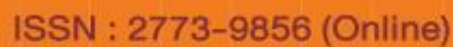
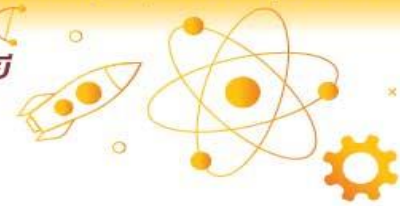


The logo for JSET LRU, featuring the letters J, S, E, and T in a large, bold, sans-serif font. The 'J' and 'S' are orange, while the 'E' and 'T' are maroon. Below the 'T' is the text 'LRU' in a smaller, maroon, sans-serif font.

**Journal of Science,
Engineering and Technology**
LOEI RAJABHAT UNIVERSITY





วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่บทความวิจัยคุณภาพสูงด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี และเป็นสื่อประสานและส่งข่าวสารระหว่างเครือข่ายนักวิชาการด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

คณะกรรมการอำนวยการ

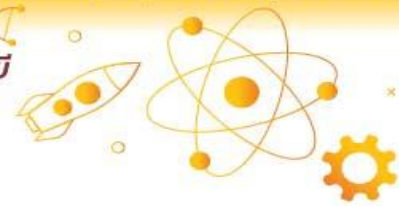
- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์สมเจตน์ ดวงพิทักษ์ | อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิ พุกษา | รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและประกันคุณภาพ |
| 3. ดร.สัญญา เกียรติทรงชัย | ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสวัณธ์ รักษมณี | คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 5. รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชาย พวงจันทร์ | คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม |

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---|-------------------|
| 1. ดร.กิตติ ต้นเมืองปัก | บรรณาธิการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ แสนประสิทธิ์ | รองบรรณาธิการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงษ์ ชุมศรี | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นภัสสร วงเปี้ยว | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |
| 5. นางสาวพรชนก บุญลับ | ผู้ช่วยบรรณาธิการ |

ผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ

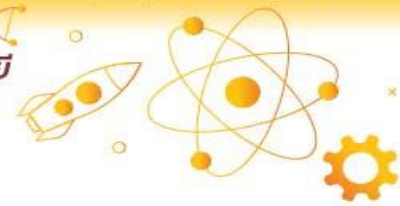
- | | |
|---|---|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นละอ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร | สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.โอภาส วนิชชีวะ | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.วาทิ คงบรรทัด | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.จักรมาส เลหาวนิช | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติไทย แก้วทอง | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |



- | | |
|---|--|
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.ต้องจิตร์ ถิ่นชนนาง | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเสถียร บุญสูง | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เดช สารการ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน พิรพัฒนา | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย แสงอาทิตย์ | สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.นนทพงษ์ พลพวก | สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |
| 16. รองศาสตราจารย์ ดร.อลงกรณ์ พรหมที | สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี |

เจ้าหน้าที่ประจำวารสาร

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 1. นางสาวอัมภรณ์ หาคำแพง | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 2. นางสาวอัญชลีพร เนื่องมัจฉา | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 3. นางทัศนีย์ บุตรเพ็ง | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |
| 4. นายชนาธิป สุรงษา | เจ้าหน้าที่ประจำกองบรรณาธิการ |



ข้อมูลวารสาร

ชื่อวารสาร	(ภาษาไทย) วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย (ภาษาอังกฤษ) Journal of Science, Engineering and Technology Loei Rajabhat University
หน่วยงานเจ้าของวารสาร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
เลข ISSN	ISSN : 2773-9856 (Online)
บรรณาธิการ	ดร.กิตติ ตันเมืองปัก
สถานที่ติดต่อ	234 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตึก 28 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ถนนเลย-เชียงคาน อำเภอเมือง ตำบลเมือง จังหวัดเลย 42000 เบอร์โทรศัพท์ 042-835224 ต่อ 8 E-mail : Jsetlru@lru.ac.th
เว็บไซต์ของวารสาร	https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSET/

กระบวนการพิจารณาบทความ

บทความทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 ท่าน แบบผู้ทรงคุณวุฒิและผู้แต่ง
ไม่ทราบชื่อกันและกัน (double-blind review)

ประเภทของบทความ

- บทความวิจัย (research article)
- บทความวิชาการ (academic article)
- บทความปริทัศน์ (review article)

ภาษาที่รับตีพิมพ์

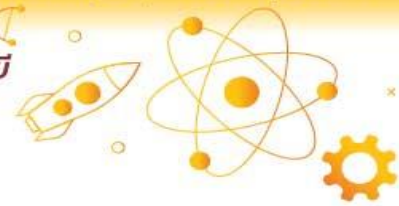
ภาษาไทย

กำหนดออกวารสารตีพิมพ์ 2 ฉบับต่อปี

- ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน
- ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม

วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย วารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 3 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2566) ได้จัดทำขึ้นโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งบทความในวารสารเป็นบทความที่ได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีวัตถุประสงค์การจัดทำเพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ เป็นสื่อกลางรายงานความก้าวหน้าทางวิจัย และแลกเปลี่ยนแนวความคิด ในการวิจัย การตีพิมพ์ฉบับนี้ กองบรรณาธิการได้พิจารณาบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่ จำนวน 8 บทความ

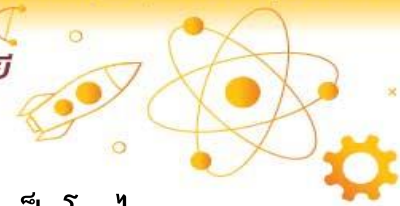
ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ขอเชิญชวน นักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษา เครือข่าย หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ส่งบทความที่ดีมีประโยชน์เผยแพร่ต่อสาธารณชน ในการนำไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการและพัฒนาต่อยอดต่อไปนี้ หากท่านใดประสงค์ที่จะเป็นสมาชิก สามารถสมัครได้ตามระเบียบการ ตีพิมพ์แนบท้ายวารสารนี้และเว็บไซต์ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSET/>



สารบัญ

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล	1-17
<i>อัศรพล พิกุลศรี และ นิภาพร ชนะมาร*</i>	
การจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ K-Means Clustering	18-31
<i>เจนจิรา สุกใส และ นิภาพร ชนะมาร*</i>	
การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน จากเส้นใยกกสามเหลี่ยม (ฝื่อ)	32-44
<i>สุธิดา อนุญาหงษ์ ฌปน บาทขารี วิชชุดา ภาโลม และ แพรตะวัน จารุตัน*</i>	
ความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต ของผู้ป่วยโรคไต กรณีศึกษาเขตอำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี	45-66
<i>พรนภา กุมภีโร* กุลวรรณ ไสร์จัจ และ อีรวรรณ บุญไทแสง</i>	
การประยุกต์ใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำ บริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ	67-76
<i>สุรพงษ์ วิริยะ* และ กิตติ์วี พิण्याพงศ์สิน</i>	
แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ	77-87
<i>เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์ ยุวธิดา ชิวปรีชา จิรนนท์ เข้มกลัด และ วรวัฒน์ จันทรัตน์*</i>	
บทบาทของโพรตีนและปีเพนต่อแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออกซิเจน	88-103
<i>สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ ทรงกลด ไบยา อารมณ์ บัวหลวง และ บงกช บุญบุรพวง*</i>	
ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลอเตเป็นเมทิลสเตียเรตด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ซิงค์คอมเพล็กซ์	104-114
<i>วิชุดา ชนะคำ ตะวัน สุขน้อย และ อาทิตย์ อัครสุชี*</i>	



การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล

Efficiency Comparison of Classification Methods for Kidney Disease with Data Mining Techniques

อักรพล พิกุลศรี¹ และ นิภาพร ชนะมาร^{2*}

Akkarapon Phikulsri¹ and Nipaporn Chanamarn^{2*}

^{1,2}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 47000

^{1,2}Department of Computer, Faculty of Science and technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: nipaporn@snru.ac.th

Received 1 October 2022, Accepted 27 December 2022, Published 1 March 2023

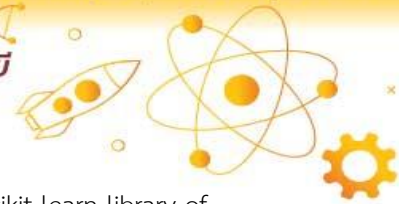
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลแบบการจำแนกประเภทข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการทำนายความเสี่ยงการเป็นโรคไต พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุด โดยใช้อัลกอริทึม 3 เทคนิค คือ โครงข่ายประสาทเทียม ต้นไม้ตัดสินใจ และการเรียนรู้แบบเบย์ ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือ ชุดข้อมูลระยะเริ่มต้นของโรคไตเรื้อรัง จากฐานข้อมูล UCI Machine Learning มีจำนวนข้อมูล 400 ชุดข้อมูล ปัจจัยสำหรับการวิเคราะห์ 24 ปัจจัย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธี 10-Fold Cross Validation โดยเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ใช้ Scikit-Learn Library ของภาษา Python ผลการวิจัยพบว่า การจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้แบบจำลองจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุด ที่ค่าความถูกต้อง 98.47% ค่าความแม่นยำ 98.33% ค่าความระลึก 99.16% และค่าความถ่วงดุล 98.73% และให้ผลการตัดสินใจ จำนวน 5 กฎ ที่ควรนำไปพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการวินิจฉัยโรคเบื้องต้นเกี่ยวกับความเสี่ยงการเกิดโรคไตได้

คำสำคัญ: โรคไต โครงข่ายประสาทเทียม การเรียนรู้แบบเบย์ ต้นไม้ตัดสินใจ การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน

ABSTRACT

The objective of this research is to apply classification techniques in data mining to predict kidney disease risk and compare efficacy. To obtain the most effective algorithm, three algorithms are used: Neural Networks; Decision trees, and Naive Bayes. The dataset used in the research is the early stages of chronic kidney disease in UCI machine learning database contains 400 data sets and 24 factors. The Efficiency comparison of



the model using the 10-Fold Cross Validation method. The tools in this research use the scikit-learn library of python languages. The results showed that the best prediction performance was the decision tree model. It has an accuracy of 98.47%, precision of 98.33%, recall of 99.16%, and F-measure. of 98.73%. This Decision trees model show has 5 rules that should be used to develop web applications for early diagnosis of kidney disease risk.

Keywords: Kidney Disease, Artificial Neural Networks, Naïve Bayes, Decision Tree, Supervised Machine Learning Techniques

บทนำ

โรคไตเรื้อรัง คือภาวะที่ไตทำงานได้น้อยลงผิดปกติ อย่างต่อเนื่องในระยะเวลา หลายเดือนหรือหลายปี (สุพัฒน์, 2554) ซึ่งไตจะมีตัวกรองเล็กๆ ประมาณหนึ่งล้านตัว เรียกว่า เนฟรอน (Nephron) หากเนฟรอนหยุดทำงานลงมากขึ้นเรื่อยๆ หลังจากผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ไตก็จะไม่สามารถกรองเลือดได้ดีพอ ส่งผลให้มีของเสียตกค้างในร่างกาย ซึ่งเป็นผลเสียต่อสุขภาพ และอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น ภาวะไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ภาวะกระดูกพรุน และภาวะต่อพาราไทรอยด์ทำงานมากเกินไป เป็นต้น (World Kidney Day, 2022) ตามข้อมูลจาก WKD หรือ World Kidney Day 8% ถึง 10% ของประชากรบนโลก ที่อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่มีภาวะที่ไตทำงานได้น้อยลงผิดปกติ และทุกๆ ปีมีคนนับล้านเสียชีวิตก่อนเวลาอันควรจากโรคแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับโรคไตเรื้อรัง (Chronic Kidney Disease) เนื่องจากโรคไตเป็นโรคเรื้อรังชนิดหนึ่งที่ต้องการการดูแลรักษาที่ยาวนานหลายรายต้องรักษาลดชีวิต อีกทั้งค่าใช้จ่ายก็สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีเข้าสู่ภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ต้องรักษาด้วยวิธีที่เรียกว่าการบำบัดทดแทนไต เช่น การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม และการผ่าตัดเปลี่ยนไต เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหา และได้ดำเนินการทำการวิจัยสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไตด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล โดยมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด จากอัลกอริทึม 3 เทคนิค คือ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) การเรียนรู้แบบเบย์ (Bayesian Learning) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยใช้ชุดข้อมูลระยะเริ่มต้นของโรคไตเรื้อรังของคนอินเดีย จากฐานข้อมูล UCI ปี 2015 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 400 ชุดข้อมูล และปัจจัยสำหรับการวิเคราะห์ 24 ปัจจัย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. โรคไต

โรคไตเป็นโรคเกี่ยวกับการทำงานของไตที่ลดน้อยลงผิดปกติ (โรงพยาบาลพระรามเก้า, 2563) เป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาด ลักษณะของโรคไต ภาวะไตวาย ไตหยุดทำงาน ของเสียจะคั่งค้างในเลือดและร่างกาย ผู้ป่วยจะมีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ชีต อ่อนเพลีย โลหิตจาง น้ำท่วมปอด ปวดกระดูก ถ้าของเสียคั่งค้างในสมองมากๆ อาจทำให้มีอาการชักและสมองหยุดทำงาน ถ้าเกิดโรคไตวายในเด็ก เด็กจะแคะแกรนหยุดการเจริญเติบโต (สุพัฒน์, 2554) ปัจจัยเสี่ยงในการเป็นโรคไต มีดังนี้

กรรมพันธุ์ โรคไตบางชนิดเป็นกรรมพันธุ์ เช่น โรคไตเป็นถุงน้ำ ความดันโลหิตสูง จะมีผลกระทบต่ออวัยวะที่สำคัญ คือหัวใจ หลอดเลือด ไต และสมอง คนที่มีความดันโลหิตสูงนานๆ จะมีผลทำให้ไตเสื่อมลง โรคเบาหวาน ผู้ป่วยโรคเบาหวานเมื่อเวลาผ่านไป 10-15 ปี จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไตโดยเฉพาะหลอดเลือดของไต มีไขขาวออกมาในปัสสาวะ ส่งผลทำให้เกิดไตเสื่อม ไตวายเรื้อรัง



และไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย และโรคเบาหวานยังมีผลกระทบทำให้เกิดความดันโลหิตสูงซึ่งมีผลกระทบต่ออีกด้วย อายุ ไตคนปกติจะเจริญเต็มที่เมื่ออายุประมาณ 2 ขวบ และจะเริ่มเสื่อมเมื่ออายุ 35 ปี ยาและอาหาร ยาหลายชนิด อาหารบางประเภทมีพิษต่อไต เช่น ยาแก้ข้อกระดูกอักเสบ ประเภท NSAID อาหารรสจัดเป็นต้น (ทวี, สัมวิ และวิรัตน์, 2563) โรคไตวายเรื้อรังเกิดจากความผิดปกติของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น ความผิดปกติของระบบเผาผลาญ ระบบหลอดเลือด ระบบทางภูมิคุ้มกัน โรคในระบบเหล่านี้ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคเกาต์ โรคแพ้ภูมิตนเอง โรคหัวใจในไต และระบบท่อทางเดินปัสสาวะ กรวยไตอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำหน้าที่ของไตลดลง และส่งผลให้เกิดโรคไตเรื้อรัง ประกอบไปด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย เป็นต้น ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ โรคประจำตัวร่วมเช่น โรคเกาต์ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น โรคถ่ายทอดทางพันธุกรรม เช่น โรคถุงน้ำในไต กลุ่มอาการอัลพอร์ต เป็นต้น ประวัติโรคไตเรื้อรังในครอบครัว ระยะเวลาในการป่วยด้วยโรคเบาหวาน การควบคุมระดับความดันโลหิต การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด เป็นต้น และในส่วนของปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การกลั้นปัสสาวะ การดื่มน้ำน้อย การใช้ยา NSAIDs การบริโภคอาหารหวาน มันและเค็ม การสูบบุหรี่ การขาดกิจกรรมทางกาย เป็นต้น

2. การทำเหมืองข้อมูล

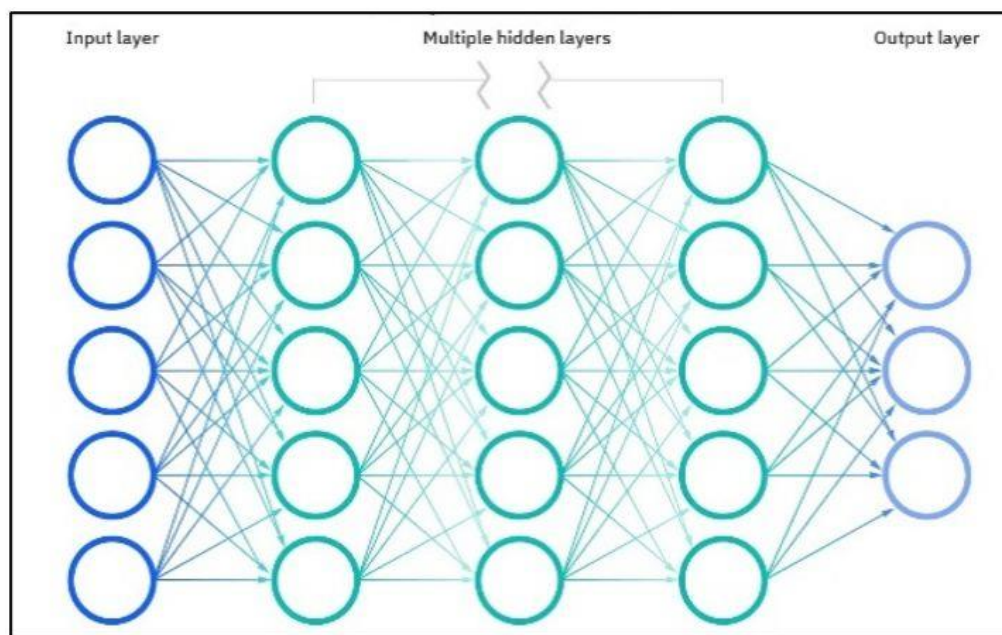
การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) (ณัฐวดี และประภาสิริ, 2562) เป็นการค้นหาคำตอบจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะกระทำกับข้อมูลที่มีจำนวนมาก เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงที่ซ่อนอยู่และคาดการณ์แนวโน้มที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยหลักสถิติ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) สารสนเทศที่ได้จากกระบวนการทางเหมืองข้อมูลอาจนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ หรือจำแนกหน่วย หรือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยต่างๆ อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูลมีหลายประเภทการทำงาน ในการวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึมการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์จากการเรียนรู้จดจำหรือจากรูปแบบของข้อมูลแบบมีป้ายบอกทาง ซึ่งเป็นการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน (Supervised Machine Learning Techniques)

3. การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน

การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้สอน (Noyunsan, Katanyukul and Saikaew, 2018) เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ โดยมีการกำหนดชุดข้อมูล X หรือเป็นอินพุตให้กับแบบจำลอง พร้อมคลาสค่าตอบคือ Y เพื่อให้แบบจำลองใช้ในการเรียนรู้ โดยผลลัพธ์การพยากรณ์ อาจจะเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) กรณีเช่นนี้ เรียกว่าปัญหาการถดถอย (Regression Problem) แต่เมื่อผลลัพธ์เป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete Value) กรณีเช่นนี้ เรียกว่า ปัญหาการจำแนกประเภท (Classification Problem) ซึ่งผลลัพธ์จากการจำแนกประเภทมักเรียกว่าคลาส (Class) หรือ ป้ายกำกับ (Label) ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองแบบจำแนกประเภทจะประกอบไปด้วยชุดข้อมูล X เป็นชุดข้อมูล Feature หรือ Attributes และ y คือ คลาสค่าตอบ สำหรับข้อมูลของ Feature นั้นๆ กล่าวคือ มีชุดข้อมูล X และ ชุดข้อมูล y ประกอบกัน มักเรียกว่า ข้อมูลการฝึกฝนแบบมีป้ายกำกับ อัลกอริทึมแบบจำแนกประเภท เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) การเรียนรู้แบบเบย์ (Naïve Bayes) และ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เช่น Multilayer Perceptron ในงานวิจัยนี้เป็นการใช้แบบจำลองการจำแนกประเภท (Classification) 3 อัลกอริทึม ได้แก่ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และการเรียนรู้แบบเบย์ (Naïve Bayes)

4. เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) (ปริญญญา, 2562) นั้นเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายการทำงานอันซับซ้อนของสมองมนุษย์ จากทฤษฎีการเรียนรู้ของเฮบบ์ (Hebb's Rule) เซลล์ที่ทำงานร่วมกันจะเชื่อมต่อกัน เป็นหลักในการอธิบายการเรียนรู้ด้วยรูปแบบของการประกอบเซลล์ประสาทเข้าด้วยกันเป็นโครงข่าย สามารถนำมาแก้ปัญหาพื้นฐานการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) แต่สำหรับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) นั้นจะเป็นขั้นตอนที่เรียกว่า “เพอร์เซปตรอน” (Perceptron) ซึ่งสามารถทำการเรียนรู้จากตัวอย่างที่นำเข้าไปได้ แต่ก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ปัญหา XOR (Exclusive OR) แต่ปัจจุบันพื้นฐานสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียม เรียกว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Backpropagation) ซึ่งขั้นตอนวิธีนี้สามารถแก้ปัญหา XOR โดยอาศัยโครงข่ายแบบหลายชั้น (Multi-Layer) ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Perceptron) จาก Python Library Scikit-Learn ในการทดสอบ (วิทยา, 2555) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเทคนิคที่ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Neurons) จุดประสานประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับ กระแสประสาท (Dendrite) ซึ่งเป็น Input และปลายประสาทในการส่งกระแสประสาท (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน Output ของเซลล์ ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียม มีโครงสร้างเป็นกลุ่มของโหนด (Node) ที่เชื่อมโยงถึงกันในแต่ละชั้น (Layer) ได้แก่ Input Layer, Hidden Layer, Output Layer ดังภาพที่ 1

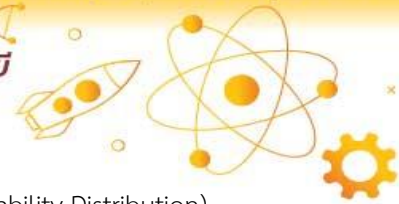


ภาพที่ 1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: (IBM, 2020)

5. เทคนิคการเรียนรู้แบบเบย์

การเรียนรู้แบบเบย์ (Bayesian Learning) (ปริญญญา, 2562) เป็นการจำแนกประเภทรูปแบบหนึ่งที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น (Probability) มาช่วยในการหาคำตอบ ตามกฎของเบย์ (Bayes' Law) เพื่อหาว่าสมมติฐานใดน่าจะถูกต้องที่สุด เช่น



คลาสหรือประเภทของตัวอย่างสมมติฐานว่า ปริมาณที่สนใจจะอยู่ภายใต้การแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ดังนั้น ความน่าจะเป็นของตัวอย่างจึงสามารถใช้ในการประกอบการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลได้ในงานจำแนกประเภท (Classification) ซึ่งทฤษฎีบทของเบย์ (Bayes' Theorem) หรือกฎของเบย์ (Bayes' Law) ตั้งชื่อตาม โทมัส เบย์ (Thomas Bayes) นักสถิติและนักปราชญ์ชาวอังกฤษ กล่าวถึงเหตุการณ์ในปัจจุบันและสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ โดยมีความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข แสดงดังสมการที่ 1 และการใช้กฎของเบย์ในการจำแนกประเภท (Classification) แสดงดังสมการที่ 2

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

$$P(h|D) = \frac{P(D|h)P(h)}{P(D)} \quad (2)$$

$P(D)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นก่อน (Prior Probability) ของเซตตัวอย่างฝึกฝน D

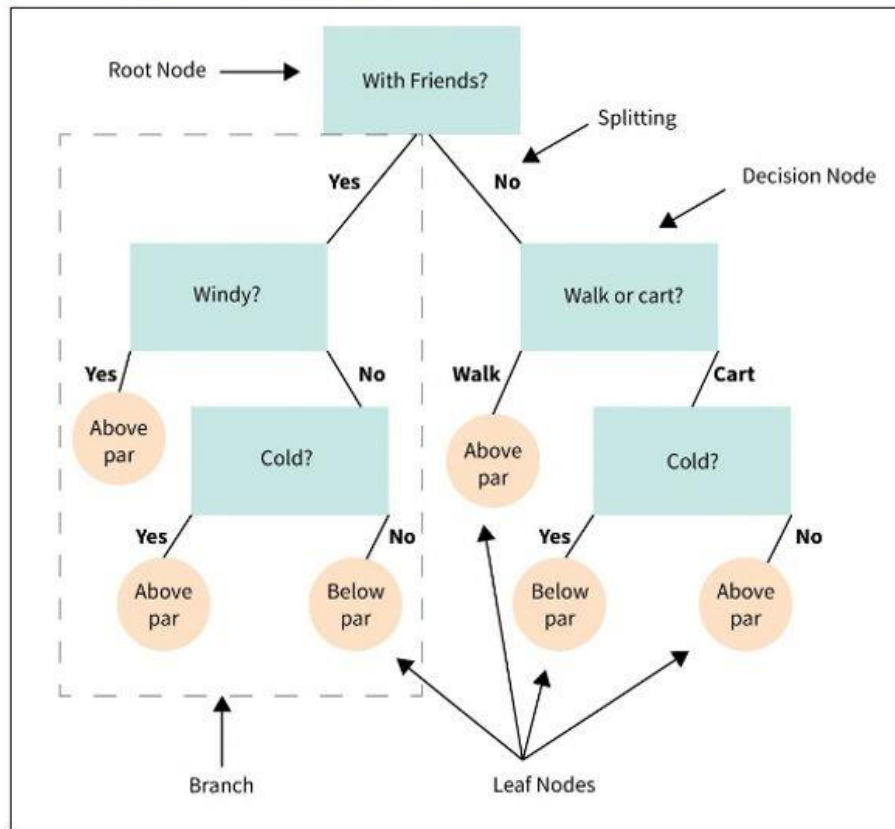
$P(h)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นก่อน (Prior Probability) ของสมมติฐาน $h \in H$

$P(h|D)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นภายหลัง (Posterior Probability) ของสมมติฐาน h เมื่อกำหนดเซตตัวอย่างฝึกฝน D

$P(D|h)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นภายหลัง (Posterior Probability) ของเซตตัวอย่างฝึกฝน D เมื่อกำหนดสมมติฐาน h

6. เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) (MastersInDataScience, 2022) เป็นการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ โดยต้นไม้ตัดสินใจถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยวิเคราะห์เหตุการณ์ หรือสถานการณ์เพื่อตัดสินใจได้อย่างเป็นระบบและรวดเร็ว มีลักษณะเป็นกราฟรูปต้นไม้ แสดงรากแขนงต่างๆ แดกออกมาจากต้นไม้ไปในทิศทางเดียว จนกระทั่งนำไปสู่ข้อสรุปสำหรับการตัดสินใจ ประกอบไปด้วย โหนดราก (Root Node) โหนดลูก (Child Node) หรือโหนดตัดสินใจ (Decision Node) และโหนดใบ (Leaf Node) แสดงดังภาพที่ 2 (ปริญา, 2562) ต้นไม้ตัดสินใจสามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาและข้อมูลหลายประเภท เช่น ค่าแบบไม่ต่อเนื่องสำหรับการจำแนกประเภท และค่าแบบต่อเนื่องสำหรับการวิเคราะห์การถดถอย ทั้งนี้ต้นไม้ตัดสินใจยังสามารถแทนค่าข้อมูลจำนวนมาก หรือแทนกฎแบบถ้า...แล้ว (If-then Rule) เพื่อให้มนุษย์สามารถแปรผลได้ง่ายขึ้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจ

ที่มา: (MastersInDataScience, 2022)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้างานวิจัยด้านเหมืองข้อมูลที่เกี่ยวข้องวิธีการนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการศึกษาและอ้างอิง ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

ณัฐวดี หงษ์บุญมี และประภาสริ ตรีพาณิชกุล (ณัฐวดี และประภาสริ, 2562) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยความเสี่ยงที่ส่งผลต่อการเกิดโรคไฮเปอร์ไทรอยด์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ผลการเปรียบเทียบพบว่า การจำแนกข้อมูลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าความถูกต้อง 82.97% ซึ่งมากกว่าต้นไม้ตัดสินใจ และการเรียนรู้แบบเบย์ที่ให้ค่าความถูกต้อง 79.87% และ 68.11% ตามลำดับ

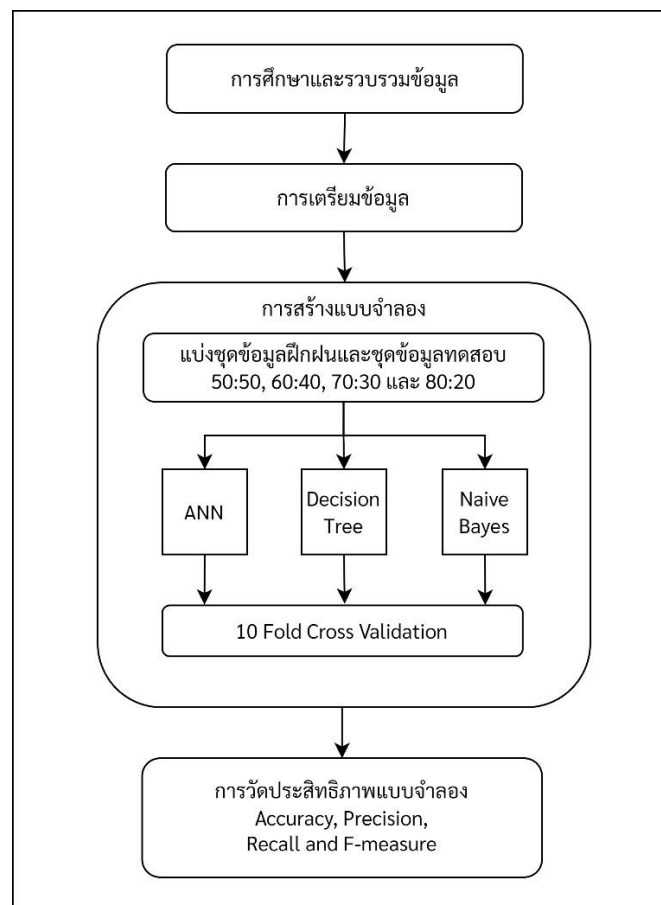
นงเยาว์ ไนอรุณ (นงเยาว์, 2564) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดโดยใช้อัลกอริทึมเหมืองข้อมูลพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพร้อมการเลือกคุณสมบัติ มีค่าความถูกต้อง 99.29% และต่ำสุดคือ แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าความถูกต้อง 70.39%

อุกฤษฏ์ ศรีสุข (อุกฤษฏ์, 2564) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคเหมืองข้อมูลสำหรับปฏิบัติการของผู้ป่วย โดยข้อมูลทั้งหมดถูกรวบรวมมาจากฐานข้อมูล UCI จำนวนทั้งหมด 3 ชุดข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาเทคนิคในเหมืองข้อมูล 5 เทคนิค ได้แก่ Decision Tree C4.5, Naive Bayes, Neural Networks, Random Forest และ Deep Learning มาทำการ

สร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์การเกิดโรค พบว่าเทคนิค Decision Tree เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์โรคไฮโปไทรอยด์ โดยให้ค่าความถูกต้อง 99.86% ค่าความไว 99.85% และค่าความจำเพาะ 100%

วิธีการวิจัย

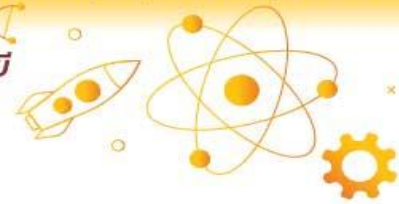
การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 2) การเตรียมข้อมูล 3) การสร้างแบบจำลอง 4) การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง ดังภาพที่ 3 และมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

โรคไตเรื้อรังเป็นภาวะที่ไตทำงานได้น้อยลงผิดปกติ เป็นระยะเวลาหลายเดือนหรือหลายปี เป็นเวลานานเมื่อเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกรองของเสีย หรือเนฟรอน (Nephron) ที่มีอยู่เพียง 1 ล้านเซลล์หยุดการทำงาน ส่งผลทำให้ไตไม่สามารถกรองของเสียในเลือดได้ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกความเสี่ยงการเป็นโรคไตจะช่วยให้วินิจฉัยโรค ได้ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการรักษาผู้ป่วยได้ โดยการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูลจากฐานข้อมูล UCI ชุดข้อมูล Early Stage of Indians Chronic Kidney Disease (CKD) ประกอบไปด้วย 25 แอตทริบิวต์ มีข้อมูล 400 รายการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

