานและเห็ดนางรม

ยังการี (Wongpaosukul, C., 2012) จึงจัดให้เป็นเห็ดได้รับการนิยมที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความต้องการในการบริโภคสูง มีรสชาติดี คุณค่าทางอาหารสูง และราคาค่อนข้างดีเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิต ปัจจุบันมีการแข่งขันการตลาดและการผลิตเห็ดที่เพิ่มสูงขึ้นโดยซีลี้อยไม้ยางพาราถูกใช้เป็นวัสดุหลักและสำคัญต่อการผลิต อีกทั้งมีการยกระดับพัฒนาด้านเทคโนโลยีความคุมสภาพอากาศ ระบบการให้น้ำ การให้ปุ๋ยหรือโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะ (Fongngern, W and et al., 2012) ด้วยเหตุผลในการแข่งขันด้านการเพาะเลี้ยงเห็ดที่สูงขึ้น จึงมีการวิจัยพัฒนาวัสดุทดแทน เพื่อลดต้นทุนการผลิต มีการทดสอบการใช้วัสดุทางการเกษตรและวัสดุพืชเป็นวัสดุเพาะเห็ด พบว่า ฟางข้าวให้ผลผลิตที่สูงสุด ถัดมาคือ ผักตบชวา ต้นกล้วยสับ หญ้าคา และไมยราพยักษ์ ซึ่งให้ผลผลิตเห็ดสดอยู่ที่ 365.10, 304.43, 284.15, 131.40 และ 74.22 ตามลำดับ โดยแนวทางการนำฟางข้าวที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้แทนซีลี้อยไม้ยางพาราที่เป็นวัสดุที่มีอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทยสามารถทำได้ง่ายและมีปริมาณมากกว่า 16.9 ล้านตันต่อปี (Gou, G and et al., 2017) จากเกษตรกรผู้ทำนาจะทำการเผาทิ้ง สร้างมลภาวะสิ่งแวดล้อมสร้างสภาพอากาศ PM 2.5 ภายในพื้นที่ทางการเกษตรและพื้นที่ใกล้เคียง (ชนิษฐา ชัยรัตนารรรณ และคณะ, 2020) แต่ในพื้นที่จังหวัดสระแก้วมีการเพาะปลูกข้าวในปริมาณที่น้อย เมื่อเทียบกับการปลูกอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของจังหวัดสระแก้ว มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 419,283 ไร่ ปริมาณอ้อยทั้งหมด 3,937,067 ตัน (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสระแก้ว, 2564) ซึ่งก่อเกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตและใช้ประโยชน์จากการปลูกอ้อย

จากผลกระทบดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการลดปัญหาของเสียจากการผลิตอ้อยโดยของเสียที่พบ คือ เศษขานอ้อยเหลือทิ้งจากผู้ประกอบการจำหน่ายน้ำอ้อยคั้นสดที่ยังมีปริมาณของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อภายในก้อนเห็ด ซึ่งกลุ่มอาชีพเพาะเลี้ยงเห็ด มีการนำเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตนั้นจะนำเข้ามาจากผู้ประกอบการภายนอกพื้นที่ ได้แก่ เชื้อเห็ด และซีลี้อยยางพาราที่เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตก้อนเชื้อเห็ด ส่งผลให้ราคาต้นทุนวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้น ส่วนทางกับรายได้กลุ่มอาชีพที่ลดลง

ดังนั้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนและปัญหาของกลุ่มอาชีพเพาะเลี้ยงเห็ด คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดศึกษาวิจัยวัสดุทดแทนในการแก้ไขปัญหา ลดต้นทุนการผลิตจากการนำเข้าซีลี้อยยางพารา ซึ่งจะส่งผลให้เพิ่มรายได้และลดการลดรายจ่าย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดนางรมสีเทาจากเศษขานอ้อยเหลือทิ้งภายในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว ต่อการเจริญเติบโตเชื้อเห็ดและผลผลิตเฉลี่ย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพื้นที่ ร่วมกับการทดลองเชิงปฏิบัติการ ในการใช้เศษชานอ้อยเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดสระแก้ว เพื่อเป็นวัสดุทดแทนในการเพาะเห็ดนางรมสีเทา

1. แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 5 ชุด ดังนี้
 - ชุดการทดลองที่ 1 ซีลี้อย่างพาราไม่ผสมเศษชานอ้อย
 - ชุดการทดลองที่ 2 เศษชานอ้อยไม่ผสมซีลี้อย่างพารา
 - ชุดการทดลองที่ 3 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 2:1
 - ชุดการทดลองที่ 4 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 1:1
 - ชุดการทดลองที่ 5 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 1:2
2. เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของเชื้อเห็ดนางรมสีเทา
3. บันทึกติดตามการทดลอง ระยะการเดินทางโยของเชื้อเห็ดนางรมสีเทา (เซนติเมตร)
4. คำนวณน้ำหนักเฉลี่ยดอกเห็ดนางรมสีเทา (กรัม)

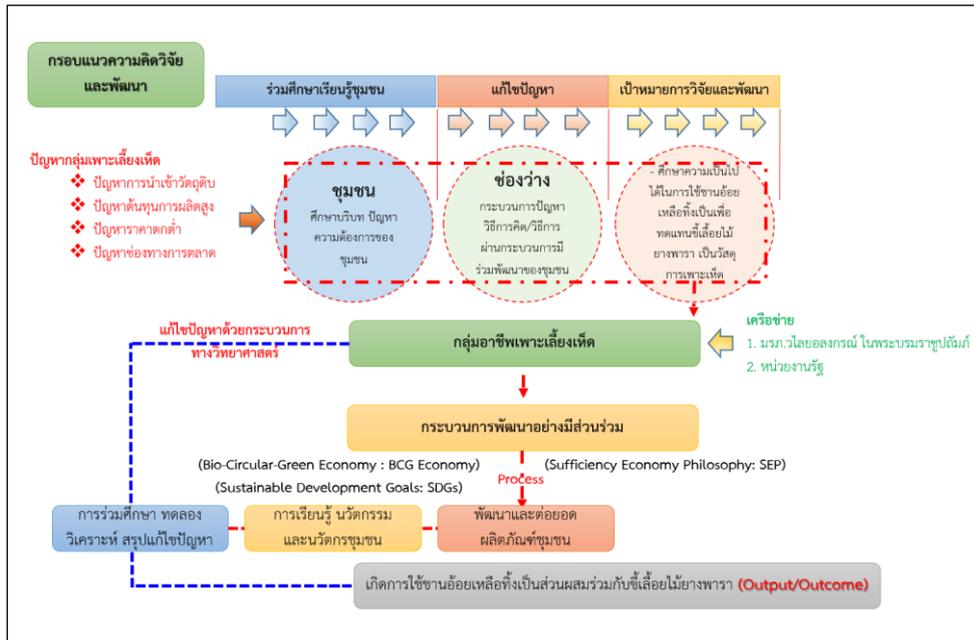
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร : เห็ดที่เพาะในเลี้ยงในชุดทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง : ใช้ทุกหน่วยของประชากร

เครื่องมือการวิจัย

การวิเคราะห์บริบทพื้นที่ด้วย SWOT (ภาพประกอบ 1) ศึกษาจุดสำคัญของการพัฒนาของกลุ่มเพาะเลี้ยงเห็ด พบว่า จุดสำคัญที่จำเป็นและต้องแก้ไขเร่งด่วน คือ ปัญหาของวัตถุดิบ



ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดวิจัยและพัฒนา กลุ่มอาชีพเพาะเห็ด

การศึกษา Timeline (ภาพประกอบ 2) ของกระบวนการเพาะเห็ดเพื่อวิเคราะห์การพัฒนาและยกระดับการผลิตเห็ด สังเกตและวัดอัตราการเจริญเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ดจากเศษชานอ้อยเหลือทิ้งวัสดุทดแทนซีลี้อยยางพารา บันทึกข้อมูลการทดลองจากผลิตเห็ด ซึ่งนำหนังกดกเห็ดสดด้วยเครื่องชั่ง



ภาพประกอบ 2 Timeline การเพาะเลี้ยงเห็ด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลจากวารสาร บทความ ข้อมูลบริบทพื้นที่ พืชเศรษฐกิจและสถิติของจังหวัดสระแก้ว เพื่อวางวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือทิ้งจากพืชเศรษฐกิจเป็นวัตถุดิบทดแทนวัสดุก้อนเชื้อเห็ดนางรมสีเทา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. จากการลงพื้นที่สำรวจตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่มีการปลูกอ้อย ไม้ยูคา มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจหลักภายในพื้นที่ นอกจากนั้นภายในพื้นที่ยังมีการปลูกข้าวเป็นส่วนน้อย นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชสมุนไพร เพื่อจำหน่ายมีกลุ่มอาชีพที่สำคัญ ได้แก่ กลุ่มบ้านควาย เป็นกลุ่มที่มีจุดเด่นด้านการแปรรูปสมุนไพร กลุ่มไร่ดีต่อใจ จุดเด่นมีการแปรรูปผลิตภายในพื้นที่ เช่น กระท้อน สมุนไพร และการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปวัตถุดิบทดแทนที่สำคัญในพื้นที่ ได้แก่ อ้อย ซึ่งภายในพื้นที่มีการคั้นน้ำอ้อยขายและมีการทิ้งเศษชานอ้อยเกิดเป็นมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

2. การทดสอบส่วนประกอบของวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตก้อนเชื้อเห็ดนางรมสีเทาโดยเก็บวัสดุเศษชานอ้อยเหลือทิ้ง นำมาลดขนาดให้เล็กลงให้เล็กที่สุดประมาณ 3-4 เซนติเมตร วัสดุอื่นที่ใช้ ได้แก่ รำละเอียด ปูนยิบซัม หินปูน ดิกลีอ น้ำ EM และ ซีลี้อย่างพาราแห้งสนิท โดยผสมวัสดุในอัตราส่วนต่างกัน ดังนี้ 1) ซีลี้อย่างพาราไม่ผสมเศษชานอ้อย 2) ซีลี้อย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 2:1 3) ซีลี้อย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 1:1 4) ซีลี้อย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 1:2 และ 5) เศษชานอ้อยไม่ผสมซีลี้อย่างพารา จากนั้นคลุกวัสดุในแต่ละสูตรให้เข้ากัน



ภาพประกอบ 3 a) เศษชานอ้อยเหลือทิ้ง b) ลดขนาดเศษชานอ้อยเหลือทิ้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ

3. เมื่อได้ก้อนเชื้อเพาะเลี้ยงเห็ดแล้วจึงได้เข้าสู่กระบวนการอบฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ด้วยเตาอบขนาดใหญ่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 5 ชุดทดลอง (จำนวนชุดละ 8 ซ้ำ/ชุดการทดลอง)

- ชุดการทดลองที่ 1 ซีลี้อย่างพาราไม่ผสมเศษชานอ้อย
- ชุดการทดลองที่ 2 เศษชานอ้อยไม่ผสมซีลี้อย่างพารา
- ชุดการทดลองที่ 3 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 2:1
- ชุดการทดลองที่ 4 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 1:1
- ชุดการทดลองที่ 5 ซีลี้อย่างพาราและเศษชานอ้อย 1:2



ภาพประกอบ 4 a) ตู้นึ่งก้อนเชื้อเห็ด b) การเขี่ยเชื้อเห็ด

4. การเก็บข้อมูล ระยะเวลาการเจริญเติบโตเชื้อเห็ดนางรมสีเทา หลังจากใส่เชื้อเห็ด 20 วัน บันทึกติดตามการทดลอง การเดินเส้นใยเชื้อเห็ด ระยะเวลาเก็บผลผลิตที่ตลาดต้องการและบันทึกข้อมูลดังนี้

- 1) ระยะเวลาการเดินเส้นใยเชื้อเห็ดนางรมสีเทา (เซนติเมตร)
- 2) น้ำหนักเฉลี่ยดอกเห็ดนางรมสีเทา (กรัม)



ภาพประกอบ 5 a) โรงเพาะเห็ด b) ระยะเก็บผลผลิตดอกเห็ดนางรมสีเทา

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา พบว่า วัสดุการเพาะเลี้ยงเห็ดนั้นมีส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อการเดินของเส้นใยเชื้อเห็ด ทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น โดยการทดลองวิจัยนี้ใช้เศษขานอ้อยเป็นวัสดุทดแทน ขี้เลื่อยขางพารา ผลการทดลองแสดงดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงระยะการเดินเส้นใยเชื้อเห็ดและชั่งน้ำหนักเห็ดนางรมสีเทาบนวัสดุเพาะปลูก

ชุดการทดลอง	ระยะเดินเส้นใยเชื้อเห็ด (เซ็นติเมตร)			R _f
	7 วัน	14 วัน	20 วัน	
1. ขี้เลื่อยขางพาราไม่ผสมเศษขานอ้อย	7.45±0.09	16.54±0.35	24.54±0.09	0.98
2. เศษขานอ้อยไม่ผสมขี้เลื่อยขางพารา	4.54±0.20	7.13±0.08	11.84±0.21	0.47
3. ขี้เลื่อยขางพาราผสมเศษขานอ้อยอัตราส่วน 2:1	8.84±0.09	18.49±0.24	24.91±0.02	0.99
4. ขี้เลื่อยขางพาราผสมเศษขานอ้อยอัตราส่วน 1:1	8.10±0.06	17.67±0.35	23.34±0.06	0.93
5. ขี้เลื่อยขางพาราผสมเศษขานอ้อยอัตราส่วน 1:2	6.88±0.07	15.26±0.17	21.28±0.32	0.85

ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการดำเนินการทดลอง 5 ชุด พบว่า การเปิดดอกภายในโรงเรือนเพาะเลี้ยงวันที่ 7 เกิดการเดินเส้นใยเห็ดของชุดการทดลองที่ 3 1 4 และ 5 มีอัตราเร็วของการเดินเส้นใยเชื้อเห็ดมากที่สุดตามลำดับ และชุดการทดลองที่ 2 เป็นลำดับสุดท้าย เนื่องจากสภาวะความชื้นและอาหารเสริมที่ได้จากน้ำตาลที่หลงเหลือภายในเศษอ้อยเหลือทิ้ง ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตเมื่อ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเศษขานอ้อยเหลือทิ้งในอัตราส่วนเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชื้นภายในก้อนเชื้อลดน้อยลงเนื่องจากบริเวณ