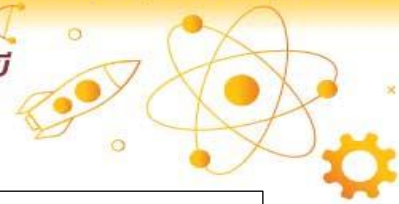


ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดข้อมูล

ลำดับ	ชื่อ	รายละเอียด	ลักษณะข้อมูล	ตัวอย่างข้อมูล
1	age	อายุ	numerical	48, 62, 51, ...
2	bp	ความดันโลหิต	numerical	80, 70, 90, ...
3	sg	ค่าความถ่วงจำเพาะ	nominal	1.005,1.010,1.015,1.020,1.025
4	al	ค่าโปรตีนอัลบูมิน	nominal	0,1,2,3,4,5
5	su	ระดับน้ำตาล	nominal	0,1,2,3,4,5
6	rbc	เซลล์เม็ดเลือดแดง	nominal	normal=1, abnormal=0
7	pc	เซลล์หนอง	nominal	normal=1, abnormal=0
8	pcc	ก้อนเซลล์หนอง	nominal	present=1, notpresent=0
9	ba	แบคทีเรีย	nominal	present=1, notpresent=0
10	bgr	ค่าน้ำตาลในเลือดแบบสุ่ม	numerical	117, 106, 423, ...
11	bu	ค่ายูเรียในเลือด	numerical	18, 26, 53, ...
12	sc	ค่าซีรัมครีเอตินีน	numerical	1.2, 1.8, 10.8, ...
13	sod	ค่าโซเดียม	numerical	131, 138, 141, ...
14	pot	ค่าโพแทสเซียม	numerical	2.5, 4.2, 5.8, ...
15	hemo	ค่าสารสีของเม็ดเลือดแดง	numerical	15.4, 10.8, 5.6, ...
16	pcv	ร้อยละของเม็ดเลือดแดงต่อปริมาณเลือดทั้งหมด	numerical	44, 29, 16, ...
17	wbcc	จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว	numerical	7800, 6700, 4500, ...
18	rbcc	จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง	numerical	5, 3.9, 2.6, ...
19	htn	โรคความดันโลหิตสูง	nominal	yes=1, no=0
20	dm	โรคเบาหวาน	nominal	yes=1, no=0
21	cad	โรคหลอดเลือดหัวใจ	nominal	yes=1, no=0
22	appet	ความอยากอาหาร	nominal	yes=1, no=0
23	pe	อาการบวมเท้า	nominal	yes=1, no=0
24	ane	โรคโลหิตจาง	nominal	yes=1, no=0
25	class	เป็นโรคไต, ไม่เป็นโรคไต	nominal	ckd=1, notckd=0

2. การเตรียมข้อมูล

การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) เป็นการเตรียมข้อมูลให้พร้อมก่อนนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูล ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาษา Python ในการเตรียมข้อมูลด้วย Pandas Library และเครื่องมือที่ใช้คือ Google Colab ในการดำเนินการวิจัย เนื่องจากชุดข้อมูลที่ได้อาจมีค่าข้อมูลสูญหาย (Missing Value) ผู้วิจัยได้ทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning) ด้วยเทคนิค Nearest Value โดยใช้ฟังก์ชันการแทนค่าข้อมูล ด้วยข้อมูลจากแถวก่อนหน้า ใน Pandas Library สำหรับการแปลงข้อมูล (Data Transformation) ดำเนินการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปสร้างแบบจำลองได้ โดยใช้ฟังก์ชันจาก Scikit-Learn ดังภาพที่ 4



```
def transform_data():
    # transform data
    df_kidney['htn'] = transform_custom(df_kidney, 'htn', 'y_n')
    df_kidney['cad'] = transform_custom(df_kidney, 'cad', 'y_n')
    df_kidney['pe'] = transform_custom(df_kidney, 'pe', 'y_n')
    df_kidney['ane'] = transform_custom(df_kidney, 'ane', 'y_n')
    df_kidney['dm'] = transform_custom(df_kidney, 'dm', 'y_n')
    df_kidney['pc'] = transform_custom(df_kidney, 'pc', 'n_abn')
    df_kidney['rbc'] = transform_custom(df_kidney, 'rbc', 'n_abn')
    df_kidney['pcc'] = transform_custom(df_kidney, 'pcc', 'p_np')
    df_kidney['ba'] = transform_custom(df_kidney, 'ba', 'p_np')
    df_kidney['appet'] = pd.Series(map(lambda x: dict(good=1, poor=0)[x], df_kidney['appet'].values.tolist()), df_kidney.index)
    df_kidney['class'] = pd.Series(map(lambda x: dict(ckd=1, notckd=0)[x], df_kidney['class'].values.tolist()), df_kidney.index)

def transform_custom(dataframe, key, option="y_n"):
    """
    option:
    y_n: yes, no
    n_abn: normal, abnormal
    p_np: present, notpresent
    """
    if(option == "y_n"):
        print(f"transform ${key} from yes no to 1 0")
        return pd.Series(map(lambda x: dict(yes=1, no=0)[x], dataframe[key].values.tolist()), dataframe.index)
    if(option == "n_abn"):
        print(f"transform ${key} from normal abnormal to 1 0")
        return pd.Series(map(lambda x: dict(normal=1, abnormal=0)[x], dataframe[key].values.tolist()), dataframe.index)
    if(option == "p_np"):
        print(f"transform ${key} from present notpresent to 1 0")
        return pd.Series(map(lambda x: dict(present=1, notpresent=0)[x], dataframe[key].values.tolist()), dataframe.index)

X = df_kidney.drop('class', axis=1)
y = df_kidney['class']

from sklearn.model_selection import train_test_split

X_train,X_test,y_train,y_test = train_test_split(X,y, test_size=0.2,random_state=200)

# transform data to the same standard scaler.
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
scaler = StandardScaler()
scaler.fit(X_train)

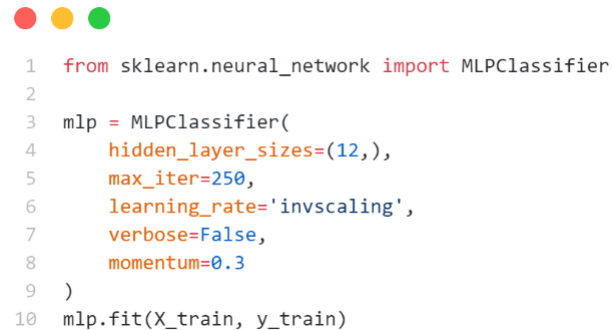
X_train = scaler.transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

ภาพที่ 4 การแปลงข้อมูลให้อยู่ในสเกลเดียวกันและแบ่งชุดข้อมูลเป็นชุดฝึกฝนและชุดทดสอบ

3. การสร้างแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ใช้ Scikit-Learn ซึ่งเป็น Python Library ในการทำเหมืองข้อมูล โดยใช้ประเภทการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ในการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกประเภทประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไต โดยนำข้อมูลที่ได้อีกมาหลังจากการเตรียมข้อมูล นำไปสร้างแบบจำลองด้วย วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ต้นไม้ตัดสินใจ และการเรียนรู้แบบเบย์ ดังภาพที่ 5-7 ตามลำดับ ซึ่งทำการทดลองด้วยการแบ่งชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Data) ชุดข้อมูลทดสอบ

(Testing Data) โดยแบ่งแบบเปอร์เซ็นต์ด้วยการสุ่ม โดยมีอัตราส่วนชุดฝึกฝนต่อชุดทดสอบ ที่ใช้ทดลองดังนี้ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ และทำการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองด้วย 10 Fold Cross Validation ในทุกๆ อัตราส่วนชุดฝึกฝน และชุดทดสอบ โดยโค้ดฟังก์ชัน Cross Validation แสดงดังภาพที่ 8

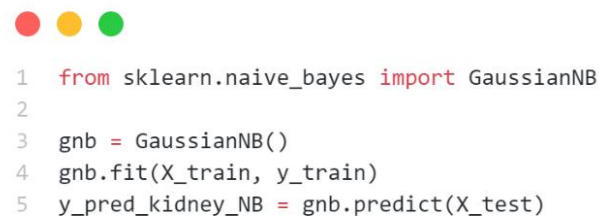


```

1  from sklearn.neural_network import MLPClassifier
2
3  mlp = MLPClassifier(
4      hidden_layer_sizes=(12,),
5      max_iter=250,
6      learning_rate='invscaling',
7      verbose=False,
8      momentum=0.3
9  )
10 mlp.fit(X_train, y_train)

```

ภาพที่ 5 โค้ดแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

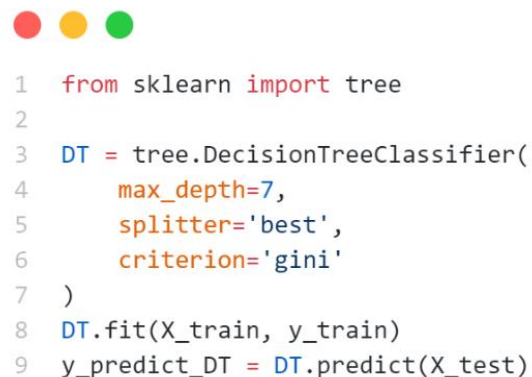


```

1  from sklearn.naive_bayes import GaussianNB
2
3  gnb = GaussianNB()
4  gnb.fit(X_train, y_train)
5  y_pred_kidney_NB = gnb.predict(X_test)

```

ภาพที่ 6 โค้ดแบบจำลองการเรียนรู้แบบเบย์



```

1  from sklearn import tree
2
3  DT = tree.DecisionTreeClassifier(
4      max_depth=7,
5      splitter='best',
6      criterion='gini'
7  )
8  DT.fit(X_train, y_train)
9  y_predict_DT = DT.predict(X_test)

```

ภาพที่ 7 โค้ดแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ


```
from sklearn.model_selection import cross_validate

def cross_validation(model, X_data, y_data, fcv=10):
    scoring_data = ['accuracy', 'precision', 'recall', 'f1']
    results = cross_validate(estimator=model,
                             X=X_data,
                             y=y_data,
                             cv=fcv,
                             scoring=scoring_data,
                             return_train_score=True)
    return {"ค่าความถูกต้อง ขณะเทรน (train accuracy)": results['train_accuracy'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความถูกต้อง ขณะเทรน - (mean train accuracy)": results['train_accuracy'].mean(),
            "ค่าความแม่นยำ ขณะเทรน (train precision)": results['train_precision'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความแม่นยำ ขณะเทรน (mean train precision)": results['train_precision'].mean(),
            "ค่าความระลึก ขณะเทรน (train recall)": results['train_recall'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความระลึก ขณะเทรน (mean train recall)": results['train_recall'].mean(),
            "ค่า f1 ขณะเทรน (train f1 scores)": results['train_f1'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่า f1 ขณะเทรน (mean train f1 scores)": results['train_f1'].mean(),
            "ค่าความถูกต้อง ขณะทดสอบ (test accuracy)": results['test_accuracy'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความถูกต้อง ขณะทดสอบ - (mean test accuracy)": results['test_accuracy'].mean(),
            "ค่าความแม่นยำ ขณะทดสอบ (test precision)": results['test_precision'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความแม่นยำ ขณะทดสอบ (mean test precision)": results['test_precision'].mean(),
            "ค่าความระลึก ขณะทดสอบ (test recall)": results['test_recall'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่าความระลึก ขณะทดสอบ (mean test recall)": results['test_recall'].mean(),
            "ค่า f1 ขณะทดสอบ (test f1 scores)": results['test_f1'],
            "----> ค่าเฉลี่ย ของค่า f1 ขณะทดสอบ (mean test f1 scores)": results['test_f1'].mean()
    }
```

ภาพที่ 8 ฟังก์ชันการ Cross Validation

4. การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง

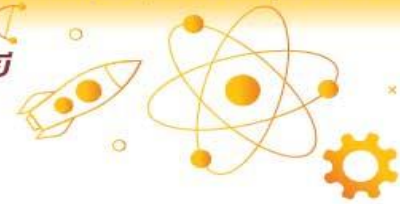
การวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง (ณัฐวดี และประภาสิริ, 2562) สามารถประเมินได้จากสมการ 1) ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการจำแนกข้อมูล ในตาราง Confusion Matrix ซึ่งเป็นตารางสรุปการจำแนกข้อมูลของแบบจำลองได้ถูกต้องและไม่ถูกต้อง สามารถนำมาคำนวณเพื่อวัดประสิทธิภาพโดยการหา 2) ค่าความแม่นยำ (Precision) คำนวณจากค่าของข้อมูลที่มีการจำแนกถูกต้องโดยพิจารณาจากผลรวมของการจำแนกข้อมูลทั้งหมด 3) ค่าความระลึก (Recall) คำนวณจากค่าของข้อมูลที่มีผลลัพธ์ถูกต้องโดยพิจารณาจากข้อมูลของผลลัพธ์เดียวกัน 4) ค่าความถ่วงดุล (F-measure) คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความระลึก รายละเอียดดังสมการที่ 3-6 ต่อไปนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (3)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (4)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (5)$$

$$F - \text{measure} = \frac{(\text{Precision} \times \text{Recall})}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \times 2 \quad (6)$$



TP = ข้อมูลเป็นจริงและผลการทำนายบอกว่าจริง

TN = ข้อมูลเป็นข้อมูลไม่จริงและผลการทำนายบอกว่าไม่จริง

FP = ข้อมูลเป็นจริงแต่ผลการทำนายบอกว่าไม่จริง

FN = ข้อมูลเป็นข้อมูลไม่จริงแต่ผลการทำนายบอกว่าจริง

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองของงานวิจัยประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการสร้างแบบจำลองด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 2) ผลการสร้างแบบจำลองด้วยต้นไม้ตัดสินใจ 3) ผลการสร้างแบบจำลองด้วยการเรียนรู้แบบเบย์ และ 4) ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง ดังนี้

1. ผลการสร้างแบบจำลองด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

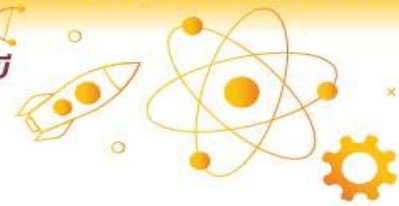
การทดสอบโดยใช้แบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multilayer Perceptron จาก Scikit-Learn ทำการกำหนดโมเมนตัม (Momentum) ที่ 0.3 อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) แบบ Invscaling ทำการเทรนทั้งหมด 250 รอบ และกำหนด 1 Hidden Layer 12 Unit แบ่งชุดข้อมูลด้วยการสุ่มออกเป็น 2 ส่วน ด้วยอัตราส่วน 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุด คือการแบ่งชุดข้อมูลด้วยอัตราส่วน 60:40 ได้ค่าความถูกต้อง 97.50% ค่าความแม่นยำ 100% ค่าความระลึก 95.88% ค่าความถ่วงดุล 97.83% ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประสิทธิภาพจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

Ratio	Accuracy	Precision	Recall	F-measure
Train: Test	(%)	(%)	(%)	(%)
50:50	93.49	100	89.09	94.10
60:40	97.50	100	95.88	97.83
70:30	94.16	100	90.00	94.35
80:20	93.75	100	88.50	93.01

2. ผลการสร้างแบบจำลองด้วยต้นไม้ตัดสินใจ

การทดสอบโดยใช้แบบจำลองจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ จาก Scikit-Learn ทำการกำหนดค่าความลึกสูงสุดของต้นไม้ (Max depth) ที่ 7 Splitter แบบ Best และ Criterion แบบ Gini แบ่งชุดข้อมูลด้วยการสุ่มออกเป็น 2 ส่วน ด้วยอัตราส่วน 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุด คือการแบ่งชุดข้อมูลด้วยอัตราส่วน 50:50 ได้ค่าความถูกต้อง 98.47% ค่าความแม่นยำ 98.33% ค่าความระลึก 99.16 % ค่าความถ่วงดุล 98.73% ดังตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

Ratio	Accuracy	Precision	Recall	F-measure
Train: Test	(%)	(%)	(%)	(%)
50:50	98.47	98.33	99.16	98.73
60:40	96.12	99.00	94.55	96.35
70:30	95.00	97.50	94.28	95.56
80:20	93.75	96.00	93.49	94.34

3. ผลการสร้างแบบจำลองด้วยการเรียนรู้แบบเบย์

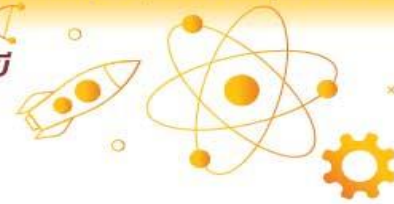
การทดสอบโดยใช้แบบจำลองจากการเรียนรู้แบบเบย์ จาก Scikit-Learn แบ่งชุดข้อมูลด้วยการสุ่มออกเป็น 2 ส่วน ด้วยอัตราส่วน 50:50 60:40 70:30 และ 80:20 พบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุด คือการแบ่งชุดข้อมูลด้วยอัตราส่วน 50:50 ได้ค่าความถูกต้อง 98.00% ค่าความแม่นยำ 100% ค่าความระลึก 96.66% ค่าความถ่วงดุล 98.26% ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าประสิทธิภาพจากเทคนิคการเรียนรู้แบบเบย์

Ratio	Accuracy	Precision	Recall	F-measure
Train: Test	(%)	(%)	(%)	(%)
50:50	98.00	100	96.66	98.26
60:40	97.45	100	95.77	97.77
70:30	97.50	100	95.89	97.79
80:20	97.50	100	95.50	97.46

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของทั้งสามเทคนิคได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 พบว่าแบบจำลองแบบโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความถูกต้อง 97.50% ค่าความแม่นยำ 100% ค่าความระลึก 95.88% และค่าความถ่วงดุล 98.00% แบบจำลองจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าความถูกต้อง 98.47% ค่าความแม่นยำ 98.33% ค่าความระลึก 99.16% และค่าความถ่วงดุล 98.73% และแบบจำลองจากเทคนิคการเรียนรู้แบบเบย์ มีค่าความถูกต้อง 98.00% ค่าความแม่นยำ 100% ค่าความระลึก 96.66% และค่าความถ่วงดุล 98.26% ซึ่งจะเห็นได้ว่าแบบจำลองจากเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองจากเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) และเทคนิคการเรียนรู้แบบเบย์ โดยมีค่าความถูกต้อง 98.47% ค่าความแม่นยำ 98.33% ค่าความระลึก 99.16% และค่าความถ่วงดุล 98.73% ดังนั้นสรุปได้ว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการจำแนกประเภทข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (อุกฤษฏ์, 2564) ที่มีการทดลองใช้เทคนิคทั้ง 3 เทคนิคเช่นกัน พบว่า เทคนิค Decision Tree เป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์โรคไฮโปไทรอยด์ โดยให้ค่าความถูกต้อง 99.86% ค่าความไว 99.85% และค่าความจำเพาะ 100%



ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง

Models	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F-measure (%)
Neural Network	97.50	100	95.88	97.83
Decision Tree	98.47	98.33	99.16	98.73
Naïve Bayes	98.00	100	96.66	98.26

ดังนั้นผลของการจำแนกประเภทข้อมูลของแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ สามารถสร้างกฎในการตัดสินใจได้ 5 กฎ โดยการแปลความหมายจากต้นไม้ตัดสินใจที่ได้ ดังแสดงภาพที่ 10 สามารถแปลความหมายได้ดังนี้

จากต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง คลาสคำตอบ คือ $y[0]$ หมายถึง ไม่เป็นโรคไต และ $y[1]$ หมายถึง เป็นโรคไต สำหรับพีเจอร์นั้น จากภาพที่ 9 ที่แสดงตำแหน่งของพีเจอร์ในชุดข้อมูลจากตัวแปร X โดย $X[2]$ หมายถึง sg หรือ ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) $X[14]$ หมายถึง hemo หรือ ค่าสารสีของเม็ดเลือดแดง (Hemoglobin) $X[15]$ หมายถึง pcv หรือ ร้อยละของเม็ดเลือดแดงต่อปริมาณเลือดทั้งหมด (Packed Cell Volume) และ $X[19]$ หมายถึง dm หรือ โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus) ดังนั้น กฎของต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากภาพที่ 10 มีดังนี้

กฎข้อที่ 1 ถ้า hemo ≤ 0.288 และ pcv ≤ 1.273 คลาสคำตอบคือ $y[1]$ หมายถึง เป็นโรคไต

กฎข้อที่ 2 ถ้า hemo ≤ 0.288 และ pcv > 1.273 คลาสคำตอบคือ $y[0]$ หมายถึง ไม่เป็นโรคไต

กฎข้อที่ 3 ถ้า hemo > 0.288 และ sg ≤ 0.112 คลาสคำตอบคือ $y[1]$ หมายถึง เป็นโรคไต

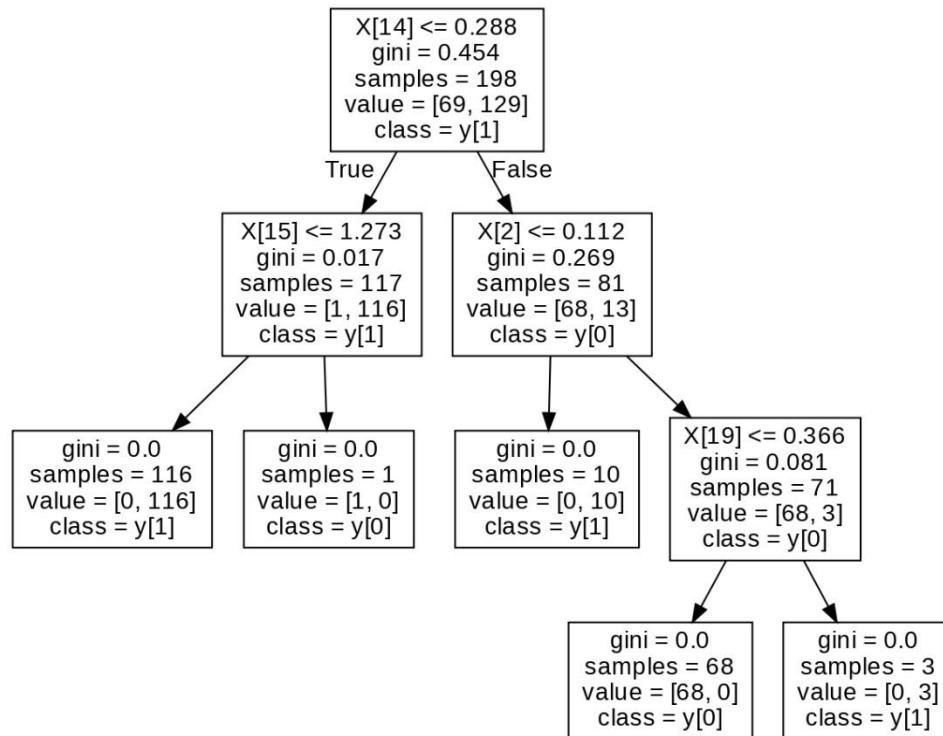
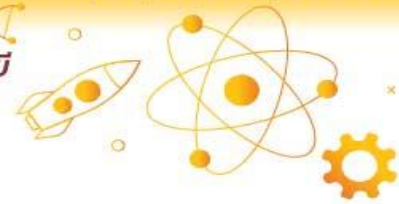
กฎข้อที่ 4 ถ้า hemo > 0.288 และ sg > 0.112 และ dm ≤ 0.366 คลาสคำตอบคือ $y[0]$ หมายถึง ไม่เป็นโรคไต

กฎข้อที่ 5 ถ้า hemo > 0.288 และ sg > 0.112 และ dm > 0.366 คลาสคำตอบคือ $y[1]$ หมายถึง เป็นโรคไต