ชานอ้อยที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะผิวแข็งไม่สามารถเก็บความชื้นได้ดีส่งผลต่ออุณหภูมิภายในก้อนเชื้อ และเมื่อครบระยะ 20 วัน พบว่า ระยะการเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ด จากชุดการทดลองสามารถหาค่า อัตราการเคลื่อนที่ด้วยการหาค่า R_f ได้ โดยระยะของถุงเพาะก้อนเชื้อที่ใช้อยู่ที่ 25.00 เซนติเมตร พบว่า อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ดการทดลองที่ 3 1 4 5 และ 2 มีอัตราการเคลื่อนที่ลดลงตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงน้ำหนักเห็ดนางรมสีเทาบนวัสดุเพาะปลูกอัตราส่วนต่าง ๆ

ชุดการทดลอง	ผลผลิตเฉลี่ยน้ำหนักดอกเห็ดสด (กรัม/ก้อนเชื้อ)
1. ชี้อ้อยย่างพาราไม่ผสมเศษชานอ้อย	139.07±2.50
2. เศษชานอ้อยไม่ผสมชี้อ้อยย่างพารา	75.93±3.02
3. ชี้อ้อยย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 2:1	142.34±3.82
4. ชี้อ้อยย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 1:1	132.24±2.19
5. ชี้อ้อยย่างพาราผสมเศษชานอ้อยอัตราส่วน 1:2	114.36±3.46

จากผลการเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ดที่ดีที่สุด พบว่า ก้อนเชื้อการทดลองชุดที่ 3 มีอัตราการเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ดทำให้มีการเจริญเติบโตของดอกเห็ดที่ดีและสามารถเก็บดอกเห็ดได้มากที่สุดเฉลี่ยถึง 142.34 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการทำก้อนเชื้อเห็ดจากชี้อ้อยย่างพาราเพียงอย่างเดียว และการใช้เศษชานอ้อยเหลือทิ้ง 100% ไม่สามารถนำมาเป็นวัสดุทดแทนได้ทั้งหมด เนื่องจากคุณสมบัติของ **ชานอ้อยที่ไม่สามารถรักษาความชื้นได้** ส่งผลต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเคลื่อนที่ของเชื้อเห็ด (Date, 2012) ซึ่งได้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 75.93 กรัม แต่เศษชานอ้อยเหลือทิ้งสามารถนำมาประยุกต์และนำไปใช้เพื่อลดต้นทุนของเกษตรกรเพาะเลี้ยงเห็ดได้ (แสดงดังตารางที่ 2)

อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาจากบริบทพื้นที่ตำบลหนองตะเคียนบอน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้วแล้ว พบว่า เศษวัสดุทางการเกษตรที่ได้จากพืชเศรษฐกิจภายในพื้นที่และเหมาะสมนำมาเป็นวัสดุทดแทนการเพาะเลี้ยงเห็ด คือ เศษชานอ้อยเหลือทิ้งจากการคั้นน้ำอ้อยเพื่อจำหน่ายทั้งภายในและภายนอกพื้นที่ซึ่งมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เหลือเป็นอาหารที่ดีสำหรับเชื้อเห็ด แต่ยังมีปัญหาของสภาพการดูดซับความชื้นของเศษชานอ้อยเหลือทิ้งและเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมทดสอบการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดจำนวน 5 สูตร พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 ชี้อ้อยย่างพาราผสมเศษชานอ้อยในอัตราส่วน 2:1 และให้ผลผลิตเห็ดสดดีที่สุด จำนวน 142.34 กรัม ในการเก็บผลผลิตครั้งแรก รองลงมาเป็นชุดการทดลองที่ 4 ชี้อ้อย

ยางพาราผสมเศษขาน้อยในอัตราส่วน 1:1 และชุดการทดลองที่ 2 เศษขาน้อยไม่ผสมซีลี้อย
ยางพารามีผลผลิตน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มรอบของการเก็บผลผลิตเพิ่มขึ้นจนกว่าก่อนเชื้อเห็ดไม่สามารถให้ผลผลิตต่อไปได้จึง
สรุปการทดลองสุดท้าย
2. ควรมีการควบคุมสภาพแวดล้อมของการทดลองในโรงเรือนปิดและมีระบบควบคุม เพื่อลด
ปัญหาหรือตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อผลผลิตและการทดลองได้

เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา ชัยรัตน์วารรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราสินศิริ. 2563. แหล่งกำเนิด ผลกระทบและแนวทาง
จัดการฝุ่นละออง PM 2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย. *Journal of the Association
of Researchers Vol. 25 No. 1 January – April 2020.*
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดสระแก้ว. เมษายน 2564 .*ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรและ
สหกรณ์ของจังหวัดสระแก้ว ประจำปีงบประมาณ 2564.* [https://www.opsmoac.
go.th/sakaeo-dwl-files-431491791167](https://www.opsmoac.go.th/sakaeo-dwl-files-431491791167)
- Date, A.W. (2012). Heat and mass transfer analysis of a clay-pot refrigerator.
International Journal of Heat and Mass Transfer, 55, 3977–3983.
- Fongngern, W., Pechhan, S. and Yajoh, R. 2012. Application with the internet of things
technology control in smart farms mushroom. *Journal of information
Technology Management and Innovation*. 5(1):172-182.
- Gou, G. and et al. (2017). Environmentally friendly method for the separation of
cellulose from stem-exploded rice straw and its high-vale applications. *In : Kazi,
S.N. (ed.) Pulp and Paper Processing. London: IntechOpen.*
- Mikhize, S.S. and et al. (2016). Performance of Pleurotus ostreatus mushroom grown
on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and
wheat bran. *Food Science and Technology*. 36(4): 598-605.
- Wongpaosakul, C. (2012). Pleurotus sp. Mushroom Selection with Mono-Mono
Crossing. *B.Sc. Thesis, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,*

ผลการปรับค่าพีเอชกับการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีโซลเจล
สำหรับการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกิจกรรมการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง
Effect of pH on Synthesis of Zinc Oxide by Sol-Gel Method for
Methylene blue dye Degradation Photocatalytic Activity

จินดาพร สืบขำเพชร¹ ธีระวิทย์ พลโคกก่อง¹ วรุตม์ คุณสุทธิ และ อุกฤษฏ์ นัจำปา^{2*}
Jindaphorn Suebkumpet¹, Thirawit Phonkhokkong¹, Warut Koonasoot¹ and Ukrit
Najampa^{2*}

กลุ่มวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์¹

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์²

Division of Physics, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University¹

Major of Physics, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University²

Email.: ukrit.nj@bru.ac.th

Received : September 9, 2022

Revised : October 11, 2022

Accepted : November 4, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเตรียมซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซล - เจล และค่าความเป็นเบสที่ pH 8 - 13 ที่ส่งผลต่อลักษณะสัณฐานวิทยา และประสิทธิภาพการย่อยสีย้อมสลายเมทิลีนบลู วิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าโครงสร้างผลึกเป็นซิงค์ออกไซด์เท่านั้น วิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดของอนุภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิวอิมิชชัน พบว่า pH 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในระดับนาโน โดยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 213.7 164.5 248.9 261.6 200.3 และ 208.7 นาโนเมตร ตามลำดับ และวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ ธาตุที่พบ คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) และ ซิงค์ (Zn) และได้ทำการวัดค่าการสลายเมทิลีนบลูด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง พบว่าในเวลา 100 นาที ซิงค์ออกไซด์ที่ค่าความเป็นเบส pH 13 สามารถสลายสารละลายเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการสลายอยู่ที่ 94.41 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ซิงค์ออกไซด์ กระบวนการโซล-เจล ประสิทธิภาพการสลายเมทิลีนบลู การเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง

ABSTRACT

This research was investigated the preparation of zinc oxide by the sol-gel process and the base value at pH 8 – 13 affecting morphology and methylene blue degradation efficiency. ZnO samples were analyzed crystalline structure with the X-Ray Diffractometer. It was found that only the zinc oxide phase was formed with pH 8 having the highest light intensity. Phonological characteristics and particle size were analyzed using Field Emission Scanning Electron Microscopy. It was found that pH 8, 9, 10, 11, 12 and 13 had nano-particle characteristics and the average particle size was 213.7, 164.5, 248.9, 261.6, 200.3 and 208.7 nm, respectively. The elements were analyzed by Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy. The elements found were carbon (C), oxygen (O) and zinc (Zn). The degradation of methylene blue was measured by UV-Vis spectrophotometer, and it was found that within 100 minutes, zinc oxide at pH 13 was the best decomposition of methylene blue solution with a degradation efficiency of 94.41%.

Key Words: Zinc Oxidem, Sol-Gel Process, Methylene blue decomposition efficiency, Photocatalytic

บทนำ

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) เป็นสารกึ่งตัวนำสมบัติทางเคมีและกายภาพที่เฉพาะตัว เช่น ความเสถียรทางเคมีสูง ช่วงการดูดกลืนแสงมีความชัดเจนคงที่ (Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska et al., 2014) ซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุอีกตัวเลือกที่มีข้อดีสำหรับใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสีย้อมสารอินทรีย์ หากเทียบกับสารกึ่งตัวนำประเภทอื่น การเกิดรีคอมบิเนชัน (Recombination) ของซิงค์ออกไซด์ยังมีโอกาสเกิดน้อยกว่า (Alam, et al., 2018) เนื่องจากเป็นสารกึ่งตัวนำมีค่าระดับพลังงาน 3.32 อิเล็กตรอนโวลต์ (Fu, et al., 2011) เหมาะกับการนำมาใช้ในทดสอบสมบัติทางแสง เช่น การเร่งปฏิกิริยาทางแสง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เซนเซอร์ เป็นต้น (Kaneva, et al., 2009) งานออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronics) ในช่วงคลื่นสั้นมีโครงสร้างเฮกซะโกนอลที่เรียกว่า เวอร์ตไซต์ (Wurtzite) ซึ่งมีค่าคงที่แลตทิซ $a = 0.3296$ และ $c = 0.5206$ (Guo, et al, 2017) โครงสร้างของซิงค์ออกไซด์ประกอบด้วยระนาบของเตตระฮีดรัล (Reza al., 2017) ที่เชื่อมระหว่าง $Zn^{2+}O^{2-}$ Zn^{2+} $-O^{2-}$ เรียงเป็นชั้น ๆ ตามแนวแกน c เตตระฮีดรัล ที่ประกอบด้วย Zn^{2+} Zn^{2+} $-O^{2-}$ O^{2-} ในผลึกซิงค์ออกไซด์นี้เป็นโครงสร้างแบบไม่สมมาตร จึงเหมาะกับการนำไปใช้ในงาน

ด้านเพียโซอิเล็กทริก และไพโรอิเล็กทริก (ศุภมาส ด้านวิทยากล, 2556) ซิงค์ออกไซด์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการศึกษาและวิจัยเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุในกลุ่มโลหะออกไซด์ที่มีการนำมาใช้งานในรูปแบบของวัสดุนาโน ตัวอย่างการใช้งานนาโนซิงค์ออกไซด์ ได้แก่ การใช้งานในกลุ่มของอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ ใช้สำหรับการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในทางทันตกรรม อีกทั้งยังสามารถใช้วิธีการเติมสารเจือเพื่อปรับโครงสร้างระดับจุลภาค โครงสร้างแถบพลังงานให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ และมีความไวต่อการตรวจวัดสารเคมีต่าง ๆ อีกด้วย การปรับค่าพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อสมบัติของซิงค์ออกไซด์ โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ที่มีหลากหลายวิธี แต่ในวิจัยนี้สนใจการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซลเจล ที่มีการปรับค่าพีเอชที่เป็นเบสกับการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของเบสหรือต่างกับการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์เพื่อเข้าไปสลายพันธะโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง และการปรับค่าพีเอชสามารถทำให้จำนวนการเกิดนิวคลีอิก (nuclei) มีการเติบโตขึ้นขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของสารละลายที่ใช้กับการสังเคราะห์ (Alias, et al., 2010) นอกจากนี้ซิงค์ออกไซด์ ยังสามารถประยุกต์ใช้ในกุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับคนโดยตรง เช่น เครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลชั่นกันแดดที่เริ่มนิยมนำซิงค์ออกไซด์ขนาดนาโนมาใช้เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากมีระดับความสามารถในการป้องกันรังสียูวีได้ในระดับเดียวกับอนุภาคซิงค์ออกไซด์ขนาดใหญ่กว่านาโน (สุพิณ แสงสุข, 2551) โดยส่วนใหญ่ซิงค์ออกไซด์จะถูกนำไปใช้ในงานด้านอุตสาหกรรม คือ ในการบำบัดสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีคุณสมบัติในด้านการดูดกลืนพลังงานแสงได้ดี เพื่อช่วยกระตุ้นต่อการเร่งปฏิกิริยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซลเจลและทดสอบประสิทธิภาพซิงค์ออกไซด์ที่ย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของย่านแสงยูวี

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากการเตรียมนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซลเจล และทดสอบการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ โดยผ่านการเจือเบสที่ค่า pH 8 - 13 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 0.8 โมลต่อลิตร

สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย

ซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรต ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$) ยี่ห้อ KemAus ผลิตโดย Elago Enterprises Pty Ltd ประเทศออสเตรเลีย น้ำปราศจากไอออน (Deionized water, DI) เอทานอล (CH_3CH_2OH) ความเข้มข้น 95 % ตัวแทนจำหน่ายโดย หจก.ชายติพิก ประเทศไทย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 99% (Sodium

hydroxide)% ยี่ห้อ Carlo Erba ผลิตโดย CARLO ERBA Reagents S.A.S. ประเทศฝรั่งเศส
เมทิลีนบลู ($C_6H_{18}N_3ClS \cdot 2H_2O$) ยี่ห้อ Loba ผลิตโดย LOBA CHEMIE PVT.LTD. ประเทศอินเดีย

การเตรียมสารตั้งต้น

เตรียมซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรต 6.585 กรัม เตรียมน้ำ DI ปริมาตร 300 มิลลิลิตร (ใช้สำหรับเป็นตัวทำละลายกับซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรต ปริมาตร 150 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร) ปรับค่า pH 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.8 โมลต่อลิตร

การเตรียมซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการโซล - เจล

เตรียมซิงค์อะซิเตทไดไฮเดรต 6.585 กรัม ผสมกับน้ำ DI ปริมาตร 150 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนแท่งแม่เหล็กด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที จนครบ 15 นาที ที่อุณหภูมิห้องเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์อย่างช้า ๆ เพื่อปรับค่า pH (โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 4.8 กรัมผสมกับน้ำ DI ปริมาตร 150 มิลลิลิตร) ส่วนการหยดโซเดียมไฮดรอกไซด์ pH 9 10 11 12 และ 13 สามารถเตรียมได้ในทำนองเดียวกัน กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนแท่งแม่เหล็กด้วยความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที จนครบ 45 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 จากนั้นใช้น้ำ DI ล้างตะกอนสารละลายจำนวน 3 ครั้ง และ ล้างครั้งสุดท้ายด้วยเอทานอล 95 % นำตะกอนของสารละลายที่ถูกกรองอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์ของสารตั้งต้นมีลักษณะเป็นผงหยาบ ขั้นตอนต่อไป นำผงดังกล่าวเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที เผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำสารตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์

วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้วยเทคนิคต่าง ๆ หาโครงสร้างผลึกโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffractometer : XRD) ยี่ห้อ Panalytical รุ่น Expert 2Theta: 5 - 140 degree ผลิตโดย Malvem Panalytical Ltd ประเทศสหราชอาณาจักร เพื่อตรวจสอบโครงสร้างผลึก ไปศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และนำไปวิเคราะห์เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิชัน (Field Emission Scanning Electron Microscopy : FESEM) ยี่ห้อ Carl Zeiss รุ่น AURIGA ผลิตโดย JEOL Ltd ประเทศญี่ปุ่น วิเคราะห์ร่วมกับเทคนิค Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ และ ศึกษาสมบัติทางแสงของสารตัวอย่าง ด้วยการวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (UV - Vis spectrophotometer) ยี่ห้อ Omega รุ่น SPECTROstar ผลิตโดย The Microplate Reader Company ประเทศเยอรมนี และทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง

ทดสอบการย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง

เตรียมสารละลายเมทิลีนบลูความเข้มข้น 1×10^{-5} โมลต่อลิตร ในปริมาตร 200 มิลลิลิตร เตรียมผงซิงค์ออกไซด์ 0.375 กรัม และสารละลายเมทิลีนบลูใส่ในบีกเกอร์แล้วกวนวางในที่มืดเป็นเวลา 100 นาที ในตู้รับแสง โดยใช้หลอดยูวี Black light 30 วัตต์ จำนวน 3 หลอด (BEWON, อายุจำกัด) โดยใช้ความยาวคลื่นย่านยูวี (310 - 400 นาโนเมตร) เก็บตัวอย่างสารละลายเมทิลีนบลู 5 มิลลิลิตร ทุก ๆ 10 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 3 นาที แล้วเก็บตัวอย่างในขวดทึบแสง วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูด้วยเครื่อง UV - Vis spectrophotometer แล้วบันทึกผลเพื่อศึกษาอัตราการลดลงของความเข้มของการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูหรืออัตราการย่อยสลายสารละลายเมทิลีนบลู ตามสมการ (1)

$$\text{Degradation}(\%) = \frac{|A_0 - A|}{A} \times 100 \quad \dots (1)$$

เมื่อ A_0 แทน ค่าการดูดกลืนความเข้มแสงเวลาที่ศูนย์ และ A แทน ค่าการดูดกลืนความเข้มแสงที่เวลาใด ๆ

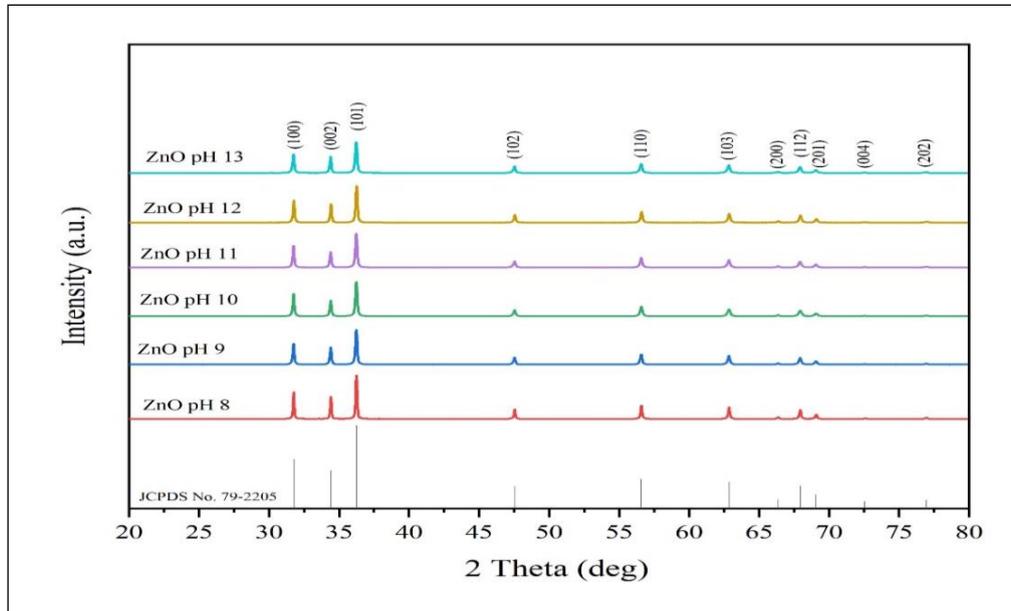
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer : XRD

ผลการตรวจสอบโครงสร้างของสารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการโซลเจล โดยผ่านการเจือกรดที่ค่า pH 8 - 13 ด้วยเครื่อง XRD แสดงดังภาพประกอบ 1 พบว่า สารที่สังเคราะห์ได้เป็นซิงค์ออกไซด์ โดยปรากฏพีค (Peak) การเลี้ยวเบนที่มุม 2θ เกิดที่ระนาบ (100) (002) (101) (102) (110) (103) (200) (112) (201) (004) และ (202) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน JCPDS (Card number 36-1451) (Nguyen et al., 2020) ซึ่งเป็นเฟสของซิงค์ออกไซด์ในรูป Wurtzite ขนาดของผลึก (crystallite size "D") ซิงค์ออกไซด์ ที่ pH 8 - 13 ขนาดมีแนวโน้มที่ลดลงตามลำดับดังนี้ 8.25, 11.30, 21.20, 11.81, 12.70 และ 7.70 นาโนเมตร การขนาดของผลึก (Kumaraswamy, et al., 2015) ระดับนาโนเมตร สามารถคำนวณได้จากสมการเซอร์เลอร์ (Scherrer equation) ตามสมการที่ (2)

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos \theta} \quad \dots (2)$$

เมื่อ D แทน ขนาดของผลึก (นาโนเมตร) λ แทน ค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ (คอปเปอร์) มีค่า 0.154 นาโนเมตร β แทน ความกว้างของพีคที่สูงที่สุด (101) หรือ full width half maximum (FWHM) และ θ แทน มุมของแบรกก (Bragg's angle)



ภาพประกอบ 1 ผลการวิเคราะห์ XRD ของโครงสร้างผลึกนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ pH 8 – 13