```
[12] 1 for idx, key in enumerate(X):
      2 print(idx, key)
```

```
0 age
1 bp
2 sg
3 al
4 su
5 rbc
6 pc
7 pcc
8 ba
9 bgr
10 bu
11 sc
12 sod
13 pot
14 hemo
15 pcv
16 wbcc
17 rbcc
18 htn
19 dm
20 cad
21 appet
22 pe
23 ane
```

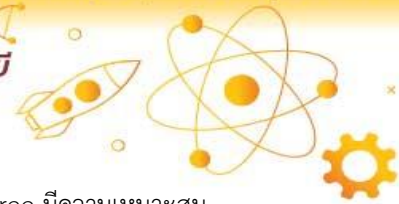
ภาพที่ 9 ตำแหน่งของพีเจอร์ในชุดข้อมูลจากตัวแปร X



ภาพที่ 10 กฎต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไตด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคเหมือนข้อมูลแบบการจำแนกประเภทมาประยุกต์ใช้ในการทำนายความเสี่ยงการเป็นโรคไต พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมด้วยอัลกอริทึมเหมือนข้อมูล ทั้งสามแบบ คือโครงข่ายประสาทเทียม การเรียนรู้แบบเบย์ และต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในครั้งนี้ คือ ชุดข้อมูลระยะเริ่มต้นของโรคไตเรื้อรังของคนอินเดีย จากฐานข้อมูล UCI ปี 2015 ซึ่งมีจำนวนข้อมูล 400 ชุดข้อมูล และปัจจัยสำหรับการวิเคราะห์ 24 ปัจจัย คือ อายุ ความดันโลหิต ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าโปรตีนอัลบูมิน ระดับน้ำตาล เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์หนอง ก้อนเซลล์หนอง แบคทีเรีย ค่าน้ำตาลในเลือดแบบสุ่ม ค่ายูเรียในเลือด ค่าซีรัมครีเอตินีน ค่าโซเดียม ค่าโพแทสเซียม ค่าสารสีของเม็ดเลือดแดง ร้อยละของเม็ดเลือดแดงต่อปริมาณเลือดทั้งหมด จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว จำนวนเซลล์เม็ดเลือดแดง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ ความอยากอาหาร อาการบวมเท้า และโรคโลหิตจาง การแบ่งข้อมูลสำหรับใช้ในการทดลองสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภทข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ชุดข้อมูล คือ ชุดข้อมูลฝึกฝน (Training Data) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) โดยแบ่งแบบเปอร์เซ็นต์ด้วยการสุ่ม โดยมีอัตราส่วนชุดข้อมูลฝึกฝนต่อชุดข้อมูลทดสอบ คือ 50:50, 60:40, 70:30 และ 80:20 และทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีการ 10-Fold Cross Validation ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบจำลองการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่าความถูกต้อง 98.47% ค่าความแม่นยำ 98.33% ค่าความระลึก 99.16% และค่าความ



ถ่วงดุล 98.73% และได้กฎในการประกอบการตัดสินใจทั้งหมด 5 กฎ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทคนิค Decision Tree มีความเหมาะสมในการนำมาสร้างแบบจำลองการจำแนกประเภทข้อมูลความเสี่ยงการเป็นโรคไต

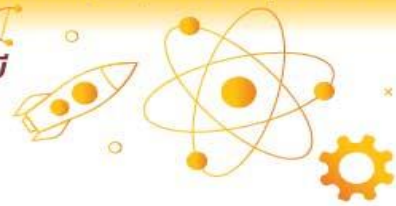
ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีวิธีการแบ่งชุดข้อมูลที่หลากหลายรูปแบบสำหรับการฝึกฝนและการทดสอบ อีกทั้งควรมีการนำอัลกอริทึมหลายแบบมาทำการทดลอง เช่น เทคนิคการเรียนรู้ร่วมกัน (Ensemble Learning) ได้แก่ อัลกอริทึม Vote, Bagging หรือ Boosting เพื่อหาประสิทธิภาพในการจำแนกหรือการทำนายที่เหมาะสมกว่า

กิตติกรรมประกาศ

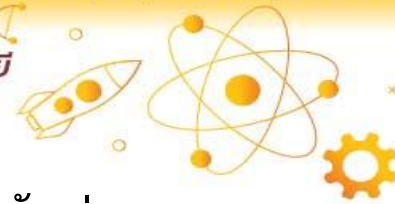
ขอบคุณแหล่งข้อมูลเปิด Machine Learning Repository จาก Center for Machine Learning and Intelligent Systems, Bren School of Information and Computer Science University of California, Irvine (UCI) สำหรับข้อมูลโรคไตที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวดี หงษ์บุญมี และประภาสิริ ตริพิณชกุล. (2562). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยความเสี่ยงที่ส่งผลต่อการเกิดโรคไตเรื้อรังด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 9(1), 41-51.
- ทวี ศิลารักษ์, สัมวิ ปิยะปณิตกุล, และวิริณี กิตติพิชัย. (2563). ปัจจัยทำนายการเกิดโรคไตเรื้อรังในผู้ป่วยโรคเบาหวานในจังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารพยาบาลสงขลานครินทร์*, 40(2), 109-121.
- นงเยาว์ ไนอรุณ. (2564). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดโดยใช้ อัลกอริทึมเหมืองข้อมูล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 40(2), 137-147.
- ปริญญ์ สงวนศักดิ์. (2562). *Artificial Intelligence with Machine Learning, AI สร้างได้ด้วยแมชชีนเลิร์นนิง*. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์.
- โรงพยาบาลพระรามเก้า. (2563). *โรคไตเรื้อรัง*. ค้นจาก <https://www.praram9.com/โรคไตเรื้อรัง-2>
- วิทยา พรพิชพงศ์. (2555). *โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks - ANN)*. ค้นจาก <https://www.gotoknow.org/posts/163433>
- สุพัฒน์ วาณิชการ. (2554). ปัจจัยเสี่ยงต่อการเป็นโรคไต. *วารสารมูลนิธิโรคไตแห่งประเทศไทย*, 25(49), 14-17.
- อุกฤษฏ์ ศรีสุข. (2564). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคเหมืองข้อมูลสำหรับอุบัติการณ์ของผู้ป่วย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 40(2), 157-163.
- IBM. (2020). **What are neural networks**. Retrieved from <https://www.ibm.com/cloud/learn/neural-networks>
- MastersInDataScience. (2022). **What Is a Decision Tree**. Retrieved from <https://www.mastersindatasience.org/learning/machine-learning-algorithms/decision-tree>
- Noyunsan, C., Katanyukul, T., and Saikaew, K. (2018). Performance evaluation of supervised learning algorithms with various training data sizes and missing attributes. *Engineering and Applied Science Research*, 45(3), 221-229.



World Kidney Day. (2022). What is chronic kidney disease. Retrieved from
<https://www.worldkidneyday.org/facts/chronic-kidney-disease/>



การจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม แบบ K-Means Clustering Clustering of Household Economic Data Using K-Means Clustering Techniques

เจนจิรา สุกใส¹ และ นิภาพร ชนะมาร^{2*}

Janejira Suksai¹ and Nipaporn Chanamarn^{2*}

^{1, 2}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 47000

^{1, 2}Department of Computer, Faculty of Science and technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: nipaporn@snru.ac.th

Received 8 September 2022, Accepted 27 December 2022, Published 1 March 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนด้วยการประยุกต์ใช้ K-Means Clustering โดยใช้ข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนจากฐานข้อมูลตำบลและฐานข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 – 2564 จำนวน 12 หมู่บ้าน 2,909 ครัวเรือน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลทั้งหมด 10 ส่วน มี 17,933 ระเบียบ และ 178 ปัจจัย จากนั้นผู้วิจัยได้ทำความสะอาดข้อมูล คัดเลือกข้อมูล ลดมิติข้อมูล และแปลงรูปแบบข้อมูล ตามกระบวนการของ CRISP-DM ได้ข้อมูลทดลอง จำนวน 1,751 ระเบียบ 16 ปัจจัย โดยใช้เทคนิค K-Means Clustering และพัฒนาด้วยโปรแกรม RapidMiner เวอร์ชัน 9.10 ด้วยโอเพอเรเตอร์ Clustering ผลการวิจัยพบว่าการจัดกลุ่มเศรษฐกิจครัวเรือน สามารถจัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม (K=3) โดยพิจารณาจากค่า Centroid ที่เหมาะสม ดังนี้ ครัวเรือนที่อยู่ในระดับเศรษฐกิจน้อย มีจำนวน 304 ครัวเรือน (-3.375) ครัวเรือนที่อยู่ในระดับเศรษฐกิจปานกลาง มีจำนวน 544 ครัวเรือน (-2.597) และ ครัวเรือนที่อยู่ในระดับเศรษฐกิจสูง มีจำนวน 903 ครัวเรือน (-2.355) จากผลที่ได้สามารถนำไปประกอบการพิจารณาการตัดสินใจในการพัฒนาและส่งเสริมอาชีพเพื่อยกระดับรายได้ของครัวเรือนในแต่ละกลุ่มได้

คำสำคัญ: การทำเหมืองข้อมูล การจัดกลุ่ม ข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือน

ABSTRACT

The goal of this study is to cluster household economic data using K-Means clustering. For sustainable local development, it makes use of household economic data from parish records and big databases. Data was gathered between 2020 and 2021 in 2,909 households across 12 villages. There are 178 factors, 17,933 records,



and 10 parts of data. After that, the researcher used data cleansing, data selection, dimension reduction, and data transformation to implement the CRISP-DM procedure. For experimental data, there are 16 factors and 1,751 records. Rapid Miner 9.10 with K-mean clustering operators is used during development. The findings demonstrated that family economic grouping can be divided into three groups based on the correct centroid values: The low economy had 304 households (Centroid = -3.375), the middle economy had 544 households (Centroid = -2.597) and the high economy had 903 households (Centroid = -2.355). The data can be used to determine decisions for career development and promotion in order to raise household income in each group.

Keywords: Data Mining, Clustering Analysis, Household Economic Data

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือน ในฐานะข้อมูลตำบลและฐานข้อมูลขนาดใหญ่ สำหรับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 – 2564 จากข้อมูลดังกล่าว โดยมีการเก็บข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปครัวเรือน 2) ทรัพย์สินของครัวเรือน 3) อาชีพและรายได้ของครัวเรือน 4) รายจ่ายของครัวเรือน 5) หนี้สินของครัวเรือน 6) ผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID - 19) 7) การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 8) การเข้าร่วมการละเล่น การฟ้อน การรำ พิธีกรรมตามวิถีวัฒนธรรมชุมชน 9) การเข้าร่วมโครงการที่ผ่านมา ย้อนหลัง 3 ปี และ 10) ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2563) ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำข้อมูลมาทำการแบ่งระดับเศรษฐกิจครัวเรือน เพื่อส่งเสริมงานวิจัยและใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ในการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจครัวเรือนในชุมชนเป้าหมาย

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีมากมายที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลที่อยู่ในศาสตร์วิทยาการข้อมูล ที่กำลังเป็นที่นิยม ซึ่งมีงานวิจัยหลากหลายงานวิจัยที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ เช่น วนิชา แผลงรักษา และนิเวศ จิระวิชิตชัย (วนิชา และนิเวศ, 2562) ได้ศึกษาการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบ K-means สำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ โดยทดสอบกับระบบฐานข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะลูกค้าของผู้จำหน่ายสินค้าออนไลน์แห่งหนึ่ง ทั้งหมดจำนวน 1,000 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มคลัสเตอร์ด้วย K-means ผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบ K-means สามารถแบ่งกลุ่มลูกค้าที่มีคุณลักษณะเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้เพื่อการส่งเสริมการขายได้ตรงกลุ่มเป้าหมาย งานวิจัยของ ชัดชัย แก้วตา และชนัญญาญจน์ แสงประสาน (ชัดชัย และชนัญญาญจน์, 2564) ได้ศึกษาการเลือกพืชสวนเศรษฐกิจเพื่อการเพาะปลูกที่เหมาะสม ในจังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล 2 ขั้นตอน คือ การจัดกลุ่มด้วยเทคนิค K-means และการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูล ปี พ.ศ. 2558-2560 พืชสวนเศรษฐกิจ จำนวน 14 ชนิด ผลการจัดกลุ่มพื้นที่ด้วยเทคนิค K-means พบว่า พื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 มีสมาชิก 15 จังหวัด รวมทั้งหมด 207 อำเภอ เมื่อนำรูปแบบการเลือกพืชสวนเศรษฐกิจมาพัฒนาโปรแกรมในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมการเลือกพืชสวนเศรษฐกิจที่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกของจังหวัดอุบลราชธานี อยู่ในระดับมาก และวิจัยของ ดารณี พิมพ์ช่างทอง (ดารณี, 2561) ได้ศึกษาการวิเคราะห์จัดกลุ่มเพื่อการรณรงค์ทางการตลาดด้วยการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ บุคคลทั่วไป ประเภท Facebook, Line และ Instagram โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 400 ตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง สดितिที่ใช้ในการวิเคราะห์

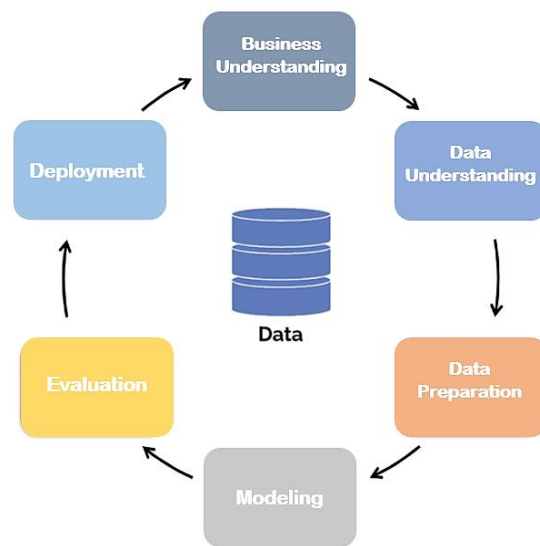
คือ ค่าร้อยละ ค่าความถี่ โดยใช้ Operator K-Mean ผลการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลสามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ตระหนักถึงสินค้าและบริการ และกลุ่มที่ตระหนักถึงราคา เพื่อการณรงค์ทางการตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ด้วยการผลิตสื่อโฆษณาที่ดึงดูดความสนใจ และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ชมซึ่งจะนำไปสู่การซื้อที่เพิ่มขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำ เทคนิค K-Means Clustering มาทำการจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาสนับสนุนในการตัดสินใจในการพัฒนาชุมชนท้องถิ่นได้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การทำเหมืองข้อมูล

การทำเหมืองข้อมูล (Data mining) เป็นกระบวนการในการค้นหารูปแบบในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ โดยใช้วิธีการของการเรียนรู้ของเครื่อง สถิติ และระบบฐานข้อมูล เพื่อนำข้อความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ สารสนเทศที่ได้อาจนำมาสร้างการพยากรณ์หรือสร้างตัวแบบสำหรับการจำแนกหน่วยหรือกลุ่ม หรือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยต่างๆ หรือให้ข้อสรุปของสาระในฐานข้อมูล การทำเหมืองข้อมูล ประกอบขึ้นด้วยการนำกระบวนการทางสถิติและการเรียนรู้ผ่านระบบคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างตัวแบบ กฎเกณฑ์ รูปแบบ การพยากรณ์และข้อความรู้จากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Thaidatascience, 2017) โดยการทำเหมืองข้อมูล ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายแบบแต่ที่จะนำมากล่าวคือวิธี Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) (Thapanee, 2020) การทำเหมืองข้อมูลมีหลายรูปแบบ ได้แก่ กฎความสัมพันธ์ (Association Rule) การจำแนกประเภทข้อมูล (Data classification) การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) (Big Data, 2020)



ภาพที่ 1 กระบวนการ CRIPS-DM

ที่มา: (Thapanee, 2020)

จากภาพที่ 1 กระบวนการ CRIPS-DM มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) Business Understanding เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์
- 2) Data Understanding เป็นการทำความเข้าใจกับข้อมูล การรวบรวมข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์เพื่อ

แก้ปัญหาที่ต้องการ



3) Data Preparation เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการกลั่นกรองข้อมูล ทำความสะอาดข้อมูล การเลือกข้อมูล หรือลดมิติข้อมูล และทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมในการสร้างรูปแบบหรือการพยากรณ์ข้อมูล ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้เวลานานในการวิเคราะห์ข้อมูล

4) Modeling เป็นขั้นตอนการสร้างรูปแบบหรือตัวแบบการพยากรณ์ หรือการจัดกลุ่ม ตามลักษณะข้อมูลที่เหมาะสมกับเทคนิคที่เลือกใช้ในการสร้างรูปแบบ

5) Evaluation เป็นขั้นตอนในการประเมินประสิทธิภาพหรือประเมินผลตัวแบบหรือรูปแบบที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งลักษณะการประเมินขึ้นอยู่กับประเภทของเทคนิคที่เลือกใช้

6) Deployment เป็นขั้นตอนในการนำตัวแบบที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานจริง

2. การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Data clustering)

การแบ่งกลุ่มข้อมูล เป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูล การรวมกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกัน รูปแบบและแนวโน้มที่เหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยเริ่มจากการหาตัวแทนกลุ่ม จากนั้นทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ถ้าข้อมูลคล้ายคลึงกับตัวแทนกลุ่มไหนก็จะถูกจัดเข้ากลุ่มนั้น ซึ่งการแบ่งกลุ่มข้อมูล เป็นการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน ขั้นตอนวิธีการแบ่งกลุ่ม ได้แก่ K-means clustering, Hierarchical clustering, Self-Organizing Map ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี K-means clustering (ชวรัตน์ และศิริธร, 2559)

2.1 เทคนิคการจัดกลุ่มด้วย K-means

K-means คือ วิธีการหนึ่งใน Data mining อยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning คือการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอน ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยจะแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะของข้อมูลที่คล้ายกันรวมไว้ด้วยกันเป็นกลุ่ม ๆ โดยลักษณะความคล้ายวัดจากระยะห่างแบบยูคลิด (Euclidean Distance) จากจุดศูนย์กลางกลุ่มไปยังข้อมูลแต่ละตัว (สำราญ และรจนา, 2563) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) กำหนดจุดศูนย์กลางเริ่มต้นแบบสุ่มจำนวน k กลุ่มจุด
- 2) จัดข้อมูลเป็นกลุ่มด้วยการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางกลุ่ม จัดให้ข้อมูลอยู่กลุ่มที่ข้อมูลมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางน้อยที่สุด ด้วยการวัดแบบยูคลิด ดังสมการ (1)

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

- 3) ปรับปรุงจุดศูนย์กลางกลุ่มใหม่ด้วยการหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทุกตัวภายในกลุ่ม
- 4) ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2) จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของจุดศูนย์กลางในแต่ละกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้างานวิจัยด้านเหมืองข้อมูลที่เกี่ยวข้องวิธีการนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการศึกษาและอ้างอิง ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

พรนภา ชุมเชื้อ (พรนภา, 2562) ได้ศึกษาการใช้เทคนิคการจัดกลุ่มร่วมกับเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ประกอบด้วยเทคนิคการจัดกลุ่ม โดยใช้เทคนิค K-Means เพื่อจัดกลุ่มผู้เรียนและสร้างคลาสคำตอบเพื่อหาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม จากการทดลองจัดกลุ่มผู้เรียนสามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปกติ และกลุ่มเสี่ยง



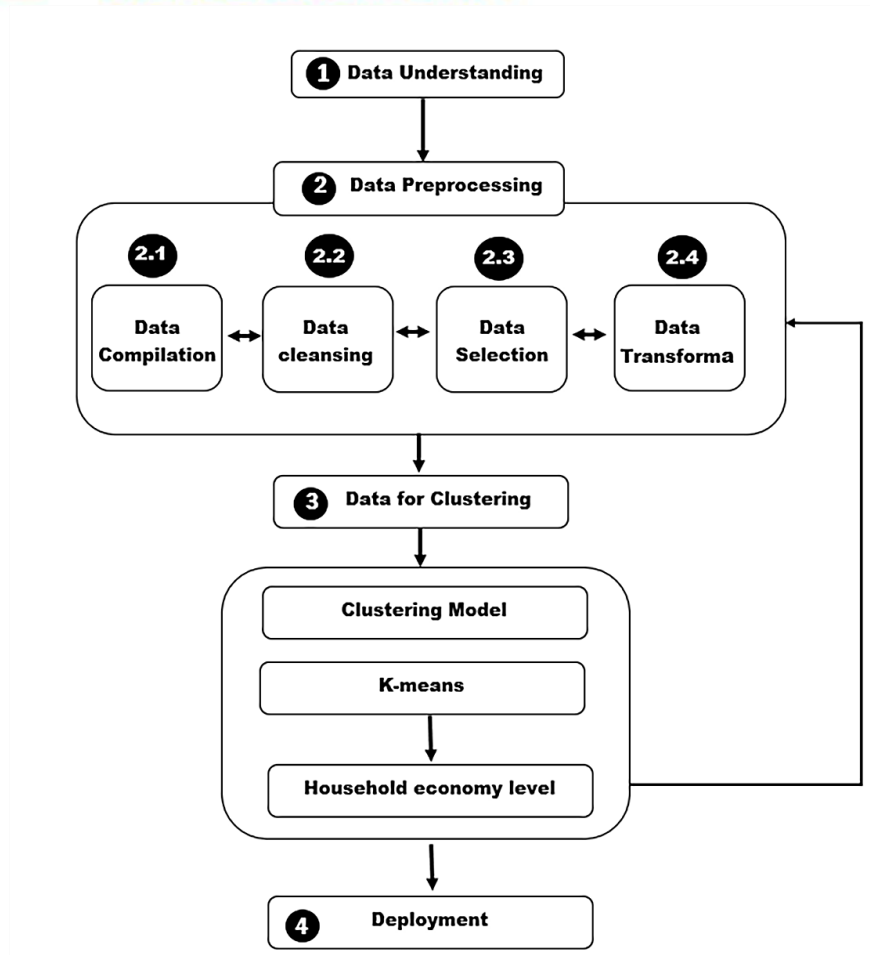
โดยใช้โปรแกรม Rapid Miner สำหรับจำแนกประเภทผู้เรียนโดยให้ค่าความถูกต้อง 98.30% ค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 0.069 โดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับ WEKA จากผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาก

ปารณีย์ พิงวิชา อานนท์ ทับเที่ยง และธัญญา สัตยาภิธาน (ปารณีย์, อานนท์ และธัญญา, 2562) ได้ศึกษาการแบ่งกลุ่มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ซื้อเครื่องประดับผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ ในเขตกรุงเทพมหานคร เก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ทำการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มด้วยวิธี K-Means ซึ่งแบ่งกลุ่มผู้บริโภคเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งมีลักษณะเฉพาะในแต่ละกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มกระเป๋านักจ่ายได้ ส่วนใหญ่เป็นคนในช่วงอายุ 35 -45 ปี มีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี รายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 30,001 - 45,000 บาท และ กลุ่มที่ 2 กลุ่มวัยสะสมส่วนใหญ่เป็นคนในช่วงอายุ 25-34 ปี มีระดับการศึกษาปริญญาตรี รายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วง 15,000 - 30,000 บาท มี ผลการวิจัยจะช่วยให้สามารถแบ่งตลาดออกเป็นกลุ่ม (Segment) เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดตลาดเป้าหมายวางกลยุทธ์ทางการตลาด และการทำการตลาดออนไลน์

ปาริชา สุรัตนเมธากุล และสายชล สนิสมบูรณ์ทอง (ปาริชา และสายชล, 2564) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าใช้จ่ายของครัวเรือนในภาคกลางตามกลุ่มรายได้ โดยใช้ข้อมูลโครงการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ. 2562 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งมีจำนวนครัวเรือนในภาคกลางทั้งสิ้น 12,932 ครัวเรือน ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าใช้จ่ายของครัวเรือน การแบ่งครัวเรือนนั้นจะแบ่งตามเกณฑ์ควินไทล์ แบ่งครัวเรือนออกเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1 ครัวเรือนที่มีรายได้น้อย กลุ่มที่ 2-4 ครัวเรือนที่มีรายได้ปานกลาง และกลุ่ม 5 ครัวเรือนที่มีรายได้สูง ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าใช้จ่ายของครัวเรือนทั้ง 3 กลุ่มรายได้คือ สมาชิกในครัวเรือน ผลตอบแทนทางอารมณ์ และสมาชิกครัวเรือนสูงอายุที่ได้รับสวัสดิการรัฐ

วิธีการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย มีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยการปรับปรุงตามกระบวนการ CRIPS-DM ได้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจข้อมูล 2) การเตรียมข้อมูลสำหรับการจัดกลุ่ม 3) การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค K-means 4) การนำไปใช้งาน ดังภาพที่ 2 และมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding)

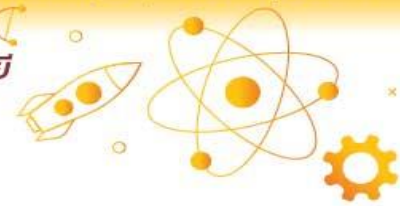
การเก็บรวบรวมข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนได้มาจากข้อมูลประชากรจากภาคครัวเรือนเฉพาะครัวเรือน ของจังหวัด สกลนคร ซึ่งมี 12 หมู่บ้าน โดยช่วงเวลาที่ทำกรเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ปี พ.ศ. 2563 – 2564 และจากฐานข้อมูลตำบลและ ฐานข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน (มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2563) ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ครัวเรือนใน 12 หมู่บ้าน จำนวน 2,909 ครัวเรือน มีทั้งหมด 17,933 ระเบียบ ซึ่งมีการเก็บข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน คือ 1) ข้อมูล ทั่วไปครัวเรือน 2) ทรัพย์สินของครัวเรือน 3) อาชีพและรายได้ของครัวเรือน 4) รายจ่ายของครัวเรือน 5) หนี้สินของครัวเรือน 6) ผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 7) การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 8) การเข้าร่วมการละเล่น การฟ้อน การรำ พิธีกรรมตามวิถีวัฒนธรรมชุมชน 9) การเข้าร่วมโครงการที่ผ่านมาย้อนหลัง 3 ปี และ 10) ข้อคิดเห็นและ ข้อเสนอแนะ แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งข้อมูลแต่ละส่วนสามารถดาวน์โหลดออกมาในรูปแบบของไฟล์นามสกุล .xlsx ได้

ภาพที่ 3 ระบบฐานข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือน

ภาพที่ 4 ระบบฐานข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือน

2. การเตรียมข้อมูลสำหรับการจัดกลุ่ม (Data Preprocessing)

จากข้อมูลในฐานข้อมูลที่ทำการรวบรวมข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือน (มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2563) มาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ .xlsx จากนั้นจะทำการทำความสะอาดข้อมูล ลดมิติข้อมูล และคัดเลือกข้อมูล จากข้อมูลทั้งหมด 17,933 ระเบียบ ปรับลดลงเหลือ จำนวนทั้งหมด 1,751 (ตารางที่ 2) ระเบียบ 16 ปัจจัย (ตารางที่ 1)



ตารางที่ 1 รายละเอียดของตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างเศรษฐกิจครัวเรือน

ลำดับ	คุณลักษณะ	รายละเอียด	ชนิดข้อมูล
1	Education	วัยเรียน	Numeric
2	Working	วัยทำงาน	Numeric
3	Old	วัยสูงอายุ	Numeric
4	Occupation	อาชีพ	Numeric
5	AverageInY	รวมรายได้เฉลี่ย/ปี	Numeric
6	AssetValue	มูลค่าทรัพย์สิน	Numeric
7	AnimalHus	วัตถุประสงค์การเลี้ยงสัตว์	Numeric
8	Area	พื้นที่ก่อให้เกิดรายได้	Numeric
9	ProductCos	ต้นทุนการผลิตทำการเกษตร	Numeric
10	Product	ผลผลิตที่ได้จากการทำการเกษตร	Numeric
11	TotalExpY	รวมค่าใช้จ่าย/ปี	Numeric
12	LoanB	หนี้ในระบบ	Numeric
13	LoanS	หนี้นอกระบบ	Numeric
14	TotalLia	รวมปริมาณหนี้สิน	Numeric
15	InternetUse	การใช้อินเทอร์เน็ตที่ก่อให้เกิดรายได้	Numeric
16	SalesCha	ช่องทางการขายสินค้าที่ก่อให้เกิดรายได้	Numeric

ตารางที่ 2 ข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนที่ผ่านการทำความสะอาด

ลำดับ	Education	Working	Old	Occupation	AssetValue	AnimalHus	Area	ProductCos	Product	LoanB	LoanS	TotalExpY	TotalLia	AverageInY	InternetUse	SalesCha
1	0	3	0	1	1567650	0	1200	11400	2800	1	0	145560	120000	444000	1	1
2	0	2	0	1	299750	1	1600	11400	2800	1	0	93600	140000	484000	1	1
3	1	4	1	1	437650	0	800	2400	2100	1	0	241880	90000	84000	1	1
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1749	2	2	0	1	1115500	0	600	7600	0	1	0	224400	0	590000	1	0
1750	0	1	0	1	381500	1	20000	16100	35200	0	0	39000	60000	108000	1	0
1751	0	1	0	1	310500	0	300	3000	9200	1	0	56400	0	272000	1	0

จากตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ได้ จำนวน 16 ปัจจัย เกิดจากการคัดเลือกเฉพาะข้อมูลครัวเรือนที่สมบูรณ์ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูล ปัจจัยที่มีลักษณะตัวเลขจำนวนมาก เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมในการทดลอง โดยทำการปรับค่าคุณลักษณะของข้อมูลให้เป็นปกติแบบ 0-1 (0-1 Normalization) (นิภาพร, 2560) โดยใช้สมการที่ 2 ทำให้ได้ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้ใช้ในการทดลองครั้งนี้

$$V_i = \frac{v_i - \text{MIN}_v}{\text{MAX}_v - \text{MIN}_v} \quad (2)$$

แทนค่าในสูตร โดยยกตัวอย่างข้อมูลในปีจ๊าย รวมรายได้เฉลี่ย/ปี (AverageInY) แสดงวิธีการดังนี้

$$V_i = \frac{444000 - 20250}{947200 - 20250}$$

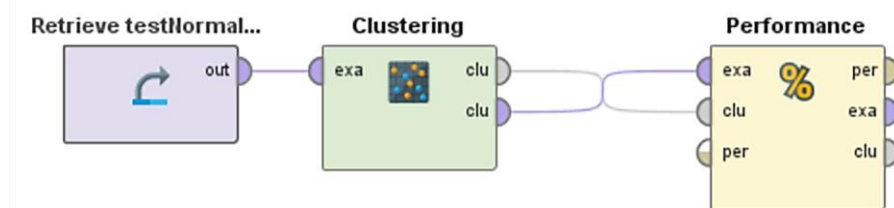
$$V_i = 0.457$$

ตารางที่ 3 ปีจ๊ายที่เลือกนำมาจัดกลุ่ม ในรูปแบบคุณลักษณะเป็น Numeric

ลำดับ	Education	Working	Old	Occupation	AssetValue	AnimalHus	Area	ProductCos	Product	LoanB	LoanS	TotalExpY	TotalLia	AverageInY	InternetUse	SalesCha
1	0	3	0	1	0.129	0	0.010	0.070	0.001	1	0	0.027	0.017	0.457	1	1
2	0	2	0	1	0.025	1	0.020	0.070	0.001	1	0	0.017	0.019	0.500	1	1
3	1	4	1	1	0.036	0	0.010	0.020	0.001	1	0	0.045	0.013	0.069	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1749	2	2	0	1	0.092	0	0.040	0.000	0.000	1	0	0.014	0.024	0.494	1	0
1750	0	1	0	1	0.031	1	0.010	0.050	0.000	0	0	0.042	0.000	0.615	1	0
1751	0	1	0	1	0.026	0	0.220	0.100	0.015	1	0	0.007	0.008	0.095	1	0

3. การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค K-means Clustering

ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิคการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค K-means เนื่องจากเป็นวิธีการจัดกลุ่มที่ง่ายและเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่ม คือกำหนดจำนวนกลุ่มได้ชัดเจน (ถาวรีย์, อูร์รัฐ และจักริน, 2560) งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Rapid Miner เวอร์ชัน 9.10 (RapidMiner Inc., 2020) ในการจัดกลุ่มด้วยเทคนิค K-means โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ ทำการเลือก Add cluster attribute ทำการกำหนดจำนวนกลุ่มในการแบ่งโดยให้ k เท่ากับ 3 (ชฎารัตน์ และสิริธร, 2559)



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการจัดกลุ่มโดยใช้ K-means



จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการจัดกลุ่ม ภายในโอเพอเรเตอร์ Retrieve ใช้สำหรับดึงข้อมูลออกมาจาก Repositories โอเพอเรเตอร์ Clustering ใช้สำหรับแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิค K-Means โดยมีการกำหนด (K=3) โอเพอเรเตอร์ Performance ใช้สำหรับคำนวณค่า Average within distance

4. การนำไปใช้งาน

หลังจากทำการจัดกลุ่มข้อมูลและได้กลุ่มข้อมูลที่เหมาะสมแล้วทำการระบุระดับความเร็วในแต่ละกลุ่ม โดยพิจารณาจากระดับรายได้ 0-100,000 บาท อยู่ในระดับเศรษฐกิจน้อย ระดับรายได้ 100,000-400,000 บาท อยู่ในระดับเศรษฐกิจปานกลาง และ ระดับรายได้ มากกว่า 400,001 บาท อยู่ในระดับเศรษฐกิจสูง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559) สามารถนำข้อมูลระดับเศรษฐกิจเร็วเรื้อนที่ได้มาใช้อย่างจริงจังในการจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจเร็วเรื้อน สำหรับสนับสนุนหรือเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการวิจัยในลำดับต่อไป

ผลการวิจัย

การจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจเร็วเรื้อน ด้วยเทคนิค K-means ข้อมูลจำนวน 1,751 ระเบียบ 16 ปัจจัย ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มระดับเศรษฐกิจน้อย กลุ่มระดับเศรษฐกิจปานกลาง กลุ่มระดับเศรษฐกิจสูง เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจเร็วเรื้อน โดยมีการจัดกลุ่มเศรษฐกิจเร็วเรื้อน ดังต่อไปนี้

ผลการจัดกลุ่มเศรษฐกิจเร็วเรื้อน

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลเศรษฐกิจเร็วเรื้อน มาจัดกลุ่มระดับเศรษฐกิจ โดยใช้เทคนิค K-Means ในการจัดกลุ่มเศรษฐกิจเร็วเรื้อน ได้ค่า K เท่ากับ 3 กลุ่ม

PerformanceVector

```
PerformanceVector:
Avg. within centroid distance: -2.608
Avg. within centroid distance_cluster_0: -2.597
Avg. within centroid distance_cluster_1: -3.375
Avg. within centroid distance_cluster_2: -2.355
Davies Bouldin: -1.578
```

ภาพที่ 6 ค่า Centroid ของคลัสเตอร์

จากภาพที่ 6 ค่า Avg. within centroid distance คือ ค่าเฉลี่ยระยะห่างของทุกจุดจากจุดศูนย์กลางของคลัสเตอร์ ใช้เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดคุณภาพการจัดกลุ่ม ดังนั้นจะแสดงลักษณะของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยระยะห่างจาก Centroid กับข้อมูลแต่ละ cluster เท่ากับ -2.608 และ ค่า Avg. within centroid distance ของแต่ละกลุ่ม ได้ ค่า Avg. within centroid distance ของ Cluster 0 เท่ากับ -2.597 Cluster 1 เท่ากับ -3.375 และ Cluster 2 เท่ากับ -2.355

Cluster Model

Cluster 0: 544 items

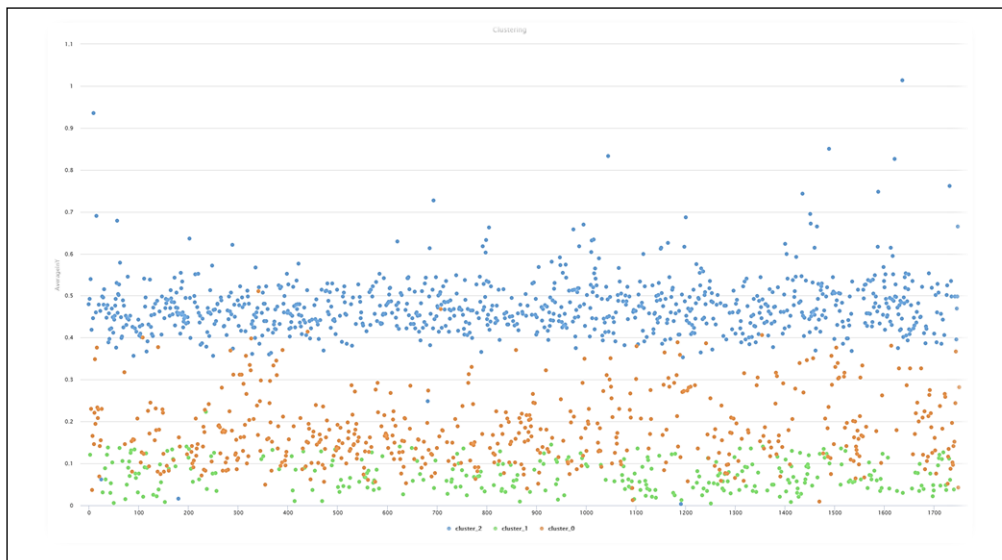
Cluster 1: 304 items

Cluster 2: 903 items

Total number of items: 1751

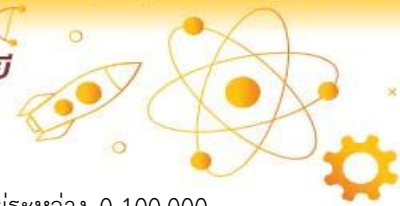
ภาพที่ 7 แสดงจำนวนข้อมูลเศรษฐกิจครัวเรือนที่จัดอยู่ในแต่ละกลุ่ม

จากภาพที่ 7 โมเดลการจัดกลุ่มของเทคนิค K-mean Clustering ที่ค่า K=3 นั้น สามารถระบุจำนวนครัวเรือนที่มีลักษณะเศรษฐกิจครัวเรือนคล้ายๆ กัน ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน นั่นคือ Cluster 0 ได้ครัวเรือนที่มีลักษณะเหมือนกัน จำนวน 544 ครัวเรือน Cluster 1 ได้ครัวเรือนที่มีลักษณะเหมือนกัน จำนวน 304 ครัวเรือน และ Cluster 2 ได้ครัวเรือนที่มีลักษณะเหมือนกัน จำนวน 903 ครัวเรือน สามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลการจัดกลุ่มระดับเศรษฐกิจครัวเรือน 3 กลุ่ม

จากภาพที่ 7 และ 8 สามารถอธิบายแปลผล ได้ดังนี้ กลุ่มที่ 1 จะแสดงด้วยจุดกลุ่มสีฟ้าที่ประกอบด้วยจำนวน 544 ครัวเรือน เป็นกลุ่มที่มีรายได้อยู่ระหว่าง 100,000-400,000 บาท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559) ลักษณะของครัวเรือนกลุ่มนี้ เป็นครัวเรือนที่มีรายได้รายได้เฉลี่ย/ปีของครัวเรือน ค่าใช้จ่ายอาหารและค่าใช้จ่ายเพื่อที่อยู่อาศัย หนี้สินของครัวเรือนอยู่ในระดับปานกลาง มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมากกว่า 2 คน ครัวเรือนในกลุ่มนี้มีมูลค่าทรัพย์สินทางการเงินอยู่ในช่วงปานกลาง ส่วนใหญ่ในครัวเรือนกลุ่มนี้จะมีอาชีพเกษตรกร ครัวเรือนกลุ่มนี้จะอยู่ในระดับเศรษฐกิจปานกลาง



กลุ่มที่ 2 จะแสดงด้วยจุดกลุ่มสี่เหลี่ยมที่ประกอบด้วยจำนวน 304 ครั้วเรือน เป็นกลุ่มที่มีรายได้อยู่ระหว่าง 0-100,000 บาท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559) ลักษณะของครั้วเรือนกลุ่มนี้เป็นครั้วเรือนที่มีรายได้รายได้เฉลี่ย/ปีของครั้วเรือน อยู่ในช่วงรายได้ต่ำ ค่าใช้จ่ายของครั้วเรือนค่อนข้างมาก ในกลุ่มนี้จะเป็กลุ่มที่มีหนี้สินของครั้วเรือนค่อนข้างมาก มีจำนวนสมาชิกในครั้วเรือนอยู่ใน 1-6 คน ส่วนใหญ่ในครั้วเรือนกลุ่มนี้สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ได้ทำงานรับค่าจ้างและเงินเดือน ครั้วเรือนกลุ่มนี้จะอยู่ในระดับเศรษฐกิจน้อย

กลุ่มที่ 3 จะแสดงด้วยจุดกลุ่มสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยจำนวน 903 ครั้วเรือน เป็นกลุ่มที่มีรายได้ มากกว่า 400,001 บาท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี, 2559) ลักษณะของครั้วเรือนกลุ่มนี้เป็นครั้วเรือนที่มีรายได้รายได้เฉลี่ย/ปีของครั้วเรือน ค่าใช้จ่าย/ปีของครั้วเรือนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกลุ่ม ระดับการศึกษา คือปริญญาตรีและสูงกว่าปริญญาตรีมากกว่ากลุ่มอื่น ครั้วเรือนในกลุ่มนี้มีมูลค่าทรัพย์สินทางการเงินอยู่ในช่วงสูง ส่วนใหญ่ในครั้วเรือนกลุ่มนี้จะมีอาชีพนอกภาคเกษตรกรรม ครั้วเรือนกลุ่มนี้จะอยู่ในระดับเศรษฐกิจสูง

เมื่อสามารถระบุครั้วเรือนแต่ละครั้วเรือนจัดอยู่ในกลุ่มระดับเศรษฐกิจครั้วเรือนได้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการระบุระดับเศรษฐกิจครั้วเรือนให้แต่ละระดับ โดยใช้ชื่อปัจจัยนี้ว่า ระดับเศรษฐกิจ (Economic Level) ซึ่งมี 3 ระดับ คือ ระดับเศรษฐกิจต่ำ (Low Economic Level) ระดับเศรษฐกิจปานกลาง (Middle Economic Level) และ ระดับเศรษฐกิจสูง (High Economic Level) ดังแสดงในตารางที่ 4 คอลัมน์สุดท้าย

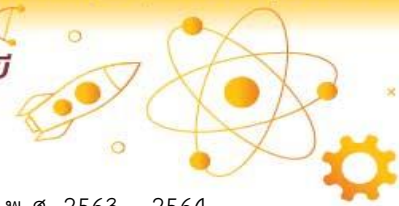
ตารางที่ 4 ข้อมูลเศรษฐกิจครั้วเรือนที่ถูกระบุระดับเศรษฐกิจครั้วเรือน

ลำดับ	Education	Working	Old	Occupation	AssetValue	AnimalHus	Area	ProductCos	Product	LoanB	LoanS	TotalExpY	TotalLia	AverageInY	InternetUse	SalesCha	Economic Level
1	0	3	0	1	0.129	0	0.010	0.00	0.001	1	0	0.02	0.01	0.45	1	1	High econ lv
2	0	2	0	1	0.025	1	0.020	0.00	0.001	1	0	0.01	0.019	0.500	1	1	High econ lv
3	1	4	1	1	0.036	0	0.010	0.020	0.001	1	0	0.045	0.013	0.069	1	1	Low econ lv
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1749	2	2	0	1	0.092	0	0.040	0.000	0.000	1	0	0.014	0.024	0.494	1	0	High econ lv
1750	0	1	0	1	0.031	1	0.010	0.050	0.000	0	0	0.042	0.000	0.615	1	0	Middle econ lv
1751	0	1	0	1	0.026	0	0.220	0.100	0.015	1	0	0.007	0.008	0.095	1	0	Middle econ lv

จากตารางที่ 4 ทำการระบุข้อมูลแต่ละระดับให้อยู่ในกลุ่มระดับเศรษฐกิจครั้วเรือน ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประกอบการทำวิจัยหรือประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาเศรษฐกิจครั้วเรือนของแต่ละกลุ่มได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครั้วเรือน เพื่อทำการจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครั้วเรือน และทำการเปรียบเทียบข้อมูลครั้วเรือนในแต่ละกลุ่ม และพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม สำหรับสนับสนุนหรือเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาชุมชนท้องถิ่น และนำเสนอรายงานในรูปแบบข้อมูลภาพ โดยใช้ข้อมูลจากโครงการศาสตร์พระราชา ที่ทำการ



เก็บรวบรวมจากฐานข้อมูลตำบลและฐานข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 – 2564 (มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2563) ซึ่งมีการเก็บข้อมูล 10 ส่วน รวมทั้งหมด 178 ปัจจัย ได้มา 2,909 ครั้วเรือน คัดเลือกข้อมูล ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจครัวเรือน ในการจัดกลุ่มข้อมูลปัจจัย 16 ปัจจัย จำนวน 1,751 ระเบียบ (ครั้วเรือน) คือ 1) วัยเรียน 2) วัยทำงาน 3) วัยสูงอายุ 4) อาชีพ 5) รวมรายได้เฉลี่ย/ปีของครั้วเรือน 6) มูลค่าทรัพย์สิน 7) วัตถุประสงค์การเลี้ยง สัตว์ 8) พื้นที่ก่อให้เกิดรายได้ 9) ต้นทุนการผลิต การทำการเกษตร 10) ผลผลิตที่ได้จากการทำการเกษตร 11) รวมค่าใช้จ่าย/ปีของ ครั้วเรือน 12) หนี้ในระบบ 13) หนี้นอกระบบ 14) รวมปริมาณหนี้สินของครั้วเรือน 15) การใช้อินเทอร์เน็ตที่ก่อให้เกิดรายได้ และ 16) ช่องทางการขายสินค้าที่ก่อให้เกิดรายได้ โดยข้อมูลเป็นตัวเลข เพื่อพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม โดยใช้ K-Means ในการการจัดกลุ่มข้อมูลเศรษฐกิจครั้วเรือน จึงได้กำหนดค่า K เท่ากับ 3 (ชฎารัตน์ และสิริธร, 2559) เมื่อได้นำ K-Means มาวิเคราะห์การจัดกลุ่ม เพื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม และพิจารณาจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม

จากการวิจัยพบว่าการจัดกลุ่มเศรษฐกิจครั้วเรือน แสดงการวิเคราะห์ผล โดยทำการพิจารณาเลือกใช้การจัดกลุ่ม เศรษฐกิจครั้วเรือน 3 กลุ่ม เพื่อแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลครั้วเรือนในแต่ละกลุ่ม โดยจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ ระดับ เศรษฐกิจน้อย มีครั้วเรือนทั้งหมด จำนวน 544 ครั้วเรือน ระดับเศรษฐกิจปานกลาง มีครั้วเรือนทั้งหมด จำนวน 304 ครั้วเรือน และระดับเศรษฐกิจสูง มีครั้วเรือนทั้งหมด จำนวน 903 ครั้วเรือน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจำนวน K ที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบการ จัดกลุ่มข้อมูลด้วยเทคนิคแบบอื่น ๆ และควรนำข้อมูลมากกว่า 1 ปีขึ้นไป มาทำการวิเคราะห์

กิตติกรรมประกาศ

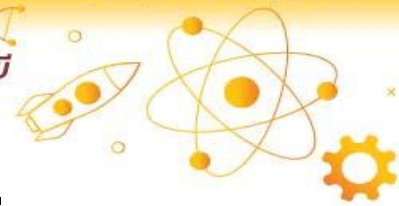
ขอบคุณสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อนุเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลตำบล และฐานข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาสำหรับนักศึกษา (ภาค ปกติ) มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

- ชฎารัตน์ พิพัฒน์นันทน์ และสิริธร เจริญรัตน์. (2559). การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของครั้วเรือนด้วยวิธีการแบ่งกลุ่ม และหาความสัมพันธ์ สำหรับการทำเหมืองข้อมูล. *วารสารพัฒนบริหารศาสตร์*, 56(3), 139-161.
- ชัตชัย แก้วตา และชนัญญาญจน์ แสงประสาน. (2564). การเลือกพืชสวนเศรษฐกิจเพื่อการเพาะปลูกที่เหมาะสม ในจังหวัด อุบลราชธานีโดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 26(1), 593-609.
- ดารณี พิมพ์ช่างทอง. (2561). การวิเคราะห์จัดกลุ่มเพื่อการรณรงค์ทางการตลาดด้วยการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์. *วารสารวิชาการ RMUTT Global Business and Economics Review*, 13(1), 140-150.



- ถาวรีย สุขเกษม, อรุณัฐ สุขสวัสดิ์ชน, และจักริน สุขสวัสดิ์ชน. (2560). การวิเคราะห์สารอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงโรคเบาหวานโดยใช้ขั้นตอนการแบ่งกลุ่มข้อมูล. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 13(1), 1-9.
- นิภาพร ชนะมาร. (2560). การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องสำหรับวางแผนการเรียนรู้ของนักศึกษาเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ปารณีย์ พิงวิชา, อานนท์ ทับเที่ยง, และธัญญา สัตยาภิธาน. (2562). ศึกษาการแบ่งกลุ่มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ซื้อเครื่องประดับผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์, 7(5), 213-224.
- ปาริชา สุรัตน์เมธากุล และสายชล สันสมบุรณ์ทอง. (2564). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าใช้จ่ายของครัวเรือนในภาคกลางตามกลุ่มรายได้ข้อมูล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 10(2), 1-15.
- พรนภา ชุมเชื้อ. (2562). การใช้เทคนิคการจัดกลุ่มร่วมกับเทคนิคการจำแนกประเภท สำหรับการคัดกรองเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้จากบริบทพฤติกรรม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. (2563). ระบบบันทึกแบบสอบถามสภาพทางเศรษฐกิจครัวเรือนเป้าหมายตามโครงการจ้างงานประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). ค้นจาก <http://qcovid.snru.ac.th/>.
- วนิษา แผลงรักษา และนิเวศ จิระวิชิตชัย. (2562). การแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้เทคนิคการทำคลัสเตอร์แบบเคมีน สำหรับการบริหารลูกค้าสัมพันธ์. วารสารวิชาการชาชนนเทศ มรภ.ภูเก็ต, 3(2), 1-10.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานয়รัฐมนตรี. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 – 2564, ม.ป.ท.: สถาบัน
- สำราญ วานนท์ และรจนา เมืองแสน. (2563). การศึกษาและพัฒนาตัวแบบพยากรณ์คุณลักษณะความเหมาะสมสำหรับการเลือกสมัครสาขาวิชาเรียนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารวิทยาการจัดการ, 7(1), 135-151.
- Big Data. (2020). ประเภทของการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering). ค้นจาก <https://bigdata.go.th/big-data-101/4-types-of-clustering/>.
- RapidMiner Inc. (2020). RapidMiner Studio Developer v9.10.0 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทำเหมืองข้อมูล. ค้นจาก <https://iloadzone.com/home/rapidminer>.
- Thaidatascience. (2017). รู้จัก Data Mining. ค้นจาก <https://thaidatascience.wordpress.com/data-mining>.
- Thapanee, B. (2020). เข้าใจ CRISP-DM ฉบับเร่งรัด. ค้นจาก <https://kamboonchob.medium.com>.



การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตแผ่นฉนวน กันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม (ฝื่อ)

The development of 3D animated learning media for the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers

สุธิดา อนุญาหงษ์¹ ณพพน บาทชารี² วิชชุดา ภาโส³ และ แพรตะวัน จารุตัน^{4*}

Sutida Anuyahong¹ Napaphon Batcharee² Witchuda Phasom³ and Praetawan Jarutan^{4*}

^{1,2,4}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

^{1,2,4}Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

³สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

*Corresponding author E-mail: praetawan9925@snru.ac.th

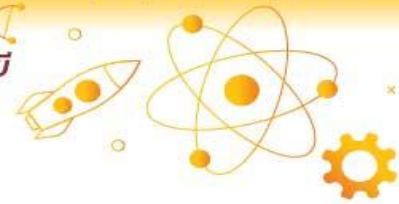
Received 16 November 2022, Accepted 27 April 2023, Published 19 May 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของการใช้สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม วิธีการออกแบบพัฒนาสื่อเรียนรู้ใช้เทคนิค 3P โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสอบถามประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม และ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจของการใช้สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย มีการคัดเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง จำนวน 41 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 11 คน และบุคคลทั่วไป จำนวน 30 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม ใช้เวลานำเสนอ 5 นาที สามารถดูแบบออนไลน์ และ ออฟไลน์ ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก และผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: แอนิเมชัน สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ การผลิตฉนวนกันความร้อน เส้นใยกกสามเหลี่ยม



ABSTRACT

This research aimed to 1) develop 3D animation learning media on the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers, 2) investigate the effectiveness of the 3D animation learning media on the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers, and 3) study the satisfaction level of using the 3D animation learning media on the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers. The design and development of the learning media use the 3P technique. The research tools consist of 1) a questionnaire on the effectiveness of the 3D animation learning media on the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers, and 2) a questionnaire on the satisfaction level of using the 3D animation learning media on the production of thermal insulation from coarse bullrush fibers. The research participants were selected using purposive sampling, totaling 41 participants, consisting of 11 experts and 30 general individuals. The statistical analysis used in the data analysis included mean and standard deviation.

The research findings indicate that the 3D animation learning media on the production of insulation from coarse bullrush fibers, with a duration of 5 minutes and available for both online and offline viewing, received a very high effectiveness rating and a very high user satisfaction rating.

Keywords: Animation, 3D Learning Media, Insulation Production, Coarse Bullrush Fibers

บทนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านกราฟิก ด้วยการสร้างสื่อภาพยนตร์ สื่อโฆษณา เกม โดยการนำเสนอในรูปแบบแอนิเมชัน 3 มิติ (Animation 3D) ที่มีความกว้าง ความยาว ความลึก ทำให้เข้าใจในภาพชัดเจนขึ้น (Goel and Upadhyay, 2017) แอนิเมชัน 3 มิติ เป็นกระบวนการที่เฟรมแต่ละเฟรมถูกผลิตขึ้นต่างกันในเวลา แล้วนำมาร้อยเรียงเข้าด้วยกัน โดยการฉายต่อเนื่องกัน ไม่ว่าจากวิธีการใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก ถ่ายภาพรูปร่าง หรือรูปถ่ายแต่ละขณะที่ค่อยๆ ขยับเลื่อนด้วยความเร็วจะเห็นว่าภาพดังกล่าวเคลื่อนไหวต่อเนื่องกันโดยแอนิเมชัน 3 มิติ จะได้รับความนิยมมากกว่าแอนิเมชัน 2 มิติ (พูนศักดิ์, 2558) แอนิเมชันสร้างรายได้จากการพัฒนาสื่อการ์ตูนออนไลน์ งานสร้างสรรค์จากการวาดภาพดิจิทัลอาร์ต หรือการทำงานกราฟิกสื่อการ์ตูน 2 มิติ และ 3 มิติ ในปัจจุบันเป็นธุรกิจมาแรง ลงทุนน้อยแต่สร้างรายได้มหาศาล กลุ่มคนที่นิยมดาวน์โหลดเป็นกลุ่มเยาวชนและบุคคลทั่วไป (GamingDose, 2020) เป็นการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจกับภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกิดจากการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ที่มีการสั่งสมความรู้ มวลประสบการณ์ต่างๆ ที่มีการสืบทอดจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างชาวบ้านกับชาวบ้าน สืบทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่ง การนำเอาความรู้ที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นมาออกแบบ และพัฒนาในรูปแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เสมือนจริงทำให้เข้าใจได้ง่าย สามารถใช้งานสื่อได้ง่าย (ศศิลักษณ์, 2565) ข้อมูลพื้นฐานของชุมชนชาวบ้านปากห้วยม่วง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม พบว่า ชาวบ้านมีอาชีพทำเกษตรกรรมเป็นหลักและมีอาชีพเสริมเป็นการทอเสื้อจากกกสามเหลี่ยม เนื่องจากบริเวณรอบๆ ชุมชนหมู่บ้านเป็นลักษณะบึงซึ่งมีต้นกกสามเหลี่ยมเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก เมื่อมีการทอเสื้อเกือบทุกครัวเรือนทำให้ราคาเสื้อที่นำออกขายไม่ได้ราคาตามที่



กำหนดไว้ รวมทั้งบ้านเรือนชาวบ้านมีลักษณะเป็นบ้านไม้ มุงหลังคาด้วยสังกะสี ทำให้ภายในบ้านร้อนมาก จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านและผู้นำชุมชนมีความสนใจในการผลิตฉนวนกันความร้อนด้วยตนเองจากวัสดุเหลือใช้ในชุมชน (ปิยธิดา, 2562)

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับฉนวนกันความร้อน พบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน เช่น การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม (ปิยธิดา, 2562) การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบยางพารา (วิฑูรย์, 2559) การนำขี้ข้าวโพดมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน (อนุภา, 2559) เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีความหนาแน่นต่ำจึงทำให้มีน้ำหนักเบาและยังเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีปริมาณมากจึงมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์และเป็นการเพิ่มคุณค่าแก่วัสดุเหลือใช้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหา และได้สอบถามความต้องการใช้สื่อในการเรียนรู้การผลิตฉนวนกันความร้อนจากชาวบ้านได้ข้อสรุปว่า ต้องการสื่อการเรียนรู้แบบแอนิเมชัน 3 มิติ ที่สามารถใช้งานได้ทั้งแบบออนไลน์และออฟไลน์ ผ่านสมาร์ตโฟน จึงได้ดำเนินการทำวิจัยสร้างสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ให้กับชุมชนต่อไป

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ

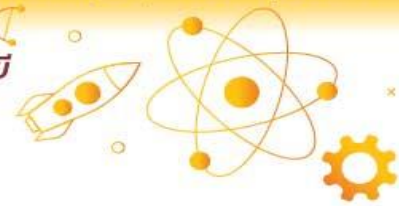
ในช่วงทศวรรษที่ 70 เริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์มาสร้างงานกราฟิกและสร้างแอนิเมชัน 3 มิติ โดยภาพที่ได้จะมีลักษณะที่สมจริงและซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งต่อมาได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานแอนิเมชัน งานการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องแรกของโลกคือ ทอยสตอรี ออกฉายครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1995 ภายหลังจากนั้นมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีและโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแอนิเมชัน 3 มิติ ขึ้นมากมาย ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำงานแอนิเมชัน 3 มิติ มาใช้ในภาพยนตร์งานการ์ตูนแอนิเมชันรวมไปถึงงานด้านอื่นๆ การสร้างแอนิเมชันโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้น มีทั้งในรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติ โปรแกรมหลักที่เลือกใช้งานที่จะช่วยสนับสนุนให้การทำงานสะดวกและง่ายขึ้น แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมแอนิเมชันนั้น เมื่อมองดูผิวเผินจะมีลักษณะกลมกลืนกันทั้งหมด แต่แท้จริงแล้วเกิดจากการเชื่อมต่อกันของรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) จนเกิดเป็น รูปทรงขึ้น และเมื่อทำการเปลี่ยนมุมมอง เคลื่อนหรือหมุน (แพรวนาภา, 2561)

2. แผ่นฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อน คือ วัสดุที่มีความสามารถในการป้องกัน สกัตกกันความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุได้ ฉนวนกันความร้อนแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนที่แตกต่างกันโดยที่ฉนวนกันความร้อนที่ดีควรมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำและมีน้ำหนักเบา ค่าความหนาแน่นน้อย มีค่าการนำความร้อนต่ำเพราะจะทำให้ความร้อนผ่านฉนวนได้ยาก มีความคงทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้เป็นอย่างดี เปลี่ยนรูปได้ยากและมีความคงตัวสูง ตลอดจนมีความทนต่อการติดไฟได้ดีหรือไม่ติดไฟง่าย นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงการติดตั้งได้ง่าย ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย (วิฑูรย์ และชีวะ, 2559)

3. จิตวิทยาการรับรู้เพื่อการออกแบบ

การออกแบบสื่อตามหลักจิตวิทยาเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถสร้างสื่อ สำหรับการสื่อสารระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ได้ ทั้งนี้ กระบวนการสื่อสารที่ต้องการให้ผู้รับสารได้รับข้อมูลที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยหลักจิตวิทยาเพื่อการออกแบบ ควบคู่กับความรู้ความชำนาญทางศิลปะและการออกแบบ โดยหลักจิตวิทยาเพื่อการออกแบบในที่นี้หมายถึง การศึกษาเรื่องพฤติกรรมภายในและภายนอกของมนุษย์ โดยประสาทสัมผัสทางตาเป็นส่วนสำคัญลำดับต้นๆ ของการรับรู้ เนื่องจากประสาทสัมผัสทางตาสามารถรับรู้ได้ 75% ของสิ่งที่เข้ามาสู่ประสาทสัมผัสของมนุษย์ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะพื้นฐานของคนคนนั้น เช่น เพศ วัย ระดับการศึกษา ค่านิยม ทศนคติหรือแม้แต่ความสมบูรณ์ทางสายตา รวมทั้งสิ่งที่ถือว่าเป็นวิธีการสร้างสรรค์ทางศิลปะที่ผู้ออกแบบนำมาสร้างสรรค์เป็นสื่อการเรียนรู้ (มนชญา, 2562)



4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้างานวิจัยด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการศึกษาและอ้างอิง ผู้วิจัยได้ศึกษางานดังต่อไปนี้

นันทรัตน์ กลิ่นหอม และคณะ (นันทรัตน์ และคณะ, 2565) ได้ทำการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ธุรกิจเกษตรทฤษฎีใหม่ ผลการวิจัย พบว่า การประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับมีคุณภาพมาก ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 3.57 และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้รับชมสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.04

ศศิลักษณ์ ไชยตัน และคณะ (ศศิลักษณ์ และคณะ, 2565) ได้ทำการพัฒนาสื่อการสอนด้วยการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การคัดแยกขยะ ผลการวิจัย พบว่า สื่อการสอนด้วยการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ด้านออกแบบมีคุณภาพระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.72 และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.67 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยสื่อการสอนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อนุภา สุกุลพาณิชย์ (อนุภา, 2559) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้ข้าวโพดมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน แล้วนำไปทดสอบและวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อนแล้วเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนกับฉนวนในท้องตลาด ผลการวิจัยพบว่า แผ่นฉนวนที่ใช้ น้ำยางและน้ำ สัดส่วน น้ำยางต่อน้ำ 1:0 และ 2:1 มีการยึดจับกันภายในได้ดีกว่าสัดส่วนอื่นๆ และผลการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนของแผ่นฉนวนขี้ข้าวโพดที่ใช้น้ำยางพาราและน้ำ สัดส่วน 2:1 ที่มี ความหนา 1.5 เซนติเมตร และมีความหนาแน่น 300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กับฉนวนโฟมโพลีเอทิลีน หนา 1 เซนติเมตร พบว่า สามารถลดความร้อนได้ใกล้เคียงกัน

วิธีการวิจัย

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม มีรายละเอียดวิธีการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์ความต้องการ

1.1 การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัย เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม โดยใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสาน และ สัมภาษณ์ อาจารย์วิชชุดา ภาโส อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย

1.2 สำนวจความต้องการสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ จากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบสอบถามความต้องการสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ

1.3 วิเคราะห์ สรุปผล ความต้องการสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ ของกลุ่มตัวอย่าง

2. วิธีการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้ใช้หลัก 3P (दनัยพร และบุญญรัตน์, 2560; อีรภัทร์ และคณะ, 2565; นันทรัตน์ และคณะ, 2565) ประกอบด้วย Pre - production (ขั้นตอนการเตรียมงาน), Production (ขั้นตอนการผลิตรายการ) และ Post - production (ขั้นตอนหลังการผลิต) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกสามเหลี่ยม โดยมีขั้นตอนดังนี้

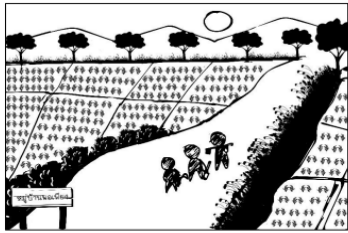
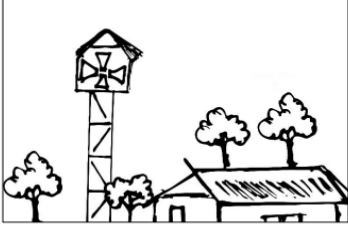
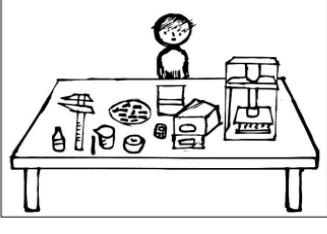
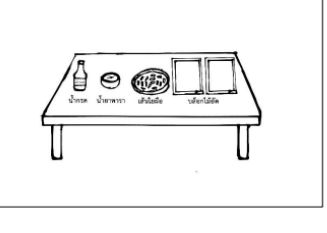
2.1 Pre-Production (P1) คือ ขั้นตอนการเตรียมงาน ประกอบด้วย

2.1.1 เขียนบทเรื่องราวการ์ตูน

เนื้อเรื่องย่อ

ณ หมู่บ้านพอเพียง ที่เต็มไปด้วยผู้คนมากมายจากการทำนาปลูกข้าว แล้วนำเอาภูมิปัญญา ท้องถิ่นในการทอเสื่อ สอนยายหลานนั่งทอเสื่ออยู่ใต้ถุนบ้านอย่างมีความสุข ต่อมาเมื่อประกาศเสียงตามสายจาก ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ใหญ่มา : “สวัสดิ์พ่อแม่พี่น้อง ชาวบ้านทุกคนพรุ่งนี้ทางอำเภอจะมาอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับผืนผ้า ให้เตรียมผืนผ้าไปด้วย” เช้าวันรุ่งขึ้นยายกับหลานและชาวบ้านก็พากันไปย้งศาลากลางหมู่บ้านที่ทางอำเภอจะมาให้ความรู้ พอชาวบ้านมาถึงวิทยากรทางอำเภอก็เริ่มบรรยายให้ความรู้ในการนำวัสดุที่มีในชุมชน คือ ผืนผ้า โดยนำเอาเส้นใยผ้ามานผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน วิทยากร : “สวัสดิ์ครับชาวบ้านทุกคน วันนี้ผมจะมาให้ความรู้เกี่ยวกับการนำเส้นใยผ้ามานใช้ทำฉนวนกันความร้อน” วิทยากรได้เริ่มสอนชาวบ้าน จากนั้นยายกับหลานก็ได้ลงมือทำตามขั้นตอนของวิทยากรสอนทั้ง 2 ขั้นตอน เมื่อถึงขั้นตอนเข้าตู้อบ หลานได้ยกมือถาม แก้ว : พี่วิทยากรคะ หนูขอถามหน่อยค่ะ แผ่นผ้าเพดานที่เราทำมีประโยชน์ อย่างไรบ้างคะ วิทยากร : วิทยากร ยิ้ม แผ่นผ้าเพดานที่เราทุกคนทำ สามารถนำมาใช้แทนแผ่นผ้าเพดานที่มีขายในท้องตลาดได้และลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนอีกด้วย ชาวบ้านทุกคน : ประมอให้กับวิทยากร ยายกับแก้ว : เดินกลับบ้านอย่างมีความสุข

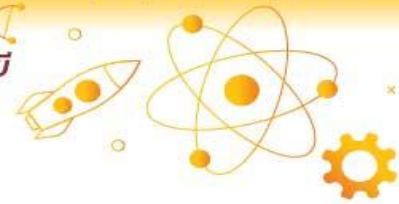
2.1.2 ออกแบบสตอรี่บอร์ด

	Scene : ฉากที่ 1 ชาวบ้านกลับจากทุ่งนา เวลา : คำอธิบาย : ณ หมู่บ้านพอเพียง ที่เต็มไปด้วยผู้คนมากมายจากการทำนาปลูกข้าว แล้วนำเอาภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทอเสื่อ (เสื่อ) Sound Effect : เสียงคนเดิน นก ลม		Scene : ฉากที่ 7 วิทยากรแนะนำตัวกับชาวบ้าน เวลา : คำอธิบาย : วิทยากร สวัสดิ์ชาวบ้านทุกคนคะ ครบ วันนี้ผมจะมาให้ความรู้เกี่ยวกับการนำเส้นใยผ้ามานใช้ประโยชน์ในการทำแผ่นผ้าเพดาน Sound Effect : เสียงบรรยาย