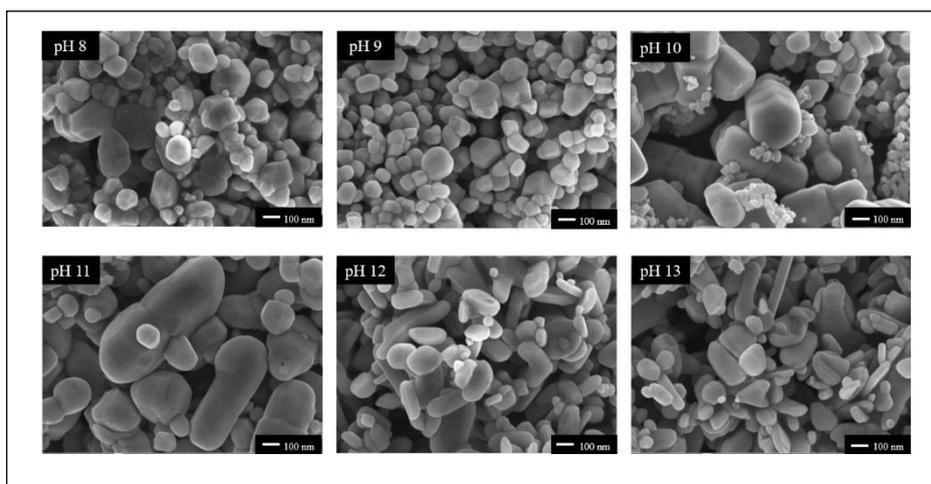
การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิชัน (FESEM)

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของซิงค์ออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจล โดยผ่านการเจือเบสที่ค่า pH 8 – 13 ทำการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิชัน (FESEM) ที่กำลังขยาย 50,000 เท่าจากภาพประกอบ 2 และ ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FESEM เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา รูปร่าง ขนาดของอนุภาค ZnO ปรับ pH 8 – 13 ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจล ซึ่งเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และการควบแน่น ร่วมกับการปรับค่า pH โดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เกิดไฮดรอกไซด์ ไอออน ปรากฏว่าส่งผลต่อกระบวนการฟอร์มตัวขนาดอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ทำให้มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปตามการปรับค่า pH ตามภาพประกอบ 2 และสอดคล้องกับ ขนาดของผลึก ตามสมการเชอร์เลอร์ ดังนั้น ที่ค่า pH 8 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 110.20 นาโนเมตร และมีรูปร่างเป็นทรงกลมค่อนข้างจะมีหลายเหลี่ยม

อนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่ค่า pH 9 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 140.50 นาโนเมตร และมีลักษณะรูปร่างทรงลูกบาศก์ค่อนข้างคล้ายทรงกลม pH 10 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 248.90 นาโนเมตร และมีรูปร่างเป็นแท่งอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่ค่า pH 11 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 220.80 นาโนเมตร และมีรูปร่างเป็นแท่ง ขนาดอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่ค่า pH 12 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 160.40 นาโนเมตรและมีรูปร่างเป็นแผ่น และขนาดอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่ค่า pH 13 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 87.50 นาโนเมตร และมีรูปร่างเป็นแผ่น

การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยเทคนิคการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์ (EDX)

จากภาพประกอบ 3 และตารางที่ 2 องค์ประกอบของธาตุของซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจล โดยผ่านการเจือเบสที่ค่า pH 8 – 13 โดยอาศัยสเปกตรัมที่มีความเข้มของรังสีเอกซ์



ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของอนุภาค ZnO ปรับ pH 8 - 13
ภาพถ่าย กำลังขยาย 50,000 เท่า ด้วยเทคนิค FESEM

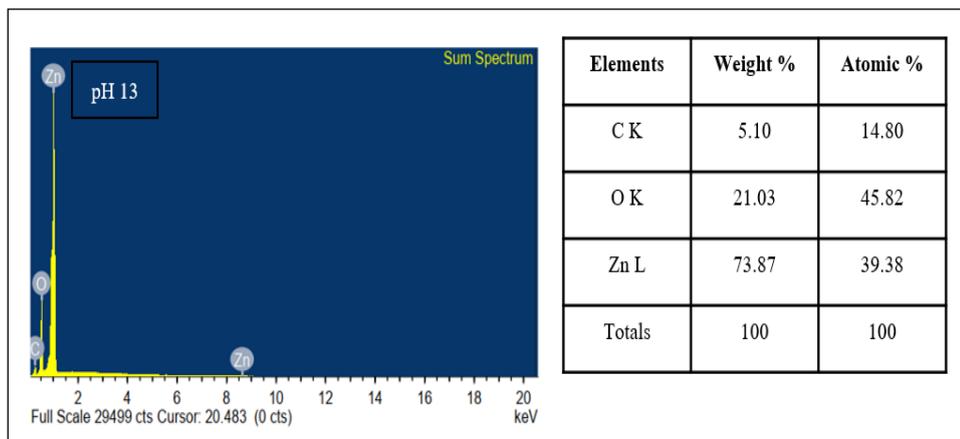
ตารางที่ 1 ข้อมูลวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดผลึกและขนาดอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ที่ปรับค่า pH 8 – 13

ตัวอย่าง	2θ	FWHM " β "	ขนาดผลึก (นาโนเมตร)	ขนาดอนุภาค (นาโนเมตร)	ลักษณะรูปร่าง
pH 8	36.2418	0.2068	8.25	110.20	ทรงหลายเหลี่ยม
pH 9	36.2459	0.1378	11.30	140.50	ทรงลูกบาศก์
pH 10	36.3738	0.0720	21.20	248.90	แท่งทรงกระบอก
pH 11	36.2401	0.1181	11.81	220.80	แท่งทรงกระบอก
pH 12	36.2494	0.1200	12.70	160.40	แผ่น
pH 13	36.2418	0.2468	7.70	87.50	แผ่น

แสดงผลวิเคราะห์พบธาตุที่เป็นองค์ประกอบ คือ C (คาร์บอน) O (ออกซิเจน) และ Zn (ซิงค์) มีค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแตกต่างกันไป ZnO ที่ค่า pH 8 9 10 11 12 และ 13 มีค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของซิงค์ (Zn) เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของคาร์บอน (C) ดังนี้ ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของธาตุของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจล โดยผ่านการปรับค่า pH 8 – 13

สารประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก			
	C	O	Zn	รวม
ZnO pH 8	9.69	20.22	70.08	100
ZnO pH 9	6.41	18.97	74.62	100
ZnO pH 10	6.41	21.36	72.51	100
ZnO pH 11	5.52	21.58	72.89	100
ZnO pH 12	6.10	22.13	70.79	100
ZnO pH 13	5.10	21.03	73.87	100



ภาพประกอบ 3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคนาโน ZnO pH 13 ด้วยเทคนิค EDX

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะสมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยเทคนิค UV – VIS Spectroscopy