	Scene : ฉากที่ 2 เสื่อกระเจียวเสียง เวลา : คำอธิบาย : Sound Effect : เสียงเพลง		Scene : ฉากที่ 8 แนะนำอุปกรณ์ เวลา : คำอธิบาย : วิทยากร เรามาเริ่มทำกันเลยนะ ครับ อุปกรณ์ในการทำจะมี เส้นใยผืน ไซเดมโซ ครอบโซด บล็อกไม้อัด น้ำยงพารา บีกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร และ ตู้อบลมร้อน ครับ Sound Effect : เสียงบรรยาย
	Scene : ฉากที่ 3 บ้าน เวลา : คำอธิบาย : สองยายหลานนั่งทอเสื่ออยู่ใต้ถุนบ้านอย่างมีความสุข Sound Effect : เสียงเพลง		Scene : ฉากที่ 9 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใย เวลา : คำอธิบาย : ขั้นตอนการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโดยใช้ น้ำยงพาราเป็นตัวประสาน ทั้ง 2 สูตร อุปกรณ์ที่ต้องเตรียมก็มี น้ำยงพารา น้ำกรด เส้นใยผืน และ บล็อกไม้อัด ไม้อัด ขนาด 15x15x3 cm3 Sound Effect : เสียงบรรยาย

ภาพที่ 1 ตัวอย่างสตอรี่บอร์ดของการ์ตูน

2.1.3 ศึกษาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการผลิต

2.1.4 เตรียมการบันทึกเสียง



2.2 Production (P2) คือ ขั้นตอนการผลิตรายการ ประกอบด้วย

2.2.1 ปั้นโมเดล ประกอบด้วย 1) ตัวละครหลัก ดังนี้ พี่ซัน, แก้ว, แม่นิ่ม 2) ฉาก ดังนี้ ฉากทางเข้าหมู่บ้าน, ฉากบ้านแก้ว, ฉากศาลา 3) อุปกรณ์ในการผลิตฉนวนกันความร้อน ดังนี้ เส้นใยฝอย, โซเดียมไฮดรอกไซด์, บล็อกไม้อัด, น้ำยาพารา, ปีกเกอร์, แท่งแก้วคนสาร, ตู้บลมร้อน

2.2.2 สร้างตัวควบคุมใบหน้าและร่างกาย เฟเชียล คอนโทรลเลอร์ (Facial Controller)

2.2.3 สร้างการเคลื่อนไหวให้กับโมเดล 3 มิติ กำหนดจัดแสงให้กับฉาก เรียบเรียงฉากตามสตอรี่บอร์ด และทำการโมชันในแต่ละฉาก ตัดต่อ เรียบเรียง จัดองค์ประกอบ

2.3 Post-Production (P3) คือ ขั้นตอนหลังการผลิต ประกอบด้วย

2.3.1 ทดลองใช้สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย

2.3.2 ตรวจสอบ/แก้ไขงาน

2.3.3 ประเมินประสิทธิภาพของสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย

2.3.4 ประเมินความพึงพอใจของสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย

2.3.5 เผยแพร่สื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย สามารถดูผ่านช่องทางสื่อออนไลน์ เฟซบุ๊ก (Facebook) และยูทูบ (YouTube)

3. เครื่องมือการวิจัย

3.1 สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย โดยใช้เครื่องมือในการออกแบบ ได้แก่ สตอรี่บอร์ด และใช้เครื่องมือในการพัฒนา ด้านซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Autodesk MAYA สำหรับปั้นโมเดล และการโมชัน โปรแกรม Substance Painter เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการลงสีโมเดล โปรแกรม Adobe Premiere Pro ใช้ในการตัดต่อ VDO ส่วนด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์แมคอินทอช

3.2 แบบสอบถามประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย

4. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มชาวบ้านปากห้วยม่วง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ที่มีความสนใจในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย โดยใช้น้ำยาพาราเป็นตัวประสาน จำนวน 30 คน เลือกโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินของ ชูศรี (2560) ใช้เกณฑ์เดียวกันทั้งการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจ ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับมาก

2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง

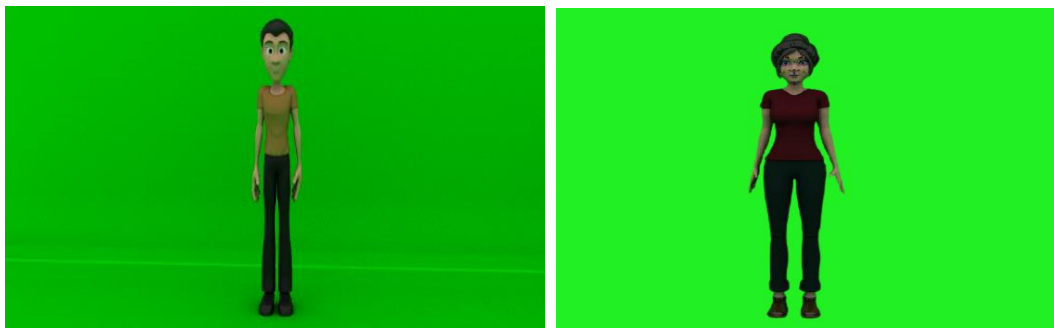
1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับน้อย

1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

การพัฒนาสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย สามารถสรุปผลการพัฒนาตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย

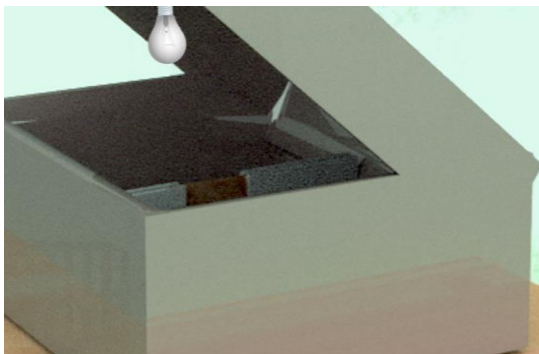
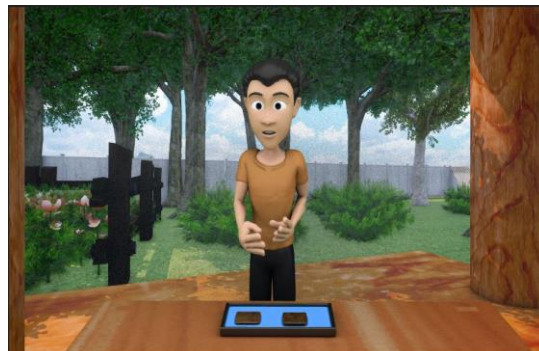
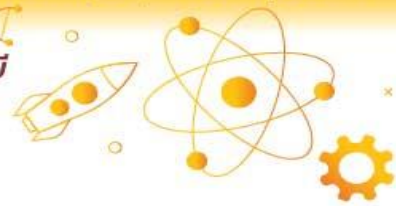
การพัฒนาสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย สามารถดูแบบออนไลน์ (Online) และออฟไลน์ (Offline) โดยมีการนำเสนอ 5 นาที ผ่านสมาร์ทโฟน และคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย ตัวการ์ตูนจำนวน 3 ตัว ได้แก่ 1) พี่ซัน 2) แก้ว และ 3) แม่นิ่ม ฉาก 12 ฉาก ได้แก่ 1) ฉากเริ่มเรื่อง 2) ฉากได้ทุนบ้าน 3) ฉากการเตรียมอุปกรณ์ 4) ฉากขั้นตอนการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน 5) ฉากขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ 2 สูตร สูตรที่ 1 ในอัตราส่วน 60 : 40 และ 50 : 50 สูตรที่ 2 ในอัตราส่วน 60 : 20 : 20 และ 50 : 30 : 20 6) ฉากการอบฉนวนกันความร้อน 7) ฉากการวัดความหนาแน่น 8) ฉากการหาค่าความชื้น 9) ฉากทดสอบการดูดซึมน้ำ 10) ฉากทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนเส้นใยฝ้าย 11) ฉากการทดสอบความคงทนจากการตกจากที่สูง และ 12) ฉากจบเรื่อง โดยมีดนตรีพร้อมเสียงบรรยายประกอบตลอดทั้งเรื่อง



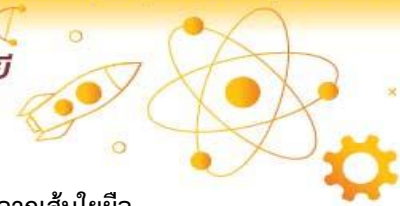
ภาพที่ 2 ตัวอย่างตัวละครพี่ซันกับแม่นิ่ม



ภาพที่ 3 ฉากเริ่มเรื่องและการเตรียมอุปกรณ์



ภาพที่ 4 ฉากการผลิตฉนวนกันความร้อนและการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฉนวน



2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย

เมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแล้วเสร็จ ก่อนจะนำไปเผยแพร่จริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำการนำไปประเมินหาประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 11 คน คือ อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ด้านการออกแบบกราฟิก สื่อมัลติมีเดีย และสื่อดิจิทัล จำนวน 10 คน เพื่อให้ได้ข้อมูลมาทำการปรับปรุงเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพของสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านการออกแบบตัวละคร	4.363	0.376	ดี
ด้านการออกแบบฉาก	4.727	0.327	ดีมาก
ด้านเสียงบรรยายประกอบ	4.575	0.473	ดีมาก
ด้านการนำเสนอกระบวนการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย	4.472	0.431	ดีมาก
ผลรวม	4.534	0.334	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพของสื่อเรียนรู้แอนิเมชันทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก ยกเว้น ด้านการออกแบบตัวละคร อยู่ในระดับดี หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของชลัช และคณะ (2563) ที่ได้พัฒนาการออกแบบสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ผลกระทบจากการทิ้งขยะมูลฝอยสู่ท้องทะเลไทย เนื่องจากผู้พัฒนาได้ศึกษางานวิจัยด้านการออกแบบตัวละคร ด้านเสียงการบรรยาย และด้านการออกแบบฉากในแอนิเมชัน 3 มิติ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของการใช้สื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝ้าย

จากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงสื่อเรียนรู้แอนิเมชันตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ได้ดำเนินการทดลองใช้สื่อแอนิเมชัน 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้น โดยประเมินกับผู้ใช้งานจริง คือ กลุ่มชาวบ้าน บ้านปากห้วยม่วง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม จำนวน 30 คน ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านเนื้อหา	4.780	0.303	ดีมาก
ด้านการออกแบบ	4.838	0.249	ดีมาก
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.820	0.303	ดีมาก
ผลรวม	4.813	0.261	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมากทุกด้าน หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานของทินกร และพจน์ศิริพันธ์ (2560) ที่ได้พัฒนาการตูนแอนิเมชัน



3 มิติ เรื่อง น้ำใจ เนื่องจากผู้พัฒนาได้มีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น การวิเคราะห์การออกแบบ และวางแผนในการเก็บข้อมูล ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ตามกลุ่มผู้ใช้งานจริง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านเนื้อหา

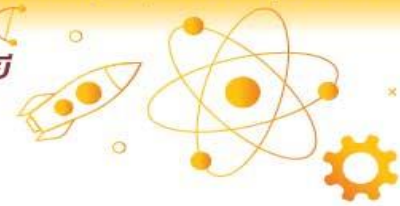
ด้านเนื้อหา	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ลำดับการดำเนินเรื่องน่าสนใจ	4.838	0.379	ดีมาก
ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยชัดเจน	4.737	0.450	ดีมาก
ขั้นตอนการผลิตมีความเข้าใจง่ายและชัดเจน	4.808	0.407	ดีมาก
ขั้นตอนการตรวจวัดชิ้นงานมีความเข้าใจง่ายและชัดเจน	4.808	0.407	ดีมาก
ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติชิ้นงานมีความเข้าใจง่ายและชัดเจน	4.737	0.450	ดีมาก
ผลรวม	4.780	0.303	ดีมาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลรวมการประเมินความพึงพอใจด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากทุกประเด็น

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบ

ด้านการออกแบบ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
การออกแบบฉากและตัวละครมีความสวยงาม	4.878	0.346	ดีมาก
การออกแบบฉากและตัวละครมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.777	0.430	ดีมาก
การใช้สีในการออกแบบฉากและตัวละครสวยงาม	4.838	0.379	ดีมาก
เสียงดนตรีประกอบชัดเจน	4.909	0.305	ดีมาก
เสียงการบรรยายประกอบชัดเจนเข้าใจง่าย	4.909	0.305	ดีมาก
ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียง	4.777	0.430	ดีมาก
ผลรวม	4.838	0.249	ดีมาก

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลรวมการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบอยู่ในระดับดีมากทุกประเด็น



ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับ

ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	$\bar{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
สามารถนำความรู้ที่ได้ชมสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ไปผลิตแผ่น ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอยได้	4.838	0.379	ดีมาก
สามารถนำความรู้ที่ได้ชมสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ไปเผยแพร่ กระบวนการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอยได้	4.808	0.407	ดีมาก
สามารถเลือกชมสื่อการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนได้	4.777	0.430	ดีมาก
สามารถเลือกชมสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในรูปแบบออนไลน์ และออฟไลน์ได้	4.909	0.305	ดีมาก
สามารถชมสื่อการเรียนรู้แอนิเมชันได้ทั้งสมาร์ทโฟน	4.808	0.407	ดีมาก
ผลรวม	4.820	0.303	ดีมาก

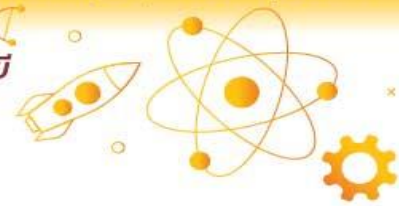
จากตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับดีมากทุกประเด็น

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อเรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย ใช้เวลานำเสนอ 5 นาที สามารถดูแบบออนไลน์ และ ออฟไลน์ ผลรวมด้านประสิทธิภาพของการ์ตูนอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.534$, S.D. = 0.334) โดยประเด็นที่มีประสิทธิภาพดีมาก ได้แก่ ด้านการออกแบบฉาก ด้านเสียงบรรยายประกอบ ด้านการนำเสนอกระบวนการผลิต และความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อสื่อเรียนรู้การ์ตูน อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.813$, S.D. = 0.261) โดยผู้ใช้งานพึงพอใจมากในทุกประเด็น จึงสรุปได้ว่า สื่อเรียนรู้การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ในหัวข้อ เรื่อง การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย สามารถนำไปเป็นสื่อเรียนรู้ที่ใช้เผยแพร่ได้จริง มีความสอดคล้องตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้สื่อได้ด้วยตัวเอง เรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา

อภิปรายผลการวิจัย

สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝอย ได้รับความสนใจและความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้งานสื่ออยู่ในระดับดีมาก โดยประเด็นที่ผู้ใช้ประเมินสูงที่สุด คือ ประเด็นเสียงดนตรีประกอบชัดเจน ประเด็นเสียงการบรรยายประกอบชัดเจนเข้าใจง่าย และประเด็นสามารถเลือกชมสื่อเรียนรู้แอนิเมชัน 3 มิติ ในรูปแบบออนไลน์ และออฟไลน์ได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบสื่อแอนิเมชันตามหลักจิตวิทยาการรับรู้เพื่อการออกแบบตามกลุ่มของผู้ใช้งาน พร้อมทั้งได้แนวทางการออกแบบจากการสำรวจความต้องการจากกลุ่มผู้ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นทำวิจัย



ข้อเสนอแนะ

1. โปรแกรมที่ใช้พัฒนามีลิขสิทธิ์ สามารถใช้โปรแกรมอื่นแบบฟรีในการพัฒนามัลติมีเดีย เช่น โปรแกรม Unity
2. การใช้งานสื่อการ์ตูนจำเป็นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ทโฟน
3. ควรมีการติดตามประเมินประสิทธิผลการนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากสื่อไปใช้งาน
4. งานวิจัยนี้จะมีการใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น หากมีการเผยแพร่ไปยังชุมชนที่มีการปลูกต้นฝั้ว หรือการใช้ประโยชน์จากต้นฝั้ว

กิตติกรรมประกาศ

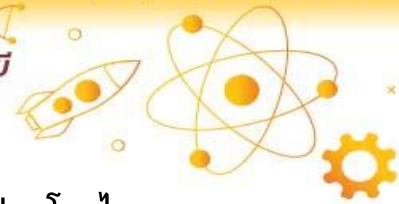
ขอขอบพระคุณปิยธิดา นนทะเสน นักศึกษาศาสาวิชาฟิสิกส์ ที่ได้วิจัยประสิทธิภาพของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝั้วโดยใช้น้ำยาฟาราเป็นตัวประสาน ในปี 2562 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา โครงการฟิสิกส์ และขอบพระคุณ ชาวบ้านบ้านปากห้วยม่วง อำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ที่ได้สละเวลา และให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ความต้องการและข้อเสนอแนะ เพื่อให้สามารถทำวิจัยครั้งนี้เกิดผลสำเร็จได้ และขอบพระคุณ อ.วิชุดา ภาโสเม ที่อนุเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สื่อเรียนรู้การ์ตูนในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชลัช โกตระกูล, พรรณเพ็ญ ฉายปรีชา, ชัยพร พานิชรุทติวงศ์, และอิทธิยา โกตระกูล. (2563). การออกแบบสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ผลกระทบจากการทิ้งขยะมูลฝอยสู่ท้องทะเลไทย ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ RSUSSH 2020 ครั้งที่ 5** (หน้า 315-323). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- दनัยพร ลดากุล, และปญญรัตน์ ปญญา. (2560). การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อส่งเสริมคุณธรรมด้านความซื่อสัตย์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2. **วารสารวิทยาการสารสนเทศ และเทคโนโลยีประยุกต์**, 1(1), 64-71.
- ทินกร ลุนโน, และพจนศิริรินทร์ ลิ้มปิ่นนทร์. (2560). การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องน้ำใจ ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 3** (หน้า 1-7). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ธีรภัทร์ ศรีนวนลัด, อวิรุทธ์ เจริญทรัพย์ และชัยพร พานิชรุทติวงศ์. (2565). การสร้างสื่อแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อสร้างความตระหนักถึงการออมเงินของประชากรวัยเริ่มทำงาน ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 17** (หน้า 98-107). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรังสิต.
- นันทรัตน์ กลิ่นหอม, ธีระพล สุทธิพนไพศาล, พิษญา เจริญใจ, ดิสรินทร์ โทนกล้า และวิภาวี นันทกุล. (2565). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ธุรกิจเกษตรทฤษฎีใหม่. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก**, 2(3), 42-51.
- ปิยธิดา นนทะเสน. (2562). **การศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยฝั้วโดยใช้น้ำยาฟาราเป็นตัวประสาน**. (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- พูนศักดิ์ อนุพันธ์พานิช. (2558). **เริ่มต้นเรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Maya**. กรุงเทพฯ: อักษรเงินดี.



- แพรวนภา พรหมวงศ์ษา. (2561). พัฒนาการตุ้มนแอนิเมชัน 3 มิติเรื่อง โรคไวรัสเมอร์ส (Virus Mers). (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- มนชญา สระบัว. (2562). การออกแบบสื่อการเรียนรู้เพื่อการอนุรักษ์สภาพป่าดงพญาเย็น: เรือนอีสาน. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 9(3), 103-110.
- วิฑูรย์ หนูเล็ก และชีวะ ทศนา. (2559). จนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบยางพารา. รายงานวิจัย. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ศศิลักษณ์ ไชยตัน, อาฉ๊ะ บิลหิม และทักษิณา นพคุณวงศ์. (2565). การพัฒนาสื่อการสอนด้วยการตุ้มนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง การคัดแยกขยะ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเซาธ์อีสท์บางกอก, 2(3), 52-61.
- อนภา สกุลพาณิชย์. (2559). การพัฒนาจนวนกันความร้อนสู่อาคารจากขี้ข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ. Veridian E-Journal, Silpakorn University, 9(1), 1688-1702.
- Goel, D. and Upadhyay, R. (2017). Effectiveness of use of Animation in Advertising: A Literature Review. Int. J. Sci. Res. In Network Security and Communication, 5(3), 146 - 159.
- GamingDose. (2020). Game and Animation Line Today. Retrieved from <https://today.line.me/th/pc/article/>.



ความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต ของผู้ป่วยโรคไต กรณีศึกษาเขตอำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี Knowledge and Behavior of Dialysis Bag Waste Management of Kidney Disease Patients; Case Study of Mueang Ubon Ratchathani District and Warin Chamrap District, Ubon Ratchathani Province

พรนภา กุมภีโร^{1*} กุลวรรณ โสรังจ¹ และ ธีรวรรณ บุญโทแสง¹

Pornnapa Gumpiro^{1*} Kunlawan Sorach¹ and Teerawan Boonthosaeng¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000

¹Department of Environmental Science Faculty of Science Ubon Ratchathani Rajabhat University
Ubon Ratchathani 34000

*Corresponding author E-mail: pornnapagumpiro@gmail.com

Received 9 June 2022, Accepted 12 June 2023, Published 16 June 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาโดยวิธีการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ในพื้นที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยการสัมภาษณ์ โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 75 คน (กลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลคือผู้ป่วย และผู้ดูแลให้ข้อมูลแทน) ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 56.0 และเพศชาย ร้อยละ 44.0 เป็นกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งมีอายุ 61 ปีขึ้นไป ถึงร้อยละ 45.3 ส่วนใหญ่มีช่วงระยะเวลาในการรักษาแบบ CAPD 1 - 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 78.7 และผู้ป่วยทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาด้วยตนเอง ร้อยละ 68.0 ระดับการศึกษาของผู้ป่วยอยู่ในระดับประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 86.7 และพบว่าส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร ร้อยละ 49.3 มีรายได้ต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท สูงถึงร้อยละ 93.3 ผลการศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ในระดับปานกลาง ร้อยละ 66.7 เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ของผู้ป่วยโรคไต และผู้ดูแล พบว่า มีระดับความรู้ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ด้านพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) อยู่ในระดับพฤติกรรมการจัดการแย่ ร้อยละ 34.2 และแย่มาก ร้อยละ 24.7 ส่วนระดับดี และพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 20.5 เท่ากัน สำหรับรูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตในระดับดี พบสูงสุดคือ ล้างน้ำเปล่าร่วมกับตากแดด ร้อยละ 20.5 และพฤติกรรมในระดับพอใช้ที่พบคือ ล้างน้ำเปล่าแล้วตากแดดร่วมกับผึ่งลม ร้อยละ 17.8 ผลการศึกษารูปได้ว่าระดับความรู้ของกลุ่มตัวอย่างมีความไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมจริงในการจัดการขยะถุงน้ำยาล้างไตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

คำสำคัญ: ถุงน้ำยาล้างไต ความรู้ พฤติกรรม การจัดการขยะ

ABSTRACT

This research aims to study knowledge, behavior and dialysis bag waste management of the kidney disease patients who treated by continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD) in the area of Mueang Ubon Ratchathani District and Warin Chamrap District, Ubon Ratchathani Province. It is an exploratory research by interviewing, which random sampling of 75 people. The study found that majority of patients were female, 56.0% and male, 44.0%, and aged were 61 years and over, 45.3%. It was found that most education was a primary school level for 86.7%, occupation was farmers 49.3%, and monthly income less than 10,000 baht, 93.3%. Most of them had a treatment duration at 1-5 years for 78.7%, and patients had changed the solution by themselves for 68.0%. The level of knowledge about dialysis bag waste management of CAPD patients found that the sample group had moderate, and high level at 66.7%. Comparing the level of knowledge of the patients and their caregivers, it was found that not different ($p>0.05$). The behavioral level of dialysis bag waste management was bad 34.2%, very bad 24.7%, which was higher than good 20.5%, and fair 20.5%. The highest behavioral patterns at a good level were washing with water, then sunlight drying 20.5%, and at a fair level were washing with water, then sunlight and air drying 17.8%. This study concluded that knowledge of samples was not consistent with waste management behaviors in the kidney disease patients who treated by continuous ambulatory peritoneal dialysis (CAPD).

Keywords: Dialysis bag, Knowledge, Behavior, Waste management

บทนำ

สถานการณ์โรคไตในปัจจุบันกำลังเป็นปัญหาใหญ่ระดับโลก คนไทยมีแนวโน้มป่วยเพิ่มขึ้นสาเหตุส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เกิดจากเบาหวานและความดันโลหิตสูง ซึ่งมีสถิติผู้ป่วยรวมเกือบ 15 ล้านคน ผลที่ตามมาคือมีภาวะไตเสื่อม และไตเสื่อมเร็วขึ้น หากปฏิบัติตัวไม่ถูกต้อง จากข้อมูลการรายงานของ นายแพทย์ประพนธ์ ตั้งศรีเกียรติกุล ในปี 2563 พบว่าคนไทยป่วยเป็นโรคไตเรื้อรัง ร้อยละ 17.6 ของประชากร หรือประมาณ 8 ล้านคน เป็นผู้ป่วยระยะสุดท้าย 2 แสนคน ป่วยเพิ่มปีละกว่า 7,800 คน ส่วนการผ่าตัดเปลี่ยนไตทำได้เพียงปีละ 500 คน จึงเน้นการชะลอความเสื่อมของไตเพื่อให้เข้าสู่ระยะที่ต้องล้างไตขาลง (Panjawara, 2563) เพื่อลดจำนวนผู้ป่วยที่จะเข้าสู่โรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย โรคไตเรื้อรัง (Chronic Kidney Disease, CKD) เป็นโรคที่พบบ่อยและเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย เป็นโรคเรื้อรังที่รักษาไม่หายขาด จำเป็นต้องรับการรักษาอย่างต่อเนื่องและมีค่าใช้จ่ายในการรักษาสูงมาก โดยเฉพาะเมื่อการดำเนินโรคเข้าสู่ภาวะไตวายระยะสุดท้าย (End Stage Renal Disease, ESRD) ซึ่งจำเป็นต้องให้การรักษาโดยการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (hemodialysis) การล้างไตทางช่องท้อง (Peritoneal dialysis) หรือการผ่าตัดปลูกถ่ายไต (Kidney transplantation) นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีแนวโน้มอุบัติการณ์ของโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้การดูแลรักษาผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง เพื่อป้องกันหรือชะลอไม่ให้เกิดการดำเนินของโรคเข้าสู่ภาวะไตวายระยะสุดท้าย โดยการตรวจคัดกรองและดูแลรักษาตั้งแต่ระยะเริ่มต้น เพื่อชะลอการเสื่อมของไตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย, 2558) พ.ศ. 2555-2558 พบผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง



ระยะสุดท้ายที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีการล้างไตผ่านทางช่องท้องด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง (CAPD) จำนวนมากถึง 18,425,076 คน ก่อให้เกิดขยะจากการล้างไตทางช่องท้องเฉลี่ย 0.8 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (เรืองศิลป์, 2560) โดยเฉลี่ยผู้ป่วยที่ล้างไตเองที่บ้านต้องทำการเปลี่ยนน้ำยาวันละ 3-4 รอบ ทำให้ปริมาณขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตมีจำนวนไม่น้อยกว่า 120 ถุงต่อคนต่อเดือน กระบวนการล้างไตแบบ CAPD เป็นการรักษาซึ่งผู้ป่วยสามารถทำได้เองที่บ้าน โดยอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับทำ CAPD ประกอบด้วย อุปกรณ์หลัก 3 ชนิด คือ 1) สายวางช่องท้อง (Peritoneal catheter) 2) ถุงน้ำยา dialysis 3) สายเชื่อมระหว่างถุงน้ำยาและสายวางช่องท้อง (Transfer set) ในส่วนถุงน้ำยาล้างไตแยกได้เป็น 2 ถุง คือ 1) ถุงน้ำยา dialysis (ถุงบน) บรรจุสารละลายน้ำยาล้างไตปราศจากเชื้อ ใช้สำหรับการถ่ายเข้าช่องท้องผู้ป่วยเพื่อดูดซับของเสีย ซึ่งสารละลายน้ำยา dialysis มีองค์ประกอบหลัก คือเกลือแร่ชนิดต่างๆ และน้ำตาลเดกซ์โทรส และ 2) ถุงรองรับ/ถุงพักน้ำยาออก (ถุงล่าง) ซึ่งน้ำยาในถุงดังกล่าวหลังการล้างไตพบว่ามีการปนเปื้อนของของเสียจากเลือดผู้ป่วยละลายออกมาด้วย ถุงพลาสติกที่รองรับน้ำยาออกจึงกล่าวได้ว่ามีคุณสมบัติเป็นขยะอันตราย โดยปกติการจัดการน้ำยาล้างไตที่ใช้แล้วหน่วยงานสาธารณสุขจะแจ้งให้ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลทำการจัดการโดยทิ้งลงถังส้วม ตามด้วยการราดน้ำยาฆ่าเชื้อ ส่วนถุงน้ำยาออกพร้อมสายยางที่ตัดและเทน้ำยาออกแล้ว ล้างด้วยน้ำแล้วผึ่งไว้ให้แห้งตัดทำลายทุกชิ้นส่วนทิ้งเป็นขยะทั่วไป (กรมอนามัย, 2561) ปัจจุบันพบว่า ขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตสามารถนำมาจัดการตามวิธีการต่างๆ ได้ตามคุณสมบัติของพลาสติกคุณภาพสูง (พลาสติกชนิด flexible PVC plastic และชนิด Biofine) (Feriani, Catizone and Fracasso 2000) ที่นำมาผลิตทำให้สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ จึงพบว่าขยะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการล้างไต โดยเฉพาะถุงน้ำยา สายน้ำยา กล่อง และถุงหุ้มผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะถูกรวบรวม และขายต่อให้ผู้รับซื้อกลุ่มต่างๆ นำเข้าสู่กระบวนการแปรรูปต่อไป ขณะเดียวกันมีหลายหน่วยงาน เช่น วิทยาลัยเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมการต่อเรือนครศรีธรรมราช (ภิเชก และคณะ, 2559) ได้ประยุกต์ใช้ประโยชน์จากถุงน้ำยาล้างไต ผ่านการศึกษาการใช้ประโยชน์จากถุงน้ำยาล้างไตโดยการสร้างเป็นพื้นนอนลม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำขยะถุงน้ำยาล้างไตที่มาประดิษฐ์เป็นพื้นนอนลม เพื่อนำมาใช้กับผู้ป่วยที่นอนนานๆ ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และลดอาการแผลกดทับ และนำสิ่งประดิษฐ์นี้ไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มประชากรผู้ป่วยในเขตอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งพบว่าความพึงพอใจด้านการออกแบบโครงสร้างและคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์อยู่ในเกณฑ์ดี (3.64) ข้อดีของพื้นนอนลมจากถุงน้ำยาล้างไต คือ มีความแข็งแรงทนทานทำความสะอาดได้ง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก น้ำหนักเบาเหมาะสมใช้เป็นพื้นนอนสำหรับผู้ป่วย ผู้ป่วยแผลกดทับ ต้นทุนในการผลิตต่ำหรือสามารถใช้ได้เอง และสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายได้ในระยะยาว อีกทั้งช่วยลดปริมาณขยะ และค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะได้ (ภิเชก และคณะ, 2559) แต่ทั้งนี้การจัดการขยะกลุ่มดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วยเอง จำเป็นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการที่ถูกต้อง ตลอดจนมีพฤติกรรมในการจัดการในรูปแบบที่ถูกต้องเหมาะสมด้วย