จากการศึกษาสมบัติการดูดกลืนแสง และหาค่าช่องว่างแถบพลังงานด้วยเทคนิค UV-Vis Spectroscopy ของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ปรับค่าความเป็นด่าง pH 8 – 13 วิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่น 360 – 800 นาโนเมตร เพื่อนำมาหาค่าช่องว่างแถบพลังงานลักษณะสเปกตรัมที่เปลี่ยนแปลงของซิงค์ออกไซด์ที่ค่าความเป็นด่าง pH 8 – 13 ปรากฏพีคที่ความยาวคลื่น 427, 428, 415, 417, 416 และ 400 นาโนเมตร ตามลำดับ มีค่าช่องว่างแถบพลังงานใกล้เคียงกัน คือ pH 8 – 13 มีค่าเท่ากับ 2.36, 3.02, 3.08, 3.08, 3.08 และ 3.14 อิเล็กตรอนโวลต์ตามลำดับ ที่แสดงผล ภาพประกอบ 4 การวิเคราะห์สมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ถูกปรับค่า pH ต่าง ๆ พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400 – 430 นาโนเมตร และส่งผลต่อแถบช่องว่างพลังงาน ซึ่งค่าแถบช่องว่างพลังงาน (energy band gap : E_g) ถูกคำนวณด้วย สมการ $(\alpha h\nu) = A(h\nu - E_g)^n$ นำข้อมูลมาเขียนกราฟโดยค่า E_g สามารถหาได้จากเส้นแนวโน้มหรือ ความชันที่ลากตัดผ่านแกน เอกซ์ (x) ของกราฟ วิเคราะห์สมบัติทางแสงของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ปรับค่า pH ต่างกัน จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวทำให้ทราบว่า การปรับค่า pH ที่มีความเป็นเบสมากขึ้นทำให้ค่าแถบช่องว่างพลังงานมีค่าที่มากขึ้น เนื่องมาจากการเติมสารละลายไฮเดรียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่มากขึ้นย่อมส่งผลให้เกิดการแตกตัวให้ไฮดรอกไซด์ไอออนในน้ำมากขึ้นทำให้การรับโปรตอนมากขึ้น ค่า pH ที่มากขึ้นทำให้ค่าแถบช่องว่างพลังงานมีความกว้างมากขึ้น และมีความสอดคล้องกับพลังงานจากแสงช่วงความยาวคลื่นย่านยูวี (310 - 400 นาโนเมตร) ในการทดสอบใช้

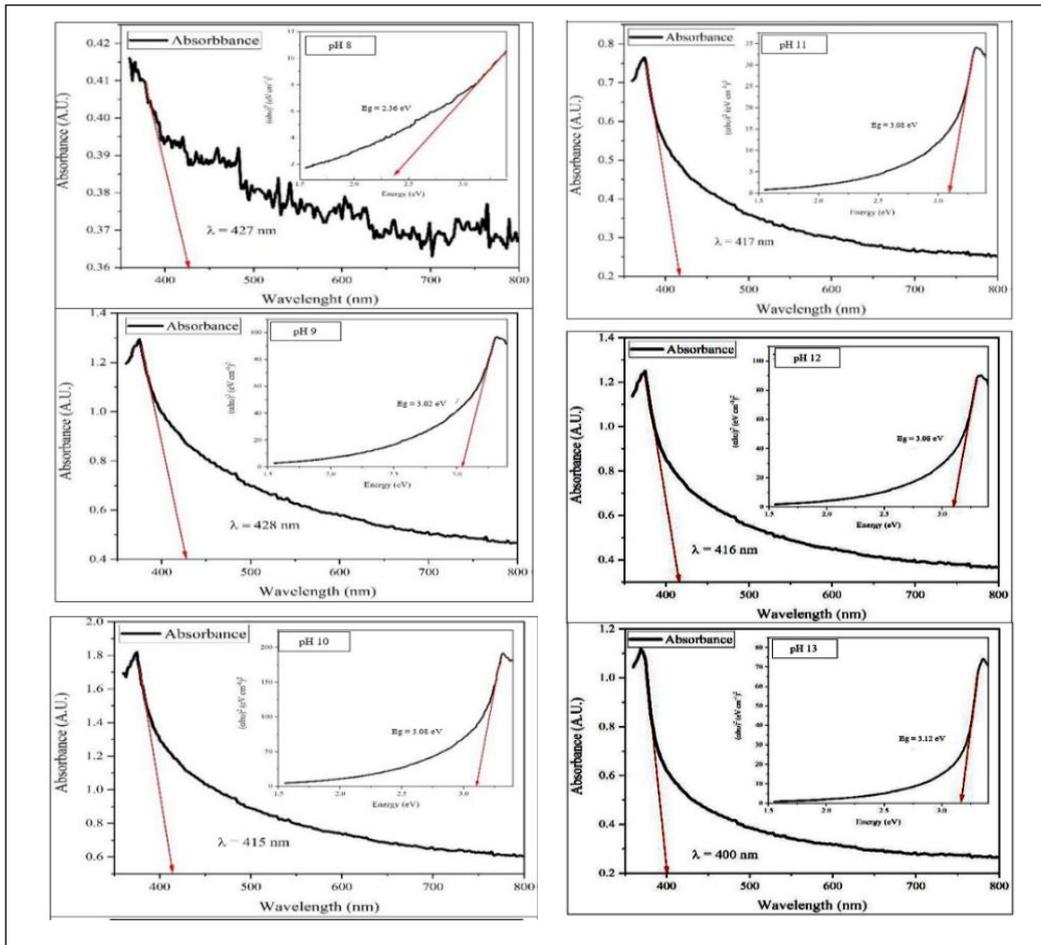
กิจกรรมการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ขนาดของอนุภาคและขนาดของผลึกที่เล็ก เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้กิจกรรมการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงมีประสิทธิภาพ

การทดสอบการย่อยสลายสีย้อมเมทิลินบลูโดยใช้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงด้วยค่าการดูดกลืนแสง UV – VIS Spectrophotometer

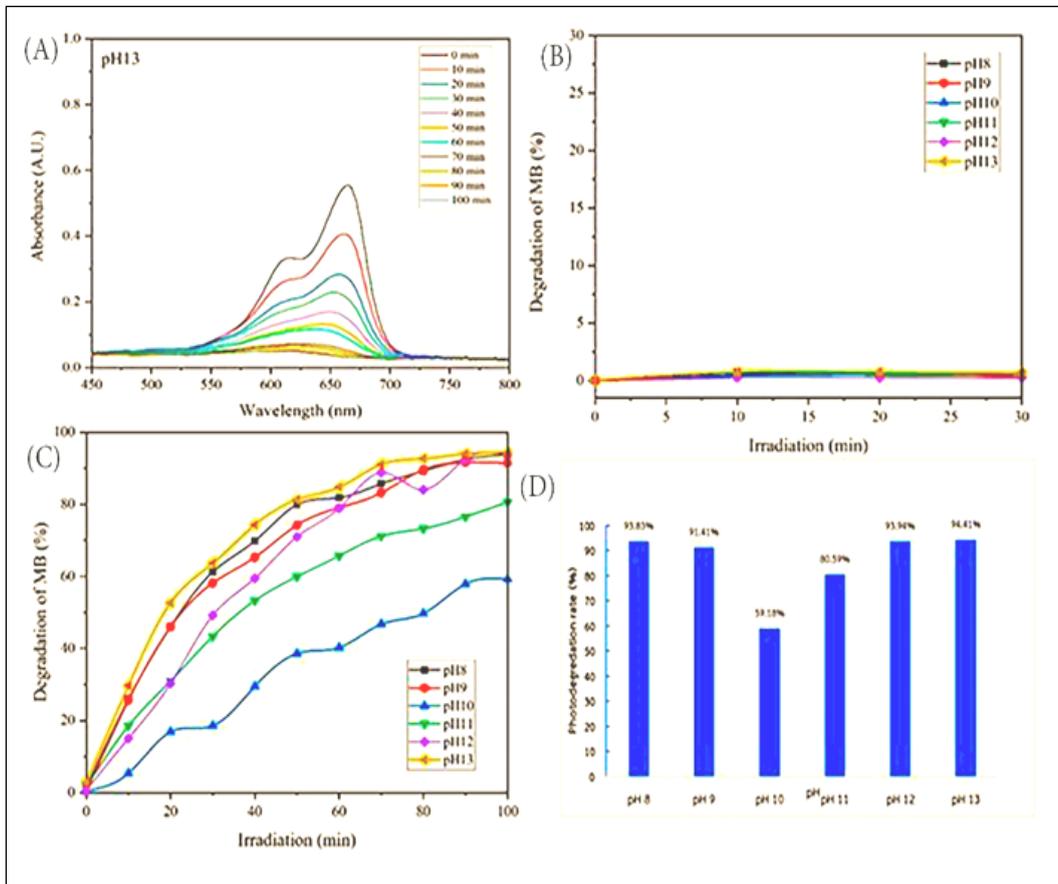
จากการทดสอบประสิทธิภาพการสลายสารละลายเมทิลินบลูที่ความเข้มข้น 1×10^{-5} โมลต่อลิตร ในปริมาตร 200 มิลลิลิตร ด้วยซิงค์ออกไซด์ที่ค่า pH 8 – 13 ที่ความยาวคลื่น 310 - 400 นาโนเมตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิค UV – Vis spectrophotometer ได้ผลการทดสอบภาพประกอบ 5 แสดงการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงในการสลายสารละลายเมทิลินบลูที่ความเข้มข้น 1×10^{-5} โมลต่อลิตร ภายใต้แสงยูวี โดยทำการเก็บตัวอย่างสารละลายเมทิลินบลู ทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 100 นาที พบว่าปริมาณการสลายมีค่าเพิ่มขึ้น โดย pH 13 มีค่าการสลายสารละลายเมทิลินบลูสูงที่สุดที่ความยาวคลื่น 664 นาโนเมตร เปอร์เซ็นต์การสลายสารละลายเมทิลินบลูคำนวณโดยใช้สมการ (1)