ในส่วนจังหวัดอุบลราชธานีเป็นจังหวัดที่มีผู้ป่วยเป็นโรคไตวายเรื้อรังที่จำเป็นต้องรักษาด้วยการล้างไตสูงถึง 2,328 คน (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 10 อุบลราชธานี, 2561) ซึ่งมีจำนวนสูงมากเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ป่วยไตวายเรื้อรังทั้งประเทศ จากข้อมูลศูนย์บริการล้างไตทางช่องท้อง ของโรงพยาบาลรัฐ 10 แห่งในจังหวัดอุบลราชธานี ในปี 2562 คือ โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ โรงพยาบาลตระการพิรุณ โรงพยาบาลสสำโรง โรงพยาบาลม่วงสามสิบ โรงพยาบาล ๕๐ พรรษา มหาวิชราลงกรณ โรงพยาบาลพิบูลมังสาหาร โรงพยาบาลบุญทริก โรงพยาบาลวารินชำราบ โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเดชอุดม และโรงพยาบาลเชิงินตามการลงทะเบียนสิทธิการรักษา 10 ศูนย์ มีจำนวนรวม 2,800 คน เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการล้างไตพบว่า จังหวัดอุบลราชธานีจะสร้างขยะถุงน้ำยาล้างไตประมาณ 18,624 ถุงต่อวัน หรือคิดเป็นน้ำหนักโดยประมาณเท่ากับ 2,328 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 849,720 กิโลกรัมต่อปี จากสถิติของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 10 อุบลราชธานี พบว่าจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีแนวโน้มจำนวนขยะถุงน้ำยาล้างไตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นับว่าเป็นขยะปริมาณมหาศาลที่ยังไม่มีแนวทางในการจัดการอย่างแน่ชัด เนื่องจากการล้างไตผ่านช่องท้องด้วยตนเองนั้นจะเป็นการรักษาพยาบาลด้วยตนเองที่บ้านทำให้ขยะที่เกิดจาก



กระบวนการล้างไตด้วยตนเองบางส่วนกลายเป็นขยะในชุมชนที่ได้รับการจัดการที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งขยะถุงน้ำยาล้างไต ยังมีข้อกังขาว่าเป็นขยะติดเชื้อหรือขยะทั่วไป สามารถทั้งรวมกับขยะทั่วไปได้หรือไม่ และเป็นหน้าที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่นในการจัดการหรือไม่ ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในระดับ บุคคล ชุมชน และสิ่งแวดล้อมกระทั่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์สูงสุดได้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาระดับความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีการล้างไตผ่านทางช่องท้องด้วยตัวเองอย่างต่อเนื่อง (CAPD) ที่รับการรักษาผ่านศูนย์บริการล้างไตทางช่องท้องของโรงพยาบาลรัฐ ในเขตอำเภอเมือง และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตในเขตพื้นที่ศึกษาในอนาคตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาโดยวิธีการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD)
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาโดยวิธีการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD)

วิธีการวิจัย

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ และพฤติกรรมในการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) รวมถึงผู้ดูแล ในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาผ่านศูนย์บริการล้างไตทางช่องท้องของโรงพยาบาลรัฐ ในเขตอำเภอเมือง และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือผู้ป่วยโรคไตที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ และโรงพยาบาลวารินชำราบ ในเขตอำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จำนวน 644 คน
2. กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในผู้ป่วยโรคไตที่ทำการรักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) และเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ และโรงพยาบาลวารินชำราบ ในเขตอำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2562 – กุมภาพันธ์ 2563 โดยเป็นผู้สมัครใจให้ข้อมูล จำนวน 75 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถามเชิงคุณภาพและปริมาณประกอบด้วย 3 ส่วน ซึ่งแบบสอบถามมีลักษณะการเก็บข้อมูลดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ รายได้

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้ในการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)



ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไตที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ที่เจ้าหน้าที่หรือบุคลากรได้ให้คำแนะนำผู้ป่วยในขณะที่ผู้ป่วยต้องกลับไปอยู่บ้าน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับคะแนนความรู้ด้านการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) นี้

ช่วงคะแนน 5.0 – 6.6 คะแนน หมายถึง ความรู้ในการจัดการขยะจากการล้างไต อยู่ในระดับต่ำ

ช่วงคะแนน 6.7 – 8.3 คะแนน หมายถึง ความรู้ในการจัดการขยะจากการล้างไต ระดับปานกลาง

ช่วงคะแนน 8.4 – 10 คะแนน หมายถึง ความรู้ในการจัดการขยะจากการล้างไต ระดับสูง

ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ระดับคะแนนพฤติกรรมการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

1. ตารางแสดงค่าคะแนนที่กำหนดต่อรูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

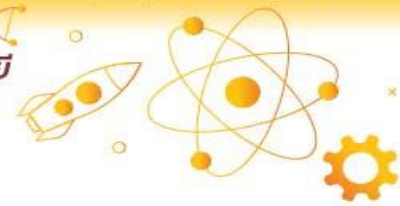
ค่าคะแนน	รูปแบบการล้าง	รูปแบบการจัดการ ถุงน้ำยาล้างไต
1	ไม่ล้าง	เก็บรวม
2	ล้างน้ำเปล่า	ฝังหลุม และ เก็บรวม
3	ล้างน้ำยาซักผ้าขาว	ฝังหลุม
4	-	ตากแดด และ เก็บรวม
5	-	ตากแดด และ ฝังหลุม
6	-	ตากแดด

2. ตารางแสดงช่วงคะแนนที่ใช้ในการพิจารณาระดับพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต

ช่วงคะแนน	ระดับพฤติกรรม
14.6 – 18.0	ดีมาก
11.1 – 14.5	ดี
7.6 – 11.0	พอใช้
4.1 – 7.5	แย่
1.0 – 4.0	แย่มาก

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย



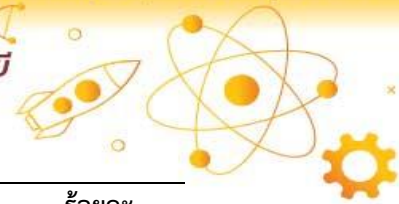
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่า สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด จำนวน 75 คน มีทั้งผู้ป่วยให้ข้อมูลเองจำนวน 46 คน (ร้อยละ 61.3) และผู้ดูแลเป็นผู้ให้ข้อมูลแทนผู้ป่วย จำนวน 29 คน (ร้อยละ 38.7) ซึ่งผู้ป่วยที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 42 คน (ร้อยละ 56.0) เพศชาย จำนวน 33 คน (ร้อยละ 44.0) และผู้ป่วยมีอายุอยู่ในช่วงอายุ 61 ปีขึ้นไป จำนวน 34 คน (ร้อยละ 45.3) รองลงมาอยู่ในช่วงอายุระหว่าง 51 – 60 ปี จำนวน 23 คน (ร้อยละ 30.7) ส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการรักษาโดยวิธี CAPD ในช่วง 1 - 5 ปี จำนวน 59 คน (ร้อยละ 78.7) รองลงมาคือน้อยกว่า 1 ปี จำนวน 10 คน (ร้อยละ 13.3) ทั้งนี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาด้วยตนเอง คิดเป็นร้อยละ 68.0 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาในระดับประถมศึกษา จำนวน 65 คน (ร้อยละ 86.7) รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช. จำนวน 6 คน (ร้อยละ 8.0) และประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ถึงร้อยละ 49.3 จากข้อมูลยังพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเลยพบมากถึงร้อยละ 40.0 ส่งผลให้ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 10,000 บาท ถึงจำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 93.3 รองลงมาคือ 10,000 - 15,000 บาท ร้อยละ 5.3 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

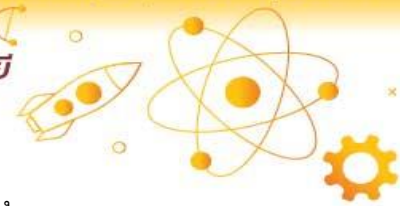
ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. สถานภาพของท่าน		
ผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง	46	61.3
ผู้ดูแล	29	38.7
2. ระยะเวลาการล้างไตทางช่องท้อง (ปี)		
น้อยกว่า 1 ปี	10	13.3
1 - 5 ปี	59	78.7
6 - 10 ปี	6	8.0
มากกว่า 10 ปี	0	0.0
3. การเปลี่ยนน้ำล้างไตทางช่องท้อง		
เปลี่ยนเอง	51	68.0
ผู้ดูแลทำให้	24	32.0
4. เพศ		
ชาย	33	44.0
หญิง	42	56.0
5. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	1	1.3
20 - 30 ปี	3	4.0
31-40 ปี	6	8.0



ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
41-50 ปี	8	10.7
51-60 ปี	23	30.7
61 ปีขึ้นไป	34	45.3
6. ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	65	86.7
มัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช.	6	8.0
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวส.	1	1.3
ปริญญาตรี	3	4.0
7. อาชีพ		
ข้าราชการ	1	1.3
เกษตรกร	37	49.3
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	4	5.3
รับจ้างทั่วไป	3	4.0
ไม่ได้ประกอบอาชีพ	30	40.0
8. รายได้ต่อเดือน (บาท)		
ต่ำกว่า 10,000	70	93.3
10,000 - 15,000	4	5.3
15,001 - 20,000	1	1.3

ตอนที่ 2 ความรู้ด้านการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD)

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 100.0 ในเรื่ององค์ประกอบของขยะที่เกิดจากการล้างไตประกอบไปด้วย ถังน้ำยาล้างไต สายยาง ข้อต่อ สำลี ผ้าก๊อซ และพลาสติก (คำถามข้อ 1) และ มีความรู้ว่าการจัดการขยะจากการล้างไตที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ (คำถามข้อ 10) รองลงมาคือความรู้ในชนิดของขยะติดเชื้อที่เกิดจากการล้างไต (คำถามข้อ 3) คิดเป็นร้อยละ 97.3 นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 88.0 มีความรู้ถูกต้องว่า ถังน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อต่างๆ เป็นขยะไม่ติดเชื้อ ส่วนร้อยละ 93.3 ของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ในการจัดการน้ำยาล้างไตโดยการเททิ้งในโถส้วม ขณะที่ร้อยละ 97.3 ของกลุ่มตัวอย่าง มีความรู้ในการกำจัดขยะไม่ติดเชื้อได้อย่างถูกต้อง โดยมีความรู้ว่าการกำจัดโดยทิ้งในถังขยะที่เทศบาลหรือ อปท. จัดให้ ส่วนความรู้ในการกำจัดขยะติดเชื้อ พบว่าในประเด็นขยะติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคติดต่อร้ายแรง ร้อยละ 89.3 ของกลุ่มตัวอย่าง มีความรู้ถูกต้องว่าควรนำไปกำจัดที่สถานพยาบาลใกล้บ้าน ร้อยละ 53.3 ร้อยละ 88.0 ถูกต้องว่าขยะติดเชื้อไม่สามารถกำจัดโดยการฝังกลบได้ ขณะที่ร้อยละ 46.7 กับมีความเข้าใจว่าสามารถฝังกลบได้ ความรู้เกี่ยวกับถุงหรือภาชนะรองรับขยะติดเชื้อ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ตอบว่าสามารถทิ้งใส่ถุงสีใดก็ได้ มีเพียงร้อยละ 36.0 ที่รู้ว่าขยะติดเชื้อไม่สามารถทิ้งใส่ถุงสีใดก็ได้ ส่วนประเด็นการใช้น้ำยาซักผ้าขาวกำจัดเชื้อโรค พบว่าร้อยละ 69.3 มีความรู้ที่น้ำยาซักผ้าขาวสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ ดังแสดงในตารางที่ 2



ตารางที่ 2 ความรู้ด้านการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ของกลุ่มตัวอย่าง

คำถาม	ใช่		ไม่ใช่	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. ขยะที่เกิดจากการล้างไต ได้แก่ ถังน้ำยา ล้างไต สายยาง ข้อต่อ สำลี ผ้าก๊อซ และพลาสติกเตอร์	75	100.0	0	0.0
2. น้ำยาที่ปล่อยออกจากช่องท้องควรทิ้งในโถส้วมเท่านั้น	70	93.3	5	6.7
3. สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติกเตอร์ที่แกะจากแพลงหน้าท้องเป็น ขยะติดเชื้อ	73	97.3	2	2.7
4. ถังน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อต่างๆ เป็นขยะไม่ติดเชื้อ	66	88.0	9	12.0
5. ขยะติดเชื้อกำจัดโดยการฝังกลบ	35	46.7	40	53.3
6. ขยะไม่ติดเชื้อกำจัดโดยการทิ้งในถังขยะที่เทศบาลจัดให้	73	97.3	2	2.7
7. น้ำยาซักผ้าขาวสามารถกำจัดเชื้อโรคได้	52	69.3	23	30.7
8. ผู้ป่วยโรคติดต่อร้ายแรงต้องส่งขยะติดเชื้อไปกำจัดที่ สถานพยาบาลใกล้บ้าน	67	89.3	8	10.7
9. ขยะติดเชื้อสามารถทิ้งใส่ถุงสีอะไรก็ได้	48	64.0	27	36.0
10. การจัดการขยะจากการล้างไตไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ	75	100.0	0	0.0

ผลการประเมินระดับความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) ของกลุ่มตัวอย่าง 75 คน ในเขตอำเภอเมือง และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในระดับปานกลาง คิดเป็น ร้อยละ 66.7 รองลงมาร้อยละ 21.3 มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตอยู่ในระดับสูง และอีกร้อยละ 12.0 มีความรู้ในระดับต่ำ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของระดับความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

ระดับความรู้	กลุ่มตัวอย่าง (คน)	ร้อยละ	กลุ่มผู้ป่วย		กลุ่มผู้ดูแล	
			จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ความรู้ระดับต่ำ (5 – 6.6 คะแนน)	9	12.0	9	19.6	0	0.0
ความรู้ระดับปานกลาง (6.7 – 8.3 คะแนน)	50	66.7	27	58.7	23	79.3
ความรู้ระดับสูง (8.4 – 10 คะแนน)	16	21.3	10	21.7	6	20.7
รวม	75	100.0	46	100.0	29	100.0



เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่ทำการล้างไตผ่านช่องท้องด้วยตนเองกับกลุ่มผู้ดูแลผู้ป่วย พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้ในระดับปานกลางมากที่สุด จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ป่วยส่วนใหญ่มีระดับความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 58.7 รองลงมาคือระดับสูง ร้อยละ 21.7 และมีความรู้ในระดับต่ำ ร้อยละ 19.6 ส่วนในกลุ่มผู้ดูแลผู้ป่วยมีระดับความรู้ในระดับปานกลาง ร้อยละ 79.3 มีความรู้ในระดับสูง ร้อยละ 20.7

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยและผู้ดูแล ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ผู้ป่วยและผู้ดูแล มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความรู้การจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่เปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตด้วยตนเองและกลุ่มผู้ดูแลผู้ป่วยที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน	Mean	df	t	sig.
ผู้ป่วย	46	1.1935	73	1.475	0.670
ผู้ดูแล	29	1.1517			

ตอนที่ 3 พฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

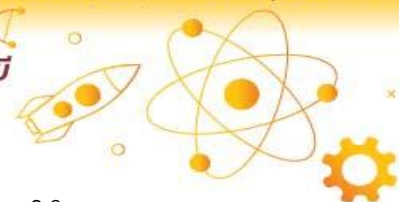
ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ได้รับคำแนะนำในการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตจากบุคลากรทางการแพทย์ คิดเป็นร้อยละ 97.3 และ ร้อยละ 2.7 ไม่ได้รับคำแนะนำในการจัดการ พฤติกรรมในการจัดการขยะติดเชื้อประเภท สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติก ในคำถามข้อที่ 2 และข้อที่ 3 กลุ่มตัวอย่างใช้ถุงขยะสีดาบรรจุขยะติดเชื้อ ร้อยละ 68.0 ขณะที่ใช้ถุงขยะติดเชื้อสีแดงเพียง ร้อยละ 9.3 ที่เหลือใช้ถุงพลาสติกทั่วไปหรือภาชนะอื่นรองรับ พฤติกรรมการกำจัดและทำลายขยะติดเชื้อ พบว่า ทั้งขยะในถังขยะของเทศบาล ร้อยละ 36.0 รองลงมาคือการเผา ร้อยละ 26.7 ในคำถามข้อที่ 4 และข้อที่ 5 พบว่ากลุ่มตัวอย่างทำการเทน้ำยาล้างไตลงโถส้วม ร้อยละ 96.8 ของการเททิ้งภายในบ้าน และพบเพียงเล็กน้อยที่เทลงพื้นห้องน้ำโดยตรง ส่วนในกลุ่มตัวอย่างที่เทน้ำยาล้างไตนอกบ้าน ร้อยละ 16.0 พบว่าเททิ้งลงพื้นดินนอกบ้าน (เทลงทุ่งนา, รดน้ำต้นไม้) ร้อยละ 91.7 การปฏิบัติตนขณะเทน้ำยาทิ้ง (ข้อที่ 5) พบว่า กลุ่มตัวอย่างโดยส่วนใหญ่ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง และพบว่า ร้อยละ 54.7 มีวิธีการปฏิบัติ คือใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง, ทำสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา (ข้อที่ 5.4) รองลงมาคือ ร้อยละ 10.7 จะสวมถุงมือขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยา, ทำสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา (ข้อที่ 5.6) พฤติกรรมการจัดการขยะจากการล้างไต ในคำถามข้อที่ 6 และข้อที่ 7 พบว่า ถุงน้ำยาล้างไตทั้งถุงบนและถุงล่าง ร้อยละ 54.7 กลุ่มตัวอย่างมีการล้างทำความสะอาด โดยมีรูปแบบการล้างทำความสะอาด 2 รูปแบบ คือ ล้างด้วยน้ำเปล่า (ร้อยละ 97.6) และล้างด้วยน้ำยาซักผ้าขาว (ร้อยละ 2.4) ขณะที่ร้อยละ 45.3 ไม่มีการล้างทำความสะอาดถุงน้ำยาล้างไตภายหลังเทน้ำยา กระบวนการภายหลังทำความสะอาดถุงน้ำยาล้างไต กลุ่มตัวอย่างได้ทำการตาก ผึ่ง เก็บรวบรวม แสดงดังข้อที่ 7 พบว่า รูปแบบการตากแดดให้แห้งพบมากที่สุด



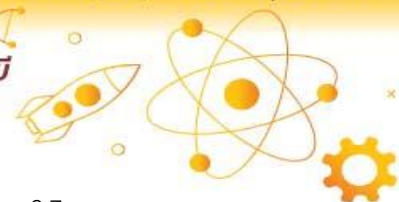
ร้อยละ 32.0 รองลงมาคือ รูปแบบตากแดดให้แห้ง + ผึ่งลมให้แห้ง ร้อยละ 28.0 พฤติกรรมการแยกขยะที่เกิดขึ้นจากการล้างไตพบว่า ร้อยละ 54.6 ทำการแยกเป็น 1. ถู 2. สายยาง 3. ผ้าก๊อซ และสำลี และ ร้อยละ 42.7 แยกเป็น 1. ถูและสายยาง 2. ผ้าก๊อซ และสำลี ทั้งนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องเองหรือผู้ดูแล มีพฤติกรรมเหมาะสมในการแยกขยะด้านพฤติกรรมการจัดเก็บและรวบรวม ถูน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อพลาสติก ก่อนนำไปกำจัดใน ข้อที่ 9 และข้อที่ 10 พบว่า เก็บรวมในภาชนะ เช่น ถัง ถังพลาสติกทั่วไป โอ่ง ฯลฯ ร้อยละ 33.3 รองลงมา เก็บกองกลางแจ้ง ร้อยละ 26.7 ประเด็นพฤติกรรมด้านการรวบรวมถูน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อพลาสติก ก่อนกำจัดพบว่ามีกรรวบรวมใส่ถุงดำมากที่สุดถึง ร้อยละ 68.0 นอกจากนี้พบว่ารวบรวมใส่กระสอบ และไม่รวบรวมใส่ภาชนะโดยทำการแขวนไว้กลางแจ้ง ร้อยละ 9.3 เท่ากัน พฤติกรรมด้านการกำจัดถูน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อพลาสติก ในข้อ 11 และ ข้อที่ 12 พบว่า วิธีการกำจัดที่พบมากที่สุดคือ การขายต่อ พบร้อยละ 89.3 รองลงมา ยังไม่มีผู้รับซื้อ ร้อยละ 5.3 การขนส่งเพื่อนำไปกำจัด พบว่า มีรถมารับซื้อ ร้อยละ 97.3 ส่วนร้อยละ 2.7 พบว่าเป็นการเดินทางนำไปกำจัดเอง เช่น ในกรณีฝากทิ้งกับโรงพยาบาลหรือนำไปขายเองเนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งรับซื้อ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พฤติกรรมการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ของกลุ่มตัวอย่าง

คำถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ท่านได้รับคำแนะนำในการจัดการขยะจากการล้างไต		
1.1 ใช่	73	97.3
1.2 ไม่ใช่	2	2.7
2. สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติกที่ใช้แล้ว ท่านทิ้งในถุงแบบใด		
2.1 ถุงขยะติดเชื้อสีแดง	7	9.3
2.2 ถุงขยะสีดำ	51	68.0
2.3 อื่นๆ	17	22.7
3. สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติกที่ใช้แล้ว ทำลายโดย		
3.1 ฝังกลบ	8	10.7
3.2 เผา	20	26.7
3.3 ทิ้งในถังขยะของเทศบาล	27	36.0
3.4 ทิ้งในถังขยะของสถานพยาบาลใกล้บ้าน	13	17.3
3.5 ทิ้งในพื้นที่เทศบาลจัดไว้ให้	7	9.3
4. น้ยาล้างไตหลังจากล้างไตเสร็จแล้ว ท่านทำอย่างไรกับน้ยาล้างไตในถุง		
4.1 ไม่เทน้ยาล้างทิ้ง	0	0.0
4.2 เทน้ยาล้างทิ้งในบ้าน	63	84.0
4.2.1 โถส้วม	61	96.8
4.2.2 พื้นห้องน้ำ	2	3.2
4.3 เทน้ยาล้างทิ้งนอกบ้าน	12	16.0

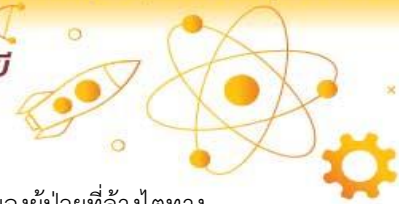


4.3.1 ท่อระบายน้ำ	1	8.3
4.3.2 พื้นดินนอกบ้าน	11	91.7
5. ขณะที่ท่านเทน้ำยาทิ้ง ท่านปฏิบัติอย่างไร		
5.1 ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง	5	6.7
5.2 ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	12	16.0
5.3 ทำความสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา	3	4.0
5.4 ทำความสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา, ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	41	54.7
5.5 ทำความสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	2	2.7
5.6 ทำความสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา, ใส่ถุงมือขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	8	10.7
5.7 ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	1	1.3
5.8 ใส่ถุงมือขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง	3	4.0
6. หลังจากเทน้ำยาล้างไตแล้ว ท่านปฏิบัติอย่างไรกับถุงน้ำยาล้างไต		
6.1 ไม่ล้างทำความสะอาด	34	45.3
6.2 ล้างทำความสะอาด	41	54.7
6.2.1 ล้างด้วยน้ำเปล่าอย่างเดียว	40	97.6
6.2.2 ล้างด้วยน้ำยาซักผ้าขาว (ไฮเตอร์)	1	2.4
6.2.3 ล้างด้วยผงซักฟอก	0	0.0
7. ภายหลังจากท่านทำความสะอาดถุงน้ำยาล้างไตแล้ว ท่านทำอะไร		
7.1 ตากแดดให้แห้ง	24	32.0
7.2 ผึ่งลมให้แห้ง	10	13.3
7.3 เก็บรวมกันโดยไม่ทำให้แห้งก่อน	14	18.7
7.4 ตากแดดให้แห้ง + ผึ่งลมให้แห้ง	21	28.0
7.5 ตากแดดให้แห้ง + เก็บรวมกันโดยไม่ทำให้แห้งก่อน	4	5.3
7.6 ตากแดดให้แห้ง + ผึ่งลมให้แห้ง + เก็บรวมกันโดยไม่ทำให้แห้งก่อน	2	2.7
8. ท่านแยกประเภทของขยะจากการล้างไตหรือไม่		
8.1 ไม่แยก จัดการรวมกันทั้งหมด	2	2.7
8.2 แยก โดยแยกเป็น 1. ถุง/ 2. สายยาง/ 3. ผ้าก๊อช และสำลี	41	54.6
8.3 แยก โดยแยกเป็น 1. ถุงและสายยาง/ 2. ผ้าก๊อช และสำลี	32	42.7
9. ท่านจัดเก็บถุงน้ำยาล้างไตก่อนกำจัดหรือขายอย่างไร		
9.1 เก็บกองกลางแจ้ง	20	26.7
9.2 เก็บกองในที่ร่ม	13	17.3
9.3 เก็บรวมกันในภาชนะอื่นๆ เช่น กล่อง ถุงพลาสติก โอ่ง ฯลฯ	25	33.3



9.4 เก็บในถุงดำ	2	2.7
9.5 เก็บในกระสอบ	7	9.3
9.6 แขนตากไว้จนกว่าจะมีคนมาซื้อ	8	10.7
10. ถุงน้ำยาล้างไตทั้งถุงบนและถุงล่าง สายยาง ข้อต่อพลาสติก เมื่อใช้แล้ว ท่านรวบรวมใส่ภาชนะแบบใดก่อนกำจัด		
10.1 ถุงขยะติดเชือกสีแดง	3	4.0
10.2 ถุงขยะสีดำ	51	68.0
10.3 ถุงพลาสติก	6	8.0
10.4 กระสอบ	7	9.3
10.5 โอง กลอง ลัง	1	1.3
10.6 แขนไว้กลางแจ้ง	7	9.3
11. ถุงน้ำยาล้างไตทั้งถุงบนและถุงล่าง สายยาง ข้อต่อพลาสติก เมื่อใช้แล้ว ท่าน กำจัดอย่างไร		
11.1 กำจัดด้วยตัวเอง	3	4.0
11.1.1 เก็บไว้ให้คนส่งน้ำยามารับเอาไปกำจัดให้	1	33.3
11.1.2 เมา	2	66.7
11.2 กำจัดโดยหน่วยงาน	1	1.3
11.2.1 ฝากทิ้งกับ โรงพยาบาล	1	100.0
11.3 ขายเป็น	67	89.3
11.3.1 ขายต่อให้ผู้รับซื้อของเก่าทั่วไป	10	14.9
11.3.2 ขายต่อให้ผู้รับซื้อถุงน้ำยาโดยเฉพาะ	44	65.7
11.3.3 ขายต่อให้พนักงานที่มาส่งน้ำยาล้างไต	13	19.4
11.4 ยังไม่มีใครมารับซื้อ	4	5.3
12. ท่านขนขยะถุงน้ำยาล้างไตไปกำจัด/ขายอย่างไร		
12.1 เดินทางไปเอง	2	2.7
12.2 มีรถมารับ	73	97.3

พฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 75 คน พบรูปแบบการจัดการถุงน้ำยาล้างไต ภายหลังการให้น้ำยา 3 แบบ คือ 1) ไม่ล้างถุงน้ำยา 2) ล้างด้วยน้ำเปล่า 3) ล้างด้วยน้ำยาซักผ้าขาว (ไฮเตอร์) และพบรูปแบบการจัดการชุดถุงน้ำยาล้างไตต่อจากกระบวนการข้างต้น 3 รูปแบบหลัก คือ 1) เก็บรวบรวมทันที 2) ผึ่งลมให้แห้ง 3) ตากแดดให้แห้ง ทั้งนี้การวัดระดับพฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) วออยู่ในเกณฑ์ใดหรือในระดับใดจึงต้องกำหนดคะแนนความเสี่ยงจากกิจกรรมการจัดการทั้ง 2 กระบวนการข้างต้น ดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 ค่าคะแนนที่กำหนดต่อรูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) เพื่อใช้ในการประเมินระดับการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต

ค่าคะแนน	รูปแบบการล้าง	รูปแบบการจัดการ ถุงน้ำยาล้างไต
1	ไม่ล้าง	เก็บรวม
2	ล้างน้ำเปล่า	ฝังหลุม และ เก็บรวม
3	ล้างน้ำยาซักผ้าขาว	ฝังหลุม
4	-	ตากแดด และ เก็บรวม
5	-	ตากแดด และ ฝังหลุม
6	-	ตากแดด

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยด้านพฤติกรรมจัดการและระดับเกณฑ์การประเมิน โดยแบ่งเป็นการประเมิน 5 ระดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ช่วงคะแนนที่ใช้ในการพิจารณาระดับพฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต

ช่วงคะแนน	ระดับพฤติกรรม
14.6 – 18.0	ดีมาก
11.1 – 14.5	ดี
7.6 – 11.0	พอใช้
4.1 – 7.5	แย่
1.0 – 4.0	แย่มาก

รูปแบบพฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต 18 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 8 และทำการวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมจัดการตามตารางที่ 7 พบว่า รูปแบบพฤติกรรมที่ล้างด้วยน้ำยาซักผ้าขาว และ ตากแดด และ ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และ ฝังหลุม จัดอยู่ในระดับดีมาก รูปแบบพฤติกรรม ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และ เก็บรวม และล้างน้ำเปล่า และ ตากแดด จัดอยู่ในระดับดี รูปแบบพฤติกรรมล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ฝังหลุม ล้างน้ำเปล่า, ตากแดด และ ฝังหลุม และล้างน้ำเปล่า, ตากแดด และ เก็บรวม จัดอยู่ในระดับพอใช้ รูปแบบพฤติกรรมล้างน้ำเปล่า, ฝังหลุม ไม่ล้าง, ตากแดด ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ฝังหลุม และ เก็บรวม และ ไม่ล้าง, ตากแดด และ ฝังหลุม จัดอยู่ในระดับแย่ รูปแบบพฤติกรรมล้างน้ำยาซักผ้าขาว, เก็บรวมล้างน้ำเปล่า, เก็บรวม ไม่ล้าง, ฝังหลุม ไม่ล้าง, เก็บรวม ล้างน้ำเปล่า, ฝังหลุม และ เก็บรวม ไม่ล้าง, ตากแดด และ เก็บรวม และ ไม่ล้าง, ฝังหลุม และ เก็บรวม จัดอยู่ในระดับแย่มาก



ตารางที่ 8 รูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 18 รูปแบบ และประเมินระดับพฤติกรรมจัดการ ความถี่ และร้อยละที่พบ

รูปแบบพฤติกรรม	คะแนน	ระดับ การจัดการ	จำนวน ที่พบ	ร้อยละ
1. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด	18	ดีมาก	0	0.0
2. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ผึ่งลม	9	พอใช้	1	1.4
3. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, เก็บรวม	3	แย่มาก	0	0.0
4. ล้างน้ำเปล่า, ตากแดด	12	ดี	15	20.5
5. ล้างน้ำเปล่า, ผึ่งลม	6	แย่	8	11.0
6. ล้างน้ำเปล่า, เก็บรวม	2	แย่มาก	1	1.4
7. ไม่ล้าง, ตากแดด	6	แย่	9	12.3
8. ไม่ล้าง, ผึ่งลม	3	แย่มาก	1	1.4
9. ไม่ล้าง, เก็บรวม	1	แย่มาก	13	17.8
10. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และ ผึ่งลม	15	ดีมาก	0	0.0
11. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และ เก็บรวม	12	ดี	0	0.0
12. ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ผึ่งลม และ เก็บรวม	6	แย่	0	0.0
13. ล้างน้ำเปล่า, ตากแดด และ ผึ่งลม	10	พอใช้	13	17.8
14. ล้างน้ำเปล่า, ตากแดด และ เก็บรวม	8	พอใช้	1	1.4
15. ล้างน้ำเปล่า, ผึ่งลม และ เก็บรวม	4	แย่มาก	0	0.0
16. ไม่ล้าง, ตากแดด + ผึ่งลม	5	แย่	8	11.0
17. ไม่ล้าง, ตากแดด + เก็บรวม	4	แย่มาก	3	4.1
18. ไม่ล้าง, ผึ่งลม + เก็บรวม	2	แย่มาก	0	0.0

ผลการศึกษาพบว่า ระดับพฤติกรรมในการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 75 คน พบว่า มีรูปแบบพฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตที่อยู่ในระดับดี และระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 20.5 เท่ากัน ซึ่งมีสัดส่วนรวมของทั้งสองระดับต่ำกว่ารูปแบบพฤติกรรมจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตที่อยู่ในระดับพฤติกรรมแย่ และแย่มาก โดยระดับพฤติกรรมจัดการแย่ และแย่มาก มีสัดส่วนร้อยละรวมกันเท่ากับ 58.9 ซึ่งระดับพฤติกรรมดังกล่าวควรมีการให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงให้จัดการได้ดียิ่งขึ้น ขณะที่รูปแบบพฤติกรรมในระดับดีมาก (ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และหรือ ผึ่งลม) ไม่ปรากฏในผลการศึกษา ดังตารางที่ 9



ตารางที่ 9 ภาพรวมของระดับพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างในการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD)

ระดับพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	0	0.0
ดี	15	20.5
พอใช้	15	20.5
แย่	25	34.2
แย่มาก	18	24.7

สรุปผลการวิจัย

1) ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 75 คน มีทั้งผู้ป่วยให้ข้อมูลด้วยตนเอง 46 คน และผู้ดูแลเป็นผู้ให้ข้อมูลแทน 29 คน ทั้งนี้ผู้ป่วยที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ร้อยละ 56.0 และ ผู้ป่วยที่รักษาโดยวิธี CAPD มีอายุตั้งแต่ต่ำกว่า 20 ปีจนถึงมากกว่า 61 ปี ทั้งนี้ผู้ป่วยช่วงอายุ 61 ปีขึ้นไปเป็นกลุ่มหลักที่พบมากที่สุด คือร้อยละ 45.3 รองลงมา 51 – 60 ปี มีระยะเวลาในการรักษา 1 - 5 ปี ร้อยละ 78.7 และน้อยกว่า 1 ปี ร้อยละ 13.3 โดยส่วนใหญ่พบว่าผู้ป่วยเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตด้วยตนเอง ร้อยละ 68.0 ส่วนร้อยละ 32.0 เปลี่ยนโดยผู้ดูแล ผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างมีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษามากที่สุดถึงร้อยละ 86.7 และส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ร้อยละ 49.3 อีกทั้งพบว่าไม่ได้ประกอบอาชีพมีอัตราสูงเช่นกัน คือร้อยละ 40.0 และรายได้ของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยมีรายได้ต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน สูงถึงร้อยละ 93.3

2) ผลการศึกษาระดับความรู้ เกี่ยวกับการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในระดับปานกลาง และระดับสูง โดยคิดเป็นร้อยละ 66.7 และร้อยละ 21.3 ตามลำดับ และพบว่าร้อยละ 12.0 มีความรู้ความเข้าใจระดับต่ำ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่ทำการล้างไตผ่านช่องท้องด้วยตนเองกับกลุ่มผู้ดูแลผู้ป่วย พบว่าทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด รองลงมาคือความรู้ระดับสูง

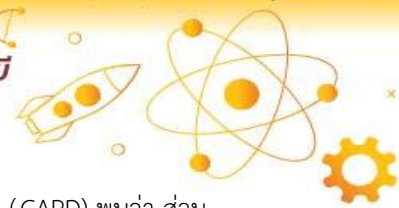
3) พฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) พบว่า ระดับพฤติกรรมในการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตอยู่ในระดับพฤติกรรมจัดการแย่มาก ร้อยละ 34.2 และแย่มาก ร้อยละ 24.7 ซึ่งสูงกว่าระดับดี ร้อยละ 20.5 และพอใช้ ร้อยละ 20.5 รูปแบบพฤติกรรมพบสูงสุดในระดับดี ได้แก่ ล้างน้ำเปล่า และ ตากแดด ร้อยละ 20.5 และรูปแบบพฤติกรรมอยู่ในระดับพอใช้ ได้แก่ ล้างน้ำเปล่า, ตากแดด และ ผึ่งลม ร้อยละ 17.8

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัย เรื่องความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไต กรณีศึกษาเขตอำเภอเมืองอุบลราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงเฉพาะผู้ป่วยที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 75 คน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด เป็นทั้ง



ผู้ป่วยให้ข้อมูล 46 คน และเป็นผู้ดูแลเป็นผู้ให้ข้อมูลแทน 29 คน ซึ่งจำนวนผู้ป่วยที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 75 คน ดังกล่าว เป็นผู้ป่วยที่เข้ามารับการตรวจสุขภาพตามการนัดหมายของแพทย์ หรือรับการรักษา ในขณะที่มีภาวะติดเชื้อ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์รักษาและเป็นผู้อนุญาตยินยอมให้ข้อมูล ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 56.0 และร้อยละ 44.0 ตามลำดับ ช่วงอายุของผู้ป่วยที่รักษาโดยล้างไตทางช่องท้อง มีตั้งแต่ต่ำกว่า 20 ปีจนถึงมากกว่า 61 ปี ทั้งนี้พบผู้ป่วยช่วงอายุ 61 ปีขึ้นไปมากที่สุด ถึงร้อยละ 45.3 รองลงมา 51 – 60 ปี ร้อยละ 30.7 ผลการศึกษาอุบัติการณ์ของโรคดังกล่าว มีความสอดคล้องทางวิชาการกับคู่มือความรู้เรื่องโรคไตสำหรับประชาชน (ธัญญารัตน์, 2557) ซึ่งพบว่าผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคความดันและโรคไต มักพบในคนปกติที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป และพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของไตจะลดลงตามอายุที่มากขึ้นผลการศึกษายังพบว่า ส่วนใหญ่ผู้ป่วยมีระยะเวลาในการรักษา 1 - 5 ปี ร้อยละ 78.7 เป็นผู้ป่วยที่มีการรักษาน้อยกว่า 1 ปี ร้อยละ 13.3 ซึ่งเป็นผู้ป่วยกลุ่มใหม่ และจากข้อมูลไม่พบผู้ป่วยที่ทำการรักษามากกว่า 10 ปี สอดคล้องกับการศึกษาของจตุรงค์ กิจตระกูลรัตน์ (จตุรงค์ และคณะ, 2562) ที่ศึกษาความพึงพอใจการล้างไตทางช่องท้อง และทัศนคติต่อการปลูกถ่ายไตในผู้ป่วยที่เข้าร่วมโครงการ PD First Policy ซึ่งเก็บข้อมูลผู้ป่วยล้างไตทางช่องท้องแบบต่อเนื่อง 114 คน ในจังหวัดจันทบุรี ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับการล้างไตคือ 3.42 ปี โดยคิดเป็นร้อยละ 79.8 และอายุเฉลี่ยของผู้ป่วยที่เข้าร่วมศึกษาเป็นกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 54.21 ปี จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยสามารถทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาด้วยตนเอง ร้อยละ 68.0 ส่วนร้อยละ 32.0 เปลี่ยนถ่ายน้ำยาโดยผู้ดูแล ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ในเรื่องของสุขภาพ อายุ และโรคแทรกซ้อนของผู้ป่วยเช่น ภาวะความจำ การมองเห็น การรับรู้และเข้าใจของตัวผู้ป่วย ภาวะความไม่รู้หนังสือ ฯลฯ ล้วนเป็นปัจจัยส่งผลให้การทำ CAPD อาจต้องอาศัยผู้ดูแลร่วมด้วย ขณะที่ผู้ป่วยที่ทำ CAPD เองโดยส่วนใหญ่ จะเป็นประเด็นการมั่นใจความปลอดภัยและลดภาวะการติดเชื้อตลอดทั้งมีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการทำ CAPD และมีความพร้อมด้านสุขภาพที่เป็นปัจจัย เมื่อพิจารณาระดับการศึกษาพบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่มีความรู้ในระดับประถมศึกษามากที่สุด ร้อยละ 86.7 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาตอนต้น/ปวช. ร้อยละ 8.0 และประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ถึงร้อยละ 49.3 เช่นกันกับผู้ป่วยที่ไม่ได้ประกอบอาชีพมีสูงถึง ร้อยละ 40.0 ส่งผลต่อรายได้ ที่พบว่าอยู่ในช่วงต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน สูงถึงร้อยละ 93.3 และพบเพียงร้อยละ 6.6 เท่านั้นที่มีรายได้ 10,000 – 20,000 บาทต่อเดือน จากข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว แสดงให้เห็นได้ในเบื้องต้นถึง ปัจจัยที่อาจนำไปสู่ความรู้ ความเข้าใจ และพฤติกรรมการจัดการขยะถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยเองได้ ใน 3 ปัจจัยหลักๆ ได้แก่ ระดับการศึกษา ซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อการรับรู้และการนำไปปฏิบัติตัวของผู้ป่วยอย่างถูกต้องทั้งการทำ CAPD และการจัดการของเสียให้ถูกวิธีและเหมาะสม ด้านอาชีพซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กับรายได้ของผู้ป่วย ทั้งนี้ พบว่าอาชีพโดยส่วนใหญ่ของผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาผ่าน รพ.รัฐ เป็น ประชาชนผู้มีรายได้น้อย และประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม ในบางคนไม่ได้ประกอบอาชีพ เนื่องจาก ผู้ป่วยที่ทำการรักษาด้วยการทำ CAPD ส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีช่วงของการเปลี่ยนถ่ายน้ำยาล้างไตในรอบ 1 วัน 3-4 รอบต่อวัน ส่งผลต่อการหยุดชะงักของกิจกรรมหรือการทำงาน หลายประเภท และไม่สามารถได้รับความสะดวกหากต้องเดินทางเป็นระยะเวลานานหรือไกล ซึ่งผู้ป่วยหรือผู้ดูแลต้องมีวินัยอย่างยิ่งในการทำการล้างไตทางช่องท้อง ซึ่งมีผลต่อการกำจัดหรือตกค้างของของเสียในเลือด อีกทั้งผู้ป่วยไม่สามารถทำงานหนักเกินไปได้ซึ่งจะกระทบต่อช่องที่เจาะและเชื่อมต่อท่อสำหรับถ่ายน้ำยาเข้าบริเวณหน้าท้อง ความจำกัดด้านอาชีพจึงส่งผลให้รายได้ลดลง และรายได้ที่ลดลงมีโอกาสที่จะส่งผลต่อเนื่องถึงพฤติกรรมจัดการขยะถุงน้ำยาล้างไตได้เช่นกัน



ผลการศึกษาด้านความรู้ความเข้าใจการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) พบว่า ส่วนใหญ่มีความรู้เข้าใจว่าขยะที่เกิดจากการล้างไตประกอบไปด้วย ถุงน้ำยาล้างไต สายยาง ข้อต่อ สำลี ผ้าก๊อซ และ พลาสติก คิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าทั้งผู้ป่วยและผู้ดูแลรู้ว่าการล้างไตทางช่องท้องสามารถก่อขยะได้ทั้งจากขั้นตอนการล้างแผล และการเปลี่ยนถ่ายน้ำยา สอดคล้องกับ คู่มือการล้างไตทางช่องท้องสำหรับประชาชน (2556) ที่ได้กล่าวถึงขยะที่เกิดจากการล้างไตประกอบไปด้วย ถุงน้ำยาล้างไต สายยาง ข้อต่อ สำลี ผ้าก๊อซ และ พลาสติก และมีความรู้ความเข้าใจว่าการจัดการขยะจากการล้างไตไม่ถูกต้องจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับ นพ.วรินทร์ เทพ เชื้อสำราญ นายแพทย์เชี่ยวชาญ (ด้านเวชกรรมป้องกัน) ให้สัมภาษณ์ว่าพบการทิ้งขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตในพื้นที่บ้านห้วยคิง อำเภอแม่เมะ จังหวัดลำปาง พบว่าส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชน ด้านความรู้ความเข้าใจในชนิดของขยะติดเชื้อที่เกิดจากล้างไต พบว่ามีความรู้ความเข้าใจสูงถึงร้อยละ 97.3 นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 88.0 มีความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้องว่า ถุงน้ำยาล้างไต สายยาง และข้อต่อต่างๆ เป็นขยะไม่ติดเชื้อ ร้อยละ 93.3 ของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการน้ำยาล้างไตโดยการเททิ้งในโถส้วม ทั้งนี้สอดคล้องกับคำแนะนำในการปฏิบัติตัวของ (กรมอนามัย, 2561) ที่ได้อธิบายถึงขั้นตอนการปฏิบัติตัวและการจัดการขยะและน้ำยาล้างไตที่ผ่านการใช้งานแล้วว่าการกำจัดถุงล้างไตอย่างถูกต้องสามารถทิ้งน้ำยาที่ผ่านการล้างไตทางช่องท้องลงโถส้วมที่มีบ่อกรองระาดน้ำให้สะอาด และหมั่นดูแลความสะอาดห้องน้ำ หลีกเลียงการสัมผัสน้ำยาโดยตรง และควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้งหลังกำจัด ส่วนถุงล้างไตที่กำจัดสารน้ำหมดแล้ว ต้องนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาซักผ้าขาว ตากแดดให้แห้งอย่างน้อย 30 นาที แล้วนำไปทิ้งลงในถังขยะที่มีฝาปิดอย่างมิดชิด ร้อยละ 97.3 ของกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจในการกำจัดขยะไม่ติดเชื้อได้อย่างถูกต้อง โดยมีความรู้ว่าการกำจัดได้โดยทิ้งในถังขยะที่เทศบาลจัดให้ ส่วนการกำจัดขยะติดเชื้อพบว่า สัดส่วนร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความเข้าใจในการกำจัดขยะติดเชื้อพบว่าร้อยละ 53.3 เข้าใจอย่างถูกต้องว่าขยะติดเชื้อไม่สามารถกำจัดโดยการฝังกลบได้ ขณะที่ร้อยละ 46.7 กับมีความเข้าใจว่าสามารถฝังกลบได้ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงหรือภาชนะรองรับขยะติดเชื้อ กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 36.0 มีความรู้ความเข้าใจว่าขยะติดเชื้อไม่สามารถทิ้งใส่ถุงสีใดก็ได้ ขณะที่ส่วนใหญ่ตอบว่าสามารถทิ้งใส่ถุงสีใดก็ได้ ความรู้ในการจัดการขยะติดเชื้อของกลุ่มตัวอย่างเข้าใจว่ากำจัดด้วยวิธีการฝังกลบดังกล่าว ซึ่งเป็นการจัดการที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากขยะติดเชื้อได้แก่ สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติก ซึ่งสอดคล้องกับ งานป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลสตึก (งานป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลสตึก, 2560) กำหนดให้ขยะประเภท สำลี ผ้าก๊อซ ถุงมือประเภทใช้ครั้งเดียว อุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยล้างไต จัดเป็นขยะติดเชื้อในกลุ่มขยะติดเชื้อ ต้องดำเนินการกำจัดโดยทำการรวบรวม โดยทิ้งในภาชนะที่รองรับที่มาจากวัสดุแข็งที่ปิดมิดชิดชนิดใช้เท้าเหยียบสำหรับเปิดปิด โดยมีถุงรองรับเป็นถุงพลาสติกสีแดง และทำการส่งกำจัดโดยบริษัทเอกชน การเคลื่อนย้ายขยะติดเชื้อจะมีการขนขยะระหว่างตึกอาคารขนตามเวลาที่กำหนดและเส้นทางที่แน่นอน ดำเนินการด้วยความระมัดระวัง ห้ามโยน หรือลากถุงขยะ ไม่แฉะหรือพักที่ใดระหว่างเดินทางไปสถานที่เก็บกัก เมื่อมีขยะหล่นเจ้าหน้าที่จะต้องหยิบหรือใช้เครื่องมือเล็กกริบขยะใส่ถุงขยะติดเชื้ออีกใบ กรณีใช้มือเจ้าหน้าที่ต้องสวมถุงมือยางหนาซับพื้นด้วยกระดาษและทิ้งลงถุงขยะติดเชื้อแล้วจึงลาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนเมื่อเสร็จภารกิจให้ล้างรถขนขยะให้สะอาดและทำการฝังให้แห้งก่อนทุกครั้ง เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค และผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากประเด็นความรู้ข้อนี้ กลุ่มตัวอย่างควรได้รับการสร้างความรู้ความเข้าใจ และจัดการขยะติดเชื้อใหม่โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น อปท. รพ.สต. รพ. หน่วยงานสาธารณสุข หรือสถานศึกษา เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ คู่มือการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานมูลฝอยติดเชื้อ ที่ได้กล่าวว่า ต้องทิ้งขยะติดเชื้อลงสู่สีแดง ทึบแสง ทนทานต่อสารเคมีและการรับน้ำหนัก ไม่ฉีกขาดง่าย กันน้ำได้ไม่รั่วซึม ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมอุปกรณ์ป้องกัน อันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ ถุงมือยางหนา ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปากและจมูก และรองเท้า พื้นยางหุ้มแข้ง ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน ต้องกระทำทุกวันตามตารางเวลาที่กำหนดต้องเคลื่อนย้ายโดยใช้รถเข็นสำหรับเคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อต้องมีเส้นทางเคลื่อนย้ายที่แน่นอนและในระหว่างการเคลื่อนย้ายไปที่

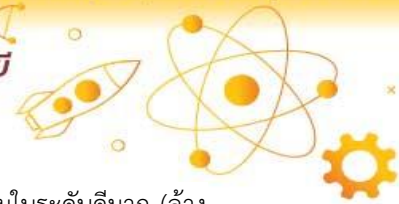


พักรวมมูลฝอยติดเชื้อห้ามแฉะหรือหยุดพัก ณ ที่ใดต้องกระทำโดยระมัดระวัง ห้ามโยน หรือลากภาชนะสำหรับบรรจุมูลฝอยติดเชื้อ กรณีที่มีมูลฝอยติดเชื้อตกหล่นหรือภาชนะบรรจุระหว่างทางห้ามหยิบด้วยมือเปล่าต้องใช้คีมหรือหยิบด้วยถุงมือยางหนาหากเป็นของเหลวใช้ซับด้วยกระดาษโดยหมุนเป็นวงกลมจากด้านนอกสู่ด้านใน หรือกระดานั้นในภาชนะบรรจุมูลฝอยติดเชื้อใบใหม่ และทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่บริเวณพื้นนั้นก่อนเช็ดถูตามปกติ ในประเด็นขยะติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคติดต่อร้ายแรง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 89.3 มีความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้องว่าควรนำไปกำจัดที่สถานพยาบาลใกล้บ้าน ประเด็นการใช้น้ำยาซักผ้าขาวกำจัดเชื้อโรคพบว่า ร้อยละ 69.3 มีความรู้ที่ใช้น้ำยาซักผ้าขาวสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ สอดคล้องกับหน่วยงานด้านสาธารณสุขได้รณรงค์ให้ประชาชนนำน้ำยาซักผ้าขาวที่ใช้กันอยู่ในทุกครัวเรือน มาใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคบริเวณจุดสัมผัสหรือพื้นผิวต่างๆ เพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรค เพราะส่วนผสมในน้ำยาซักผ้าขาว คือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ สามารถฆ่าได้ทั้งเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ซึ่งสอดคล้องกับ องค์การอนามัยโลกให้คำแนะนำว่า สาร 3 ชนิดที่ทำลายเชื้อแบคทีเรียและไวรัสได้ภายในระยะเวลา 1 นาที ได้แก่ สารประกอบโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 0.1% (เช่น น้ำยาฟอกขาวความเข้มข้น 1000 ppm) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5% (5000 ppm) เมื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ความเข้าใจในการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่และผู้ดูแล พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับความรู้ความเข้าใจไม่ต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจระดับปานกลาง โดยคิดเป็นร้อยละ 66.7 รู้และเข้าใจในระดับสูง ร้อยละ 21.3 ซึ่งมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และผลการศึกษาพบว่า ระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มผู้ป่วย และกลุ่มผู้ดูแลผู้ป่วย) ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่า ระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง (ระดับประถมศึกษา มากที่สุด ร้อยละ 86.7) มีผลต่อความรู้ความเข้าใจการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่หน่วยงานสาธารณสุขผู้เกี่ยวข้อง หรือ อปท. ควรเข้ามามีส่วนร่วมและมีบทบาทให้การให้ความรู้อย่างต่อเนื่อง และคอยดูแลกลุ่มผู้ป่วยร่วมกันเพื่อลด ภาวะความขัดแย้งในประเด็นการจัดการขยะที่ไม่ถูกต้อง ที่อาจกระทบต่อชุมชนด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาวะได้ ส่วนอาชีพและรายได้ของผู้ป่วย ส่งผลโดยตรงต่อความพร้อมในการจัดการขยะอย่างถูกวิธี เช่น การจัดการขยะติดเชื้อ การจัดซื้อถุงบรรจุขยะติดเชื้อ การจัดซื้อน้ำยาฆ่าเชื้อซึ่งมีราคาสูงในปัจจุบัน นับว่าเป็นรายจ่ายที่สูงสำหรับผู้มีรายได้น้อย แม้ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลมีความรู้ แต่หากขาดปัจจัยด้านการเงินย่อมส่งผลต่อการจัดการขาดประสิทธิภาพได้ ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ซึ่งส่วนใหญ่ห่างไกลแหล่งศึกษาค้นคว้า มีการะงานมากจึงมีความต้องการให้มีการจัดการความรู้เกี่ยวกับมูลฝอยติดเชื้อที่ถูกวิธี ปฏิบัติได้ง่าย ไม่ส่งผลกระทบ และสามารถสร้างอาชีพ หรือรายได้ให้ครัวเรือนได้

ด้านพฤติกรรมจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับคำแนะนำในการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตจากบุคลากรทางการแพทย์ คิดเป็นร้อยละ 97.3 พบเพียงส่วนน้อย ร้อยละ 2.7 ไม่ได้รับคำแนะนำในการจัดการขยะโดยตรง ซึ่งคำแนะนำดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของการรักษา คือผู้ป่วยทุกรายที่เข้ารับการรักษาดูแลด้วยวิธีการล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง (CAPD) จะต้องได้รับคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์ สอดคล้องกับคู่มือการล้างไตทางช่องท้องสำหรับประชาชน (2553) ซึ่งบุคลากรทางการแพทย์โดยสำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กล่าวถึงการให้คำแนะนำก่อนผู้ป่วยกลับไปล้างไตทางช่องท้องด้วยตนเองจะต้องมีความรู้ในด้านการทำแผล และการเปลี่ยนน้ำยาเอง สำหรับพฤติกรรมในการจัดการขยะติดเชื้อประเภท สำลี ผ้าก๊อซและพลาสติก กลุ่มตัวอย่างใช้ถุงขยะสีดำบรรจุขยะติดเชื้อถึงร้อยละ 68.0 ขณะที่ใช้ถุงขยะติดเชื้อสีแดงเพียงร้อยละ 9.3 ที่เหลือใช้ถุงพลาสติกทั่วไปหรือภาชนะอื่นรองรับ พฤติกรรมดังกล่าวชี้ให้เห็นชัดเจนว่าแม้กลุ่มจะมีความรู้ แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความพร้อมในการจัดการ เช่น รายได้ ความสะดวกในการจัดซื้อขยะทางการแพทย์ หรือปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อพฤติกรรมดังกล่าว สำหรับพฤติกรรมการจัดและทำลายขยะติดเชื้อข้างต้นพบว่า ใช้วิธีการทิ้งขยะในถังขยะของเทศบาลร้อยละ 36.0 รองลงมาคือการเผาร้อยละ 26.7 บางส่วนทิ้งในถังขยะของสถานพยาบาลใกล้บ้านร้อยละ 17.3 ในส่วนวิธีการอื่นๆทั้งโดยการฝังกลบและทิ้งในพื้นที่เทศบาลจัดไว้ให้ จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมจัดการขยะติดเชื้อโดยการทิ้งและกำจัดผิดวิธีเช่น ทั้งรวมกับขยะเทศบาล, ฝังกลบ และอื่นๆ รวมร้อยละ 73.3 ย่อมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้าน



สุขภาพและสิ่งแวดล้อมโดยตรง ทั้งนี้พบว่าข้อมูลพฤติกรรมการปฏิบัติจริงขัดแย้งกับความรู้ความเข้าใจเป็นไปได้อาณาเขตปฏิบัติกับการจัดการขยะติดเชื้อของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมอาจเนื่องจากปัจจัย 1. ความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นในการจัดการขยะติดเชื้อ 2. อายุ ส่งผลต่อการรับรู้ 3. รายได้ 4. ระดับการศึกษา และปัจจัยส่งเสริมอื่นๆ เช่น ภาวะการณ์ขาดผู้ดูแล เป็นต้น ส่วนบางพื้นที่บ้านเรือนของผู้ป่วยอยู่ห่างไกลเขตชุมชน มักจะจัดการขยะติดเชื้อในพื้นที่นา พื้นที่โล่งแจ้งของตน เพื่อลดปริมาณการสะสมของขยะติดเชื้อนับเป็นการง่ายต่อการจัดการในขั้นต้น และพบถึงร้อยละ 26.7 ของการศึกษา ทั้งนี้การจัดการขยะติดเชื้อควรดำเนินการตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ (2545) การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในสถานบริการสาธารณสุข มีแนวทางดังนี้ 1. ทางเลือกที่ 1 โรงพยาบาลดำเนินการระบบการจัดการและการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อเองโดยใช้เครื่องมือเตาเผา โรงพยาบาลที่มีอยู่เดิมและ/หรือพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการอื่นที่เหมาะสม 2. ทางเลือกที่ 2 โรงพยาบาลดำเนินการระบบการจัดการและการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในลักษณะเป็นศูนย์กำจัดมูลฝอยติดเชื้อเพื่อรับมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลใกล้เคียงมาร่วมกำจัด โดยใช้เครื่องมือเตาเผาโรงพยาบาลที่มีอยู่เดิมและ/หรือพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการอื่นที่เหมาะสม 3. ทางเลือกที่ 3 อปท. ดำเนินการระบบการจัดการและการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อใน ลักษณะเป็นศูนย์กำจัดมูลฝอยติดเชื้อ เพื่อรับมูลฝอยติดเชื้อจากโรงพยาบาลในพื้นที่ที่รับผิดชอบและ พื้นที่ใกล้เคียงมาร่วมกำจัดโดยใช้เครื่องมือเตาเผาของที่มีอยู่เดิมและ/หรือพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการอื่นที่เหมาะสม พฤติกรรมการจัดการน้ำยาล้างไตเมื่อแล้วเสร็จ ในคำถามข้อที่ 4 และข้อที่ 5 พบว่ากลุ่มตัวอย่างทำการเทน้ำยาล้างไตลงโถส้วมร้อยละ 96.8 ของการเททิ้งภายในบ้านสอดคล้องกับ (กรมอนามัย, 2561) น้ำยาที่ผ่านการล้างไตผ่านทางช่องท้องสามารถทิ้งลงโถส้วมที่มีบ่อเกรอะ และราดน้ำให้สะอาดทุกครั้ง และพบเพียงเล็กน้อยที่เทลงพื้นห้องน้ำโดยตรง ส่วนในกลุ่มตัวอย่างที่เทน้ำยาทิ้งนอกบ้าน ร้อยละ 16 พบว่าเททิ้งลงพื้นดินนอกบ้าน (เทลงทุ่งนา, รดน้ำต้นไม้) ร้อยละ 91.7 การปฏิบัติตนเองเทน้ำยาทิ้ง (ข้อที่ 5) พบว่ากลุ่มตัวอย่างโดยส่วนใหญ่ ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง ขัดกับข้อปฏิบัติของ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2561) ควรสวมถุงมือแบบหนาขณะเทน้ำยาทิ้งไปตัดทิ้งโถส้วม แล้วใช้น้ำยาล้างห้องน้ำทำความสะอาดโถส้วมทุกครั้งหลังเทน้ำยาทิ้ง และพบว่าร้อยละ 54.7 มีวิธีการปฏิบัติ คือ ใช้มือเปล่าขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง, ทำสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา ขณะที่ร้อยละ 10.7 จะสวมถุงมือขณะเทน้ำยาทิ้ง, ล้างมือด้วยสบู่หลังจากเทน้ำยาทิ้ง, ทำสะอาดบริเวณที่ทิ้งน้ำยา ด้านพฤติกรรมการจัดการขยะจากการล้างไตทั้งถุงบนและถุงล่าง พบว่า ถุงน้ำยาล้างไตทั้งถุงบนและถุงล่าง ร้อยละ 54.7 กลุ่มตัวอย่างมีการล้างทำความสะอาด โดยมีรูปแบบการล้างทำความสะอาด 2 รูปแบบ คือ ล้างด้วยน้ำเปล่า (ร้อยละ 97.6) และล้างด้วยน้ำยาซักผ้าขาว (ร้อยละ 2.4) ขณะที่ร้อยละ 45.3 ไม่มีการล้างทำความสะอาดถุงน้ำยาล้างไตภายหลังเทน้ำยาทิ้งเลย ผลการศึกษาระดับพฤติกรรมในการจัดการขยะจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง (CAPD) ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีรูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตที่อยู่ในระดับดี และระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 20.5 เท่ากัน โดยส่วนใหญ่เป็นการล้างถุงน้ำยาล้างไตด้วยน้ำเปล่า แล้วทำการตากแดด ผึ่งลม และเก็บรวม ตามด้วยรูปแบบการจัดการโดยไม่ล้าง แต่ทำการตากแดดหรือผึ่งลม หรือเก็บรวมเลย ส่วนการล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ จะพบในสัดส่วนที่น้อยที่สุด แม้จะทำการเปรียบเทียบระดับรูปแบบพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไต จะพบว่าผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีรูปแบบการจัดการถุงน้ำยาล้างไตในระดับพฤติกรรมแย่มาก และแย่มาก รวมร้อยละ 58.9 สูงกว่าระดับดีและพอใช้ ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างควรได้รับการส่งเสริมด้านความรู้ ความเข้าใจ และคำแนะนำในรูปแบบการจัดการที่เหมาะสมต่อสภาพชุมชน และสังคม ตลอดจนทั้งความเป็นอยู่ของผู้ป่วยด้วย เพื่อปรับปรุงให้จัดการได้ดียิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลจัดการขยะถุงน้ำยาล้างไตด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าวิธีการตากแดดให้แห้งส่วนใหญ่ใช้เวลาในการจัดการ 1-2 วัน การผึ่งลมให้แห้งใช้เวลา 30 วัน หรือจนกว่ามีผู้มารับซื้อ ส่วนวิธีการตากให้แห้ง + ผึ่งลมให้แห้ง ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการจัดการ 5-10 วัน จากการวิเคราะห์พฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างในการจัดการถุงน้ำยาล้างไตหลังเทน้ำยา พบว่าพฤติกรรมที่จัดอยู่ในระดับดี มี 2 รูปแบบ คือ ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด + เก็บรวม และล้างน้ำเปล่า + ตากแดด ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วยและผู้ดูแล ตลอดจน



สิ่งแวดล้อม คือ ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด + เก็บรวม และล้างน้ำเปล่า + ตากแดด แม้รูปแบบพฤติกรรมในระดับดีมาก (ล้างน้ำยาซักผ้าขาว, ตากแดด และหรือ ผึ่งลม) จะเป็นวิธีที่เหมาะสมและปลอดภัยของผู้ป่วยและผู้ดูแล ตลอดจนสิ่งแวดล้อม และเป็นวิธีการตามที่กำหนดในคำแนะนำของหน่วยงานสาธารณสุขก็ตาม แต่ไม่ปรากฏในผลการศึกษา เนื่องจากรายได้ต่อเนื่องกับการจัดซื้อน้ำยาซักผ้าขาว กลายเป็นปัจจัยจำกัดของผู้ป่วย อีกทั้งความสะดวกในการเข้าถึงสินค้าและบริการ ฯลฯ ย่อมส่งผลต่อพฤติกรรมการจัดการข้างต้น ซึ่งเป็นไปได้ว่าหากมีการปรับและสร้างรูปแบบการจัดการที่เหมาะสมต่อสภาพชุมชน สังคม ของผู้ป่วย เช่นสะดวก ง่ายไม่ซับซ้อน ต้นทุนต่ำ มีประสิทธิภาพในการจัดการ หรือสามารถสร้างรูปแบบเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การรีไซเคิลได้โดยไม่มีข้อกีดขวาง ตามพฤติกรรมที่จัดอยู่ในระดับดี คือ ล้างน้ำเปล่า + ตากแดด แล้วจึงเก็บรวบรวม ตามระยะเวลาที่เหมาะสมตามการศึกษาข้างต้น เพื่อรอจำหน่าย นอกจากจะเป็นการลดปัญหาการจัดการขยะถุงน้ำยาล้างไตและยังสามารถลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบด้านสุขภาพ และสร้างรายได้เกิดขึ้นได้

ข้อเสนอแนะ

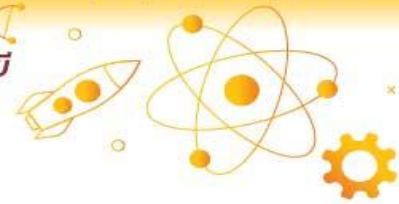
1) ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง และผู้ดูแล ยังขาดความรู้และยังมีพฤติกรรมปฏิบัติที่ไม่เหมาะสมในการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง ด้วยเหตุนี้ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานสาธารณสุขผู้รับผิดชอบ ตลอดจนองค์กรปกครองท้องถิ่นในระดับต่างๆ และเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง ในการนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการในการพัฒนาความรู้และข้อปฏิบัติที่เหมาะสมเกี่ยวกับการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง เพื่อเป็นการพัฒนาและแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องกับพื้นที่โดยการสร้างและบริหารเครือข่ายในการดำเนินงานสร้างสุขภาพและดูแลซึ่งกันและกัน และการรณรงค์ขับเคลื่อนชุมชนและสังคมให้ตื่นตัวและรับผิดชอบต่อตนเอง ชุมชน และสิ่งแวดล้อมของสังคม ควรส่งเสริมสนับสนุนให้องค์กรปกครองท้องถิ่นมีการกำหนดนโยบายสาธารณสุขด้านงบประมาณและจัดสรรให้ตรงตามกำหนดในด้านการจัดการขยะที่เกิดขึ้นจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง และให้ภาคีเครือข่าย ประชาชน อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อหาวิธีแก้ไขต่อไป

2) ข้อเสนอแนะการทบทวนครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมในการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง เช่น ปัจจัยด้านลักษณะทางสังคม เศรษฐกิจ และลักษณะทางประชากรสัมพันธ์ต่อระดับความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมต่อการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้อง

2.2 ควรมีการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในระดับพื้นที่และชุมชน เพื่อให้หน่วยงานสาธารณสุข หน่วยงานของกระทรวงหรือองค์กรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ได้มีโอกาสพูดคุยแลกเปลี่ยน ร่วมกำหนดเป้าหมาย กระบวนการดำเนินงานและงบประมาณเพื่อมุ่งสู่การมีสุขภาพที่ดีของประชาชน ไม่ส่งผลกระทบต่อด้านสิ่งแวดล้อม ผนวกกับให้ความสำคัญของผู้ป่วย ผู้ดูแลและผู้ดูแลได้มีศักยภาพในการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องที่ถูกต้องในพื้นที่อย่างจริงจังโดยให้อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน เป็นแกนนำในการจัดให้ความรู้ เล่าประสบการณ์ต่อการรับมือกับขยะหลังคาเรือน อย่างความภาคภูมิใจ และให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐ เพื่อการจัดการขยะที่เกิดจากการล้างไตของผู้ป่วยที่ล้างไตทางช่องท้องที่ถูกวิธีไม่แพร่กระจายของเชื้อโรค สร้างความตระหนักของหน่วยงาน ภาครัฐ และเข้าถึงประชาชนอย่างแท้จริง



กิตติกรรมประกาศ

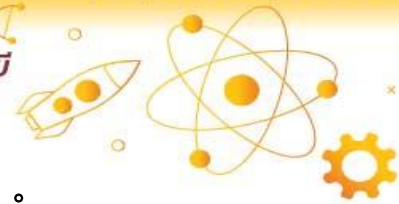
งานวิจัยเรื่องความรู้ และพฤติกรรมการจัดการขยะประเภทถุงน้ำยาล้างไตของผู้ป่วยโรคไต กรณีศึกษาเขตอำเภอเมือง อุดรราชธานี และอำเภวารินชำราบ จังหวัดอุดรราชธานี ได้รับความร่วมมือจากเครือข่ายหน่วยงานราชการ ได้แก่ สำนักงาน สาธารณสุขจังหวัดอุดรราชธานี สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 10 อุดรราชธานี โรงพยาบาลศูนย์ลำไต้ทางช่องท้อง (CAPD) ในจังหวัดอุดรราชธานี โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น พยาบาลวิชาชีพ นางนิตา ทองบ่อ นางจรีพร อำไพพันธ์ นางสาวสุนารี ทาคำห่อ นางสาวสุริยวรรณ บุญประกร นางสาววิมารแมน โอฬาลพันจิตกุล นางสาวสุภาพร สายมงคล นางสาวสิริพร บัวแสน นางสาวสุจิตรา สุขสาย นางวรรณิ์ สุขช่วย นางสาวสุมพร ไทยตรง และนางบุศราณี พวงพกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณผู้ป่วยที่รักษาด้วยการล้างไตทางช่องท้องและครอบครัว ที่ได้กรุณาสละเวลาอนุเคราะห์ข้อมูลและเก็บ ตัวอย่าง ตลอดจนคณะผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่อการวิจัยจนทำให้การดำเนินงานวิจัย ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย. (2561). **แนวทางการกำจัดถุงล้างไตใช้แล้วลดปัญหาขยะติดเชื้อ**. ค้นจาก <https://bit.ly/32RwDpd>.
- งานป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลสัทธิบ. (2560). **การจัดการขยะ** (หน้า 1-12). ชลบุรี: โรงพยาบาลสัทธิบ.
- จตุรงค์ กิจตระกูลรัตน์, ภาวิณี อรรถพรชัย, อรอนงค์ เจียรสุจิตวิมล และกฤษฎณ์ พงศ์พิรุฬห์. (2562). ความพึงพอใจการล้างไตทางช่องท้องและทัศนคติต่อการปลูกถ่ายไตในผู้ป่วยที่เข้าร่วมโครงการ PD First Policy. **วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข**, 13(3), 303.
- ัญญารัตน์ ชีรพรเลิศรัฐ. (บรรณาธิการ). (2557). **ความรู้เรื่องโรคไตสำหรับประชาชน** (พิมพ์ครั้งที่ 2, 40 หน้า). กรุงเทพฯ:เฮลท์เวิร์คจำกัด.
- ภิเชก บัวเพชร, นพรัตน์ หนูราม, วรวิทย์ ทองกลิ่น, ณัฐชนน การิกาญจน์, นำธณ กัมพลานนท์ และนิพนธ์ ผลความดี. (2559). **ที่นอนลมจากถุงไตเทียม**. นครศรีธรรมราช: วิทยาลัยเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมการต่อเรือนครศรีธรรมราช.