อภิปรายผลการวิจัย

ซิงค์ออกไซด์ที่ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีโซลเจล ที่มีการปรับค่า pH 8 – 13 โดยการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Jianguo, et al., 2011) เพื่อทดสอบการย่อยสลายสีย้อมเมทิลินบลูความเข้มข้น 1×10^{-5} โมลต่อลิตร ในปริมาตร 200 มิลลิลิตร ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดช่วงเวลาไว้ สองช่วง ช่วงที่หนึ่ง ปิดไฟ (ทดสอบในที่มืด) เป็นระยะเวลา 30 นาที ภาพประกอบ 5 (B) เพื่อทดสอบสีย้อมเมทิลินบลูจะถูกละลายไปตามระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่ พบว่า เกิดการย่อยสลายไปในจำนวนที่น้อยมากจากการวิเคราะห์ผลอาจเกิดจากอนุภาคซิงค์ออกไซด์มีความพรุนเกิดจึงทำให้มีการดูดซับสีย้อมเมทิลินบลู แต่หากเทียบกับ การทดสอบในช่วงที่ สอง เปิดไฟในย่านความยาวคลื่นประมาณ 310 - 400 นาโนเมตร เป็นระยะเวลา 100 นาที พบว่าแสงในย่านความยาวคลื่นดังกล่าวมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเชิงแสงแน่นอน หากเทียบในช่วงระยะเวลา 30 นาที ปิดไฟกับเปิดไฟ ภาพประกอบ 5 (C) แต่ในการทดสอบยังติดตามผลการย่อยสลายของสีย้อมจนกระทั่ง การย่อยสลายสีย้อมที่มีการใช้แสงเข้าร่วมจนถึงสภาวะความเสถียร จากการทดสอบการย่อยสลายสีย้อมเมทิลินบลู พบว่าซิงค์ออกไซด์ที่ ปรับค่า pH 13 มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดหากเทียบกับตัวอื่นที่ทดสอบในสภาวะเดียวกัน และยังมีอีกหลายปัจจัยที่ทำให้การย่อยสลายสีย้อมเมทิลินบลูมีประสิทธิภาพ จากผลการวิเคราะห์ของข้อมูลเบื้องต้น คือ ขนาดผลึก ขนาดอนุภาค และ รูปร่างของซิงค์ออกไซด์ งานวิจัยนี้อาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการกำจัดสารมลพิษในแหล่งน้ำ หรือ ตัวกรองหรือไส้กรองน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรม ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติ



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์การดูดกลืนแสงในช่วง UV-VIS และค่าแถบพลังงาน ที่ได้จากการคำนวณสมการ $(\alpha h\nu) = A(h\nu - E_g)^n$ ของอนุภาคนาโน ZnO pH 8 - 13



ภาพประกอบ 5 การดูดกลืนแสงในช่วง UV-VIS (A) ผลทดสอบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารละลายสีย้อมเมทิลีนบลูโดยไม่ให้แสงยูวี (B) ผลทดสอบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสีย้อมเมทิลีนบลูโดยให้แสงยูวี (C) และ (D)

เอกสารอ้างอิง

ศุภมาส ด้านวิทยากุล. (2556). ชิงค์ออกไซด์วัสดุอนุภาคประสมงค์. *วารสารเทคโนโลยีวัสดุ*, 13-22.

สุพิณ แสงสุข. (2551). *นาโนซิงค์ออกไซด์*. จาก <http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=5&ID=6>.

Alias, S.S., Ismail, A.B., and Mohamad, A.A. (2010). Effect of pH on ZnO nanoparticle properties synthesized by sol-gel centrifugation, *Journal of*

- Alloys and Compound*, 231-237.
- Agnieszka, K.R., and Teofil J. (2014). Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review. *Materials*, 7, 2833-2881.
- Alam, U., Khan, A., Ali, D., Bahnemann, D., and Muneer, M. (2018). Comparative photo catalytic activity of sol-gel derived rare earth metal (La, Nd, Sm and Dy)-doped ZnO photocatalysts for degradation of dyes. *RSC Advances*, 8, 17582–17594.
- Jianguo, L., Wanbing G., Kai H., Jianbo Z., Fanming M., Xueping S., and Zhaoqi S. (2011). Effect of annealing temperature on photocatalytic activity of ZnO thin films prepared by sol-gel method. *Superlattices and Microstructures*, 50, 98–106.
- Guo, K. W. (2017) Property of zinc oxide (ZnO) nanostructures potential for biomedical system and its common growth mechanism. *Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering*, 5, 197-202.
- Fu, M., Li, Y., Wu, S., Lu, P., Li, J. and Dong, F. (2011). Sol-gel preparation and enhanced photocatalytic performance of Cu-doped ZnO nanoparticles. *Applied Surface Science*, 258(4), 1587-1591.
- Kumaraswamy ,S. and Somashekarappa, H.M. (2015). Effect of pH values on surface morphology and particle size variation in ZnO nanoparticle synthesized by co-precipitation method. *Research journal of recent sciences*, 4, 197-201.
- Kaneva, N.V., Yordanov, G.G. and Dushkin, C.D. (2009). Photocatalytic action of ZnO thin films prepared by the sol-gel method. *React Kinet Catal Lett*, 98, 259–263.
- Nguyen, N.T. and Nguyen, V.A. (2020). Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Activity of ZnO. Nanomaterials Prepared by a Green, Nonchemical Route. *Journal of Nanomaterials*, 1-8.
- Reza M. and S. Siamak A.T. (2017). Sol-gel synthesis, structural and enhanced photocatalytic performance of Al doped ZnO nanoparticles. *Advanced Powder Technology*, 28, 1418-1425.