- เรืองศิลป์ เกื่อนนาดี. (2560). **ระบบการจัดการถุงน้ำยาล้างไต**. ค้นจาก http://r2rthailand.org/download/r2r10/R2R_นพ.เรืองศิลป์.pdf
- สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 10 อุดรราชธานี. (2561). **จำนวนผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายสะสม**. อุดรราชธานี: สำนักงานฯ.
- สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย. (2558). **คำแนะนำสำหรับการดูแลผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังก่อนการบำบัดทดแทนไต**. ค้นจาก http://doh.hpc.go.th/data/HL/CKD_2015.pdf
- Feriani, M., Catizone, L. and Fracasso, A., (2000). Peritoneal dialysis solutions and systems. **Textbook of Peritoneal dialysis**, (2nd ed.), 253-305.



Panjawara Boonsrangsom. (20 กุมภาพันธ์ 2563). เผยสถิติคนไทยติดเค็ม ป่วยโรคไตเรื้อรังกว่า 8 ล้านคน. เดลินิวส์,
ค้นจาก <https://bit.ly/2x95O55>



การประยุกต์ใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำ

บริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ

Application of Virtual Reality Technology for Recommendation of UCI Media Co., Ltd. In 3D Graphics

สุรพงษ์ วิริยะ^{1*} และ กิตติ์วี พิณญาพงศ์สิน¹

Surapong Wiriya¹ and Kittlavee Pinyapongsin¹

¹สาขาวิชาคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเจ้าพระยา จังหวัดนครสวรรค์

¹Computer Multimedia, Faculty of Science and Technology, Chaopraya University, Nakhonsawan

*Corresponding author E-mail: surapong.w@cpu.ac.th

Received 29 April 2022, Accepted 12 June 2023, Published 16 June 2023

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนในการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด และ 2) ประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน โดยผู้วิจัยได้ใช้หลักการ IMSDD Model โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย คือ ขั้นตอนการศึกษาความต้องการในระบบ (System Requirements) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ขั้นตอนการสร้างและติดตั้งระบบ (Implementation) และขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation)

จากผลการวิจัยพบว่า 1) ได้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ที่มีการแสดงผลและการทำงานที่ถูกต้อง 2) ผลจากการประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านกราฟิกพบว่าคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.41$)

คำสำคัญ: ความเป็นจริงเสมือน ภาพกราฟิก 3 มิติ บริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด

ABSTRACT

The purpose of this paper was: 1) to development of virtual reality technology for recommendation of UCI Media Co., Ltd., and 2) to evaluated the quality of virtual reality technology. The development was created a virtual reality technology, using the principle of IMSDD Model. The research methodology are System Requirements, Design, Implementation and Evaluation.

The result showed that: 1) it has been developed into a virtual reality technology for recommendation of UCI Media Co., Ltd. with the correct display and operation. 2) the results of evaluated of the quality of virtual



reality technology by graphic experts found that the quality of virtual reality technology. The quality is at a good level ($\bar{x}$ = 4.41).

Keywords: Virtual Reality, 3D Graphics, UCI Media Co., Ltd.

บทนำ

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) เป็นกลุ่มของเทคโนโลยีเชิงโต้ตอบที่ผลักดันให้ผู้ใช้ได้เกิดความรู้สึกในการอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีอยู่จริง หรือสภาพแวดล้อมที่สร้างด้วยคอมพิวเตอร์ (ภูวดล, และคณะ, 2561) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมีความสำคัญและถูกนำมาใช้ในงานที่หลากหลาย เช่น ด้านการแพทย์ (Yeung, et al., 2021; Sutherland, 2019) ด้านบันเทิง (ณัฐวดี และวิทยา, 2562) ด้านการท่องเที่ยว (Mahn, 2014; Yung, Khoo-Lattimore, and Potter, 2021) ด้านธุรกิจ (ภาณุวัฒน์, 2562) ด้านการศึกษา (Harkema and Rosendaal, 2020; Zulherman, et al., 2021) เป็นต้น และในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเข้ามาช่วยในการประชาสัมพันธ์ หรือการส่งเสริมการตลาดให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการใช้ชีวิตตามแนวทางฐานวิถีชีวิตใหม่ ทำให้เกิดการตลาดหรือองค์กรต่างๆ ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการสื่อสารหรือการประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการให้เข้าถึงกลุ่มผู้บริโภค (มัตติกร, 2563) สำหรับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการประชาสัมพันธ์หรือการแนะนำนั้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) เพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดมหาสารคาม (ณัฐพงษ์, 2561) การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อแนะนำพื้นที่ให้กับผู้เข้ามาติดต่อหน่วยงานราชการด้วยเทคโนโลยีเสมือนผ่านโมบาย กรณศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (ชนศ, 2561) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอยกัญชงของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราชูร์ อำเภอบรบือ จังหวัดตาก (จักรพันธ์ และพรธนธิภา, 2564) การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี (ทรงสิริ และคณะ, 2562) จะเห็นได้จากการพัฒนาสื่อในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นได้ให้ประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้รับสื่อได้เป็นอย่างดี โดยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเป็นสื่อที่มีความจำเป็นอย่างมากที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนให้มีโอกาสในการเรียนรู้ในสิ่งที่ตัวอักษรและภาพไม่สามารถอธิบายได้ และยังช่วยเพิ่มความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น (สายฝน, 2562) ภาพกราฟิก 3 มิตินั้นเป็นลักษณะของภาพที่ทำให้เห็นมุมมองมิติของภาพในส่วนหัว ส่วนโค้ง ส่วนลึกของภาพได้ โดยภาพจะมีสีและเงาที่เหมือนจริงและเหมาะกับการออกแบบและสถาปัตยกรรมต่างๆ ในปัจจุบันได้มีการนำภาพกราฟิก 3 มิติมาประยุกต์ใช้งานได้ในหลายๆ ด้าน เช่น การทำภาพยนตร์ แอนิเมชัน การศึกษา การท่องเที่ยว เป็นต้น

บริษัท ยูซีโอ มีเดีย จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตสื่อประชาสัมพันธ์ทุกประเภท เช่น รายการโทรทัศน์, ละคร, สารคดี, ภาพยนตร์, โฆษณา, และอีเว้นท์ต่างๆ นอกจากนั้นยังมีบริการให้เช่าสตูดิโอถ่ายทำ โดยมีสตูดิโอทั้งหมด จำนวน 5 สตูดิโอ พร้อมห้องบันทึกเสียง และห้องตัดต่อ รวมทั้งอุปกรณ์การถ่ายทำครบวงจร โดยทีมงานผลิตมืออาชีพ และยังมี UCI ACADEMY สถาบันพัฒนาบุคลากรและมาตรฐานการแสดง อีกด้วย ซึ่งบริษัท ยูซีโอ มีเดีย จำกัด เป็นบริษัทที่มีห้องต่างมากมาย พร้อมทั้งจะให้บริการเช่าสตูดิโอ เพื่อถ่ายทำรายการ และอื่นๆ มากมาย ในการดูข้อมูลห้องของลูกค้าที่มาใช้บริการนั้นจะเป็นลักษณะของภาพถ่ายแบบ 2 มิติ ซึ่งลูกค้าจะไม่เห็นมุมมองโดยทั่วไปของห้องต่าง และประกอบกับการใช้ชีวิตตามแนวทางฐานวิถีชีวิตใหม่ ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าชมหรือเข้าถึงสถานที่นั้นได้เสมือนกับอยู่ในสถานที่จริง เพื่อจะเป็นส่วนประกอบในการตัดสินใจในการขอใช้บริการห้องสตูดิโอต่างๆ ได้และยังช่วยลดระยะเวลาในการเดินทางเข้ามาติดต่อได้อีกด้วย สำหรับ การใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนใน



การประชาสัมพันธ์นั้น โดยงานวิจัยของณัฐพงษ์ พระลัทธิรักษา (ณัฐพงษ์, 2561) มีผลการประเมินคุณภาพของสื่อความเป็นจริงเสมือนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$) และเป็นสื่อทางเลือกในการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชเนศ รัตนอุบล (ชเนศ, 2561) พบว่าสื่อมหาวิทยาลัยเสมือนจริงสามมิติเหมาะสมกับกระบวนการเรียนรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายกิจกรรมและมีผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่ออยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.27$) จักรพันธ์ วงศ์ฤกษ์ดี และพรณธิภา เพชรบุญมี (จักรพันธ์ และพรณธิภา, 2564) พบว่าจากการทดลองใช้งานระบบเทคโนโลยีเสมือนจริงแล้วมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.69$)

ทางผู้วิจัยได้เห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนที่สามารถมาช่วยในการแก้ไขปัญหาของบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด จึงได้มีการประยุกต์ใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด และเพื่อประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัย การประยุกต์ใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ เป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

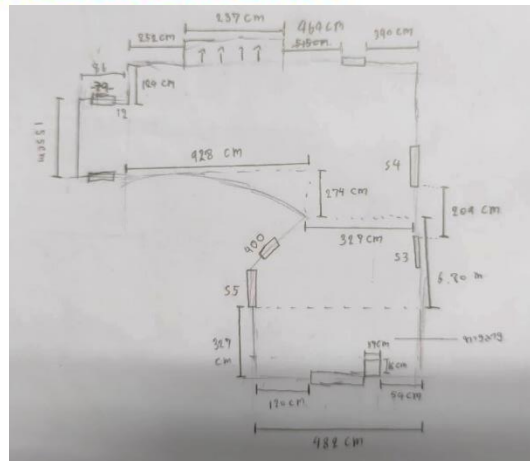
- 1.1 สื่อในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ
- 1.2 แบบประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ

2. การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการประยุกต์ใช้หลักการในการออกแบบและพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนตามหลักของ Interactive Multimedia System Design and Development หรือ IMSDD Model (Dastbaz, 2003) โดยมีขั้นตอนดังนี้

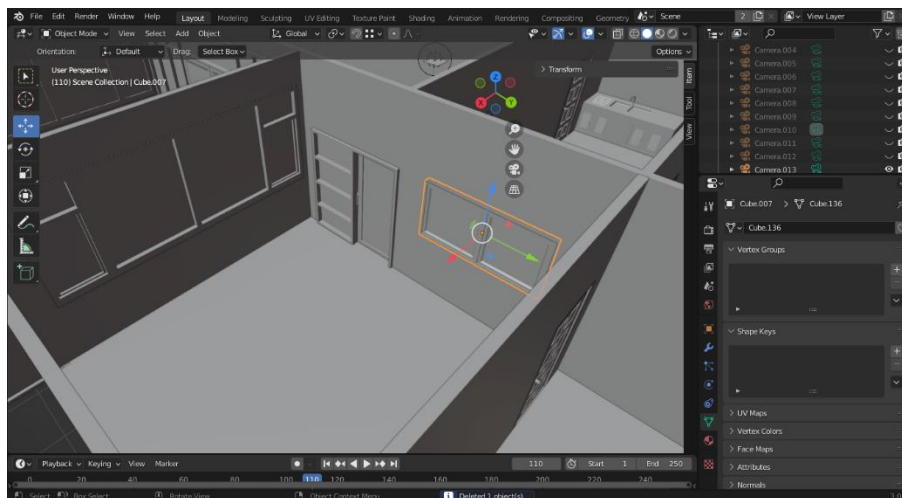
2.1 ขั้นตอนการศึกษาความต้องการในระบบ (System Requirements) เป็นระยะเริ่มต้นของการศึกษาความต้องการในระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความต้องการของหน่วยงานบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด และรวบรวมข้อมูลโดยการลงพื้นที่จริง ซึ่งจะเป็นการศึกษาข้อมูลและได้ทำการถ่ายภาพเพื่อให้สามารถเข้าใจในรูปแบบของห้องต่างๆ ภายในบริษัท และจะได้นำเสนอในรูปแบบของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนและนำไปติดตั้งในเว็บไซต์ของบริษัท

2.2 ขั้นตอนการออกแบบ (Design) เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการวาดแผนผังของบริษัทและเมื่อทำการวาดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลให้ทางผู้บริหารของทางบริษัทได้ทำการตรวจสอบความถูกต้อง



ภาพที่ 1 แผนผังของบริษัท

2.3 ขั้นตอนการสร้างและติดตั้งระบบ (Implementation) เป็นการนำแผนผังและภาพถ่ายที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาขึ้นเป็นโมเดล 3 มิติ ของห้องต่างๆ ภายในบริษัทโดยใช้โปรแกรม Blender และทำการเรนเดอร์ให้เป็นรูปภาพ 360 องศา



ภาพที่ 2 การออกแบบโมเดล 3 มิติ

และนำเอาภาพโมเดล 3 มิติ ที่สร้างเสร็จแล้วนั้นไปแสดงในรูปแบบของความเป็นจริงเสมือนจากเว็บไซต์ Marzipano ที่รองรับการทำงานของระบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน และนำไปติดตั้งและใช้งานในเว็บไซต์ของบริษัท

2.4 ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) เมื่อได้ทำการสร้างสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเสร็จแล้วนั้น ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูลกับภาพและการเคลื่อนไหวต่างๆ การเชื่อมโยงต่างๆ ของภาพ และให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกราฟิก จำนวน 10 คน เพื่อประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน เมื่อพบข้อผิดพลาดจะนำมาปรับปรุงแก้ไขจนแน่ใจได้ว่าสื่อนี้ไม่เกิดข้อผิดพลาดและได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพของสื่อที่มีต่อสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ เพื่อหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการแปลผลระดับคุณภาพของผู้ตอบแบบประเมิน โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ ตามแนวความคิดของ เบสท์ (Best, 1998) แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตารางประกอบคำบรรยาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง	คุณภาพระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง	คุณภาพระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง	คุณภาพระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง	คุณภาพระดับปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง	คุณภาพระดับควรปรับปรุง

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัย

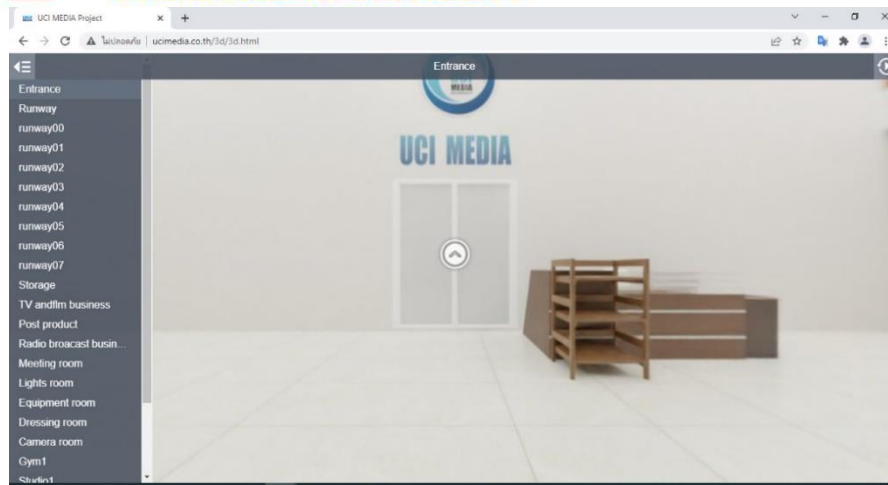
1. การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนตามหลักการ IMSDD Model โดยมีขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการศึกษาความต้องการในระบบ (System Requirements) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ขั้นตอนการสร้างและติดตั้งระบบ (Implementation) และขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) โดยได้ผลการพัฒนาดังนี้

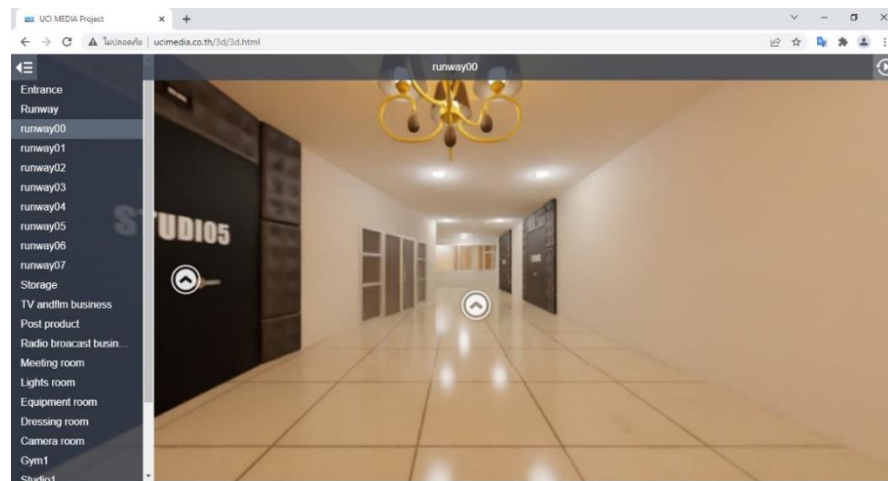
1.1 ผลจากการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน



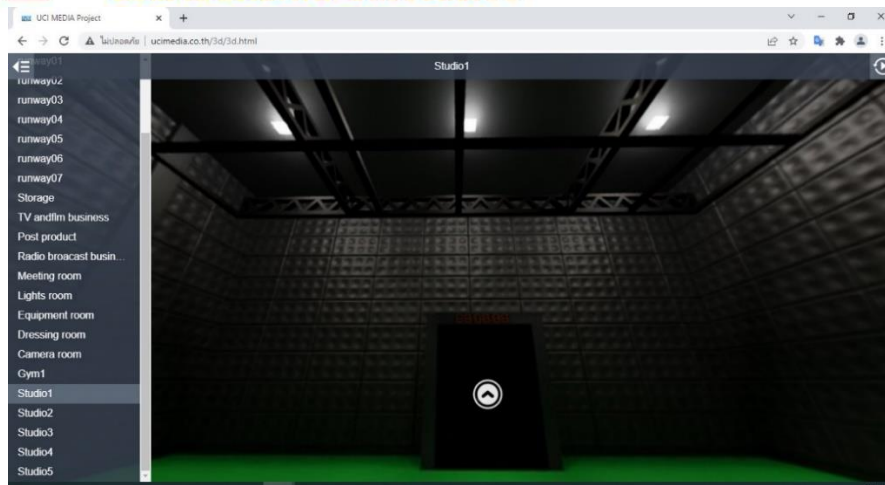
ภาพที่ 3 หน้าเว็บไซต์บริษัท UCI Media จำกัด



ภาพที่ 4 ภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน (ด้านหน้าบริษัท)



ภาพที่ 5 ภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน (ทางเดินด้านในบริษัท)



ภาพที่ 6 ภาพกราฟิก 3 มิติในรูปแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน (ห้อง Studio)

1.2 ผลการทดสอบสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

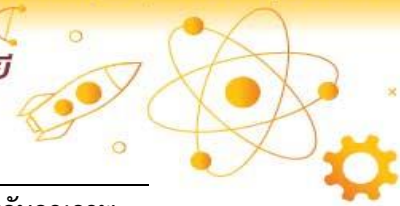
ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ หลังจากสร้างสื่อเสร็จสิ้นได้ทดสอบการแสดงผลในส่วนของภาพและการเชื่อมโยงไปยังห้องอื่น ๆ พบว่าสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง แต่มีในเรื่องของคุณภาพของตัวชิ้นงาน 3 มิติ ที่เมื่อนำลงไปใช้งานในเว็บไซต์แล้วนั้นภาพที่ได้มีคุณภาพต่ำขาดความคมชัดเนื่องจากเป็นเพราะการถูกบีบอัดขนาดของไฟล์ให้สามารถแสดงผลในเว็บไซต์ของบริษัทได้

2. การประเมินคุณภาพสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

เมื่อพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ เสร็จแล้วนั้นทางผู้วิจัยได้นำสื่อไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่านเพื่อทำการประเมินคุณภาพของสื่ออินโฟกราฟิก โดยได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	โมเดล 3 มิติ มีความเหมือนกับสถานที่จริงของบริษัท	4.60	0.70	ดีมาก
2	โมเดล 3 มิติ มีความสมบูรณ์ และมีความถูกต้อง	4.60	0.70	ดีมาก
3	โมเดล 3 มิติ มีความสวยงาม	4.50	0.71	ดีมาก

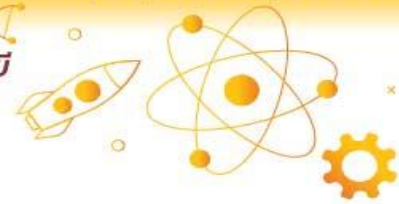


ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
4	การจัดวางตำแหน่งของสถานที่ของโมเดล 3 มิติ มีความถูกต้อง	4.60	0.52	ดีมาก
5	พื้นผิวที่ใช้มีความสมจริง	4.30	0.82	ดี
6	องค์ประกอบและความน่าสนใจของงาน	4.10	0.57	ดี
7	การจัดวางของไอคอนลูกศรมีความเหมาะสม	4.20	0.92	ดี
8	ความเหมาะสมของสีและแสงของโมเดล 3 มิติ	4.20	0.79	ดี
9	ความพึงพอใจโดยรวมของสื่อเสมือนจริง	4.30	0.67	ดี
10	ประโยชน์ของสื่อที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.70	0.67	ดีมาก
รวมเฉลี่ย		4.41	0.71	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านกราฟิก จำนวน 10 ท่าน มีการประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.41$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ประโยชน์ของสื่อที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.70$) ส่วนรายข้อที่มีคุณภาพน้อยที่สุดคือ องค์ประกอบและความน่าสนใจของงาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{x} = 4.10$) และมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มองค์ประกอบในส่วนของอุปกรณ์ภายในห้องต่างๆ ให้ดูสมจริงมากยิ่งขึ้น

การวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ พบว่าสามารถสร้างสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนที่ตรงกับความต้องการของระบบ และสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง แต่มีในเรื่องของคุณภาพของตัวชิ้นงาน 3 มิติ ที่เมื่อนำลงไปใช้งานในเว็บไซต์แล้วนั้นภาพที่ได้มีคุณภาพต่ำ ขาดความคมชัดเนื่องจากเป็นเพราะการถูกบีบอัดขนาดของไฟล์ให้สามารถแสดงผลในเว็บไซต์ของบริษัทได้ และจากการประเมินคุณภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ จากผู้เชี่ยวชาญทางด้านกราฟิกนั้นพบว่าการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี และมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในการเพิ่มองค์ประกอบในส่วนของอุปกรณ์ภายในห้องต่างๆ ให้ดูสมจริงมากยิ่งขึ้น แต่ในส่วนของการศึกษาความต้องการของระบบทางผู้ให้ข้อมูล ไม่ต้องการให้แสดงรายละเอียดต่างๆ ภายในห้อง โดยจะเน้นในส่วนของรูปทรงของห้อง และสำหรับงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของทรงสิริ วิชิรานนท์ และคณะ (ทรงสิริ และคณะ, 2562) ในการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี โดยสื่อประชาสัมพันธ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพงษ์ พระลัทธิรักษา (ณัฐพงษ์, 2561) ที่ได้พัฒนาสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) เพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดมหาสารคาม โดยมีการประเมินคุณภาพของสื่ออยู่ในระดับมาก และสื่อสามารถนำไปเผยแพร่ได้ที่มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน



สรุปผลการวิจัย

ในการพัฒนาสื่อโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนในการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อมาใช้ในการแนะนำสถานที่ภายในบริษัท เพื่อให้ลูกค้าได้เข้ามาชมห้องตัวอย่างก่อนที่จะเข้ามาติดต่อขอใช้สถานที่ โดยนำไปใช้งานบนเว็บไซต์ของบริษัท ซึ่งการทำงานของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นได้มีการสร้างสถานที่เป็นแบบ 3 มิติ และสามารถรับชมได้ในมุมมอง 360 องศา และทางผู้วิจัยได้นำเอาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ เจ้าหน้าที่กราฟิก เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับบริษัท ได้ประเมินคุณภาพและความถูกต้องของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ จำนวน 10 คน โดยผลการประเมินพบว่าสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการแนะนำบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ในรูปแบบภาพกราฟิก 3 มิติ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาในรูปแบบของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้น สามารถเพิ่มเติมในส่วนของเมนูสำหรับการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน เพื่อให้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

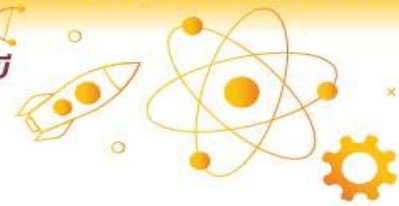
งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ยูซีไอ มีเดีย จำกัด ที่ได้ให้ข้อมูลในส่วนของการสร้างโมเดล 3 มิติ และสื่อความเป็นจริงเสมือนในครั้งนี้ และทางบริษัทยังได้นำผลงานไปใช้เพื่อเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการเข้าชมสถานที่เพื่อประกอบการตัดสินใจของลูกค้าในการเข้ามาขอใช้บริการอีกด้วย และขอขอบพระคุณพนักงานบริษัท ผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานกราฟิกทุกท่านที่ช่วยเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพของผลงาน และทางผู้วิจัยได้นำมาทำการปรับปรุงแก้ไขให้ชิ้นงานนั้นได้มีความสมบูรณ์มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ วงศ์ฤกษ์ดี และพรรณธิภา เพชรบุญมี. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ผ้าทอไทยถิ่นของวิสาหกิจชุมชน ตำบลศรีราชูร์ อำเภอพบพระ จังหวัดตาก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. สุวรรณภูมิ, 5(พิเศษ), 44-54.
- ชเนศ รัตนอุบล. (2561). การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อแนะนำพื้นที่ให้กับผู้เข้ามาติดต่อหน่วยงานราชการด้วยเทคโนโลยีเสมือนผ่านโมบาย กรณศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์. ใน รายงานผลการวิจัย. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.



- ณัฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปร่ง. (2562). แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนสำหรับเพิ่มประสบการณ์การท่องเที่ยวโลกนิทาน
พื้นบ้านเรื่องไกรทองบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *Walailak Procedia*, 2019(3), 53-53.
- ณัฐพงษ์ พระลักธิรักษา. (2561). การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) เพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่ง
ท่องเที่ยวในจังหวัดมหาสารคาม. ใน รายงานผลการวิจัย. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ทรงสิริ วิจิรานนท์, รุ่งอรุณ พรเจริญ, สุนารี จุลพันธ์ และฉันทนา ปาปัดถา. (2562). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือน
จริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี. ใน รายงานสืบเนื่องงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านการท่องเที่ยว
กับมนุษยศาสตร์ ครั้งที่ 1, 19-20 ธันวาคม 2562. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภาณุวัฒน์ เรืองกุลทรัพย์. (2562). แบบจำลองการจัดการคลังสินค้าด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนบนพื้นฐานทฤษฎี
ABC. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 2(2), 13-17.
- ภูวดล บัวบางพลู, เจนจบ สุขแสงประสิทธิ์, รัฐสิทธิ์ เสริมสัย, สุรัตน์ จานทอง, และนพเดช อยู่พร้อม. (2561). การพัฒนาสื่อ
เทคโนโลยีความจริงเสมือนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว วังสวนบ้านแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. ใน รายงาน
ผลการวิจัย. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- มัตติกร บุญคง. (2563). AR & VR เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารการตลาดในยุคฐานวิถีชีวิตใหม่. สารรังสิตออนไลน์. ค้นจาก
<https://www2.rsu.ac.th/sarnrangsit-online-detail/CommArts-Article20>
- สายฝน สียาห์. (2562). บทบาทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ส่งเสริมการเรียนรู้. *วารสารมนุษยสังคมปริทัศน์*, 21(2),
248-275.
- Best W. John. (1998). *Research in Education*. Boston MA.: Allyn and Bacon.
- Dastbaz, M. (2003). *Designing Interactive Multimedia System*. International Edition. McGraw-Hill.
- Harkema, G. J., and Rosendaal, A. (2020). From cinematograph to 3D model: how can virtual reality support film
education hands-on?. *Early Popular Visual Culture*, 18(1), 70-81.
- Mahn, C. (2014). The virtual tourist gaze in Greece, 1897–1905. *Annals of Tourism Research*, 48, 193-206.
- Sutherland, J., Belec, J., Sheikh, A., Chepelev, L., Althobaity, W., Chow, B. J., and La Russa, D. J. (2019). Applying
modern virtual and augmented reality technologies to medical images and models. *Journal of digital
imaging*, 32(1), 38-53.
- Yung, R., Khoo-Lattimore, C., and Potter, L. E. (2021). Virtual reality and tourism marketing: conceptualizing a
framework on presence, emotion, and intention. *Current Issues in Tourism*, 24(11), 1505-1525.
- Yeung, A. W. K., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., and Willschke, H. (2021). Virtual
and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature. *Journal of medical
internet research*, 23(2), e25499.
- Zulherman, Z., Amirulloh, G., Purnomo, A., Aji, G. B., and Supriansyah, S. (2021). Development of android-based
millealab virtual reality media in natural science learning. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 1-10.



แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ

Application for Health Recording

เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์¹ ยูวธิดา ชิวปรีชา¹ จิรนนท์ เข้มกลัด¹ และ วรวัฒน์ จันทร์ตัน^{1*}

Premrat Poolsawat¹ Yuwathida Chiwprechar¹ Jiranant Khemklad¹ and Worawat JanTan^{1*}

¹สาขาวิชาวิทยาการคำนวณและเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสมุทรปราการ 10540

¹Department of Computing Science and Digital Technology, Faculty of Science and Technology,

Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan, 10540

*Corresponding author E-mail: worawat61.hcu@gmail.com

Received 23 May 2022, Accepted 12 June 2023, Published 16 June 2023

บทคัดย่อ

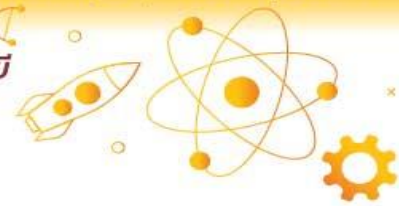
งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สำหรับจัดเก็บข้อมูลสุขภาพเพื่อเพิ่มความสะดวกในการบันทึกข้อมูล รวมถึงการแสดงผลข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้บริการ สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกรวดเร็ว และสามารถแสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งของผู้รับบริการได้อย่างถูกต้อง โดยรองรับการทำงานทั้งระบบแอนดรอยด์และระบบไอโอเอส พัฒนาด้วยโปรแกรม AppSheet สำหรับการออกแบบการทำงานและส่วนติดต่อผู้ใช้ และใช้ Google Sheet สำหรับการจัดเก็บข้อมูล โดยผลการปฏิบัติงานพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานในด้านการบันทึกข้อมูล การแสดงผลข้อมูล การแสดงตำแหน่ง โดยการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจำนวน 20 คน พบว่า อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40

คำสำคัญ: ระบบบันทึกข้อมูล แอปพลิเคชัน ข้อมูลสุขภาพ แอปชีท

ABSTRACT

This research is the development of an application for health recording. The aim is to develop an efficient mobile application for storing health data, to increase the convenience of health data recording, show health information, easily and quickly for use, and display the accurate location of the user. This application supports both Android and IOS systems. Developed with AppSheet for functional design and user interface, and uses Google Sheet for storage of data. The results showed we can apply the application in practice and meet the needs of users for data recording, showing health information, and displaying accurate location. 20 users satisfied at a very good level with a mean of 4.81 and a standard deviation of 0.40.

Keywords: Data record system, Application, Health data, AppSheet



บทนำ

ระบบบริการสาธารณสุขชุมชนเป็นบริการสุขภาพขั้นพื้นฐานที่ให้บริการในระดับท้องถิ่น ในส่วนของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หรือ รพ.สต. นั้นมีความสำคัญต่อระบบสุขภาพของประเทศไทย เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีความใกล้ชิดกับชุมชน ชาวบ้านรู้จักและนิยมใช้บริการมากขึ้นเป็นลำดับภารกิจของ รพ.สต. คือ ปฐมพยาบาลเบื้องต้น หรือระดับปฐมภูมิ (primary care) กับฟื้นฟูสมรรถภาพ จึงเป็นสถานพยาบาลที่ดูแลประชาชนตั้งแต่อยู่ในครรภ์ เกิด การดำรงชีพ จนตาย ได้แก่ การตรวจรักษาพยาบาลขั้นต้น การฝากครรภ์ การให้บริการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค (การให้วัคซีนเด็ก) การดูแลโภชนาการ งานอนามัยโรงเรียน การคุ้มครองผู้บริโภค การคัดกรองภาวะผิดปกติต่างๆ การบำบัดรักษาโรคเบาหวาน ความดันโลหิต มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก การดูแลผู้พิการ ผู้สูงอายุ การฟื้นฟูสมรรถภาพ และบริการอื่นๆ ให้กับชุมชน (สมหมาย, 2559) โดยพระราชบัญญัติระบบสุขภาพปฐมภูมิ พ.ศ. 2562 ได้กำหนดให้ส่งเสริมและพัฒนาการมีส่วนร่วม ระหว่างภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคเอกชน และภาคประชาชนในพื้นที่ในการส่งเสริม และพัฒนา รพ.สต. โดยการปรับปรุงแบบการบริการสุขภาพปฐมภูมิให้มีแพทย์เวชศาสตร์ครอบครัวดูแล ประชาชนในพื้นที่รับผิดชอบ เพื่อให้สามารถจัดบริการได้ตามคุณภาพและมาตรฐานของหน่วยบริการ โดยใช้กลไกของคณะกรรมการพัฒนาคุณภาพชีวิตระดับอำเภอทำงานร่วมกับภาคส่วนต่างๆ (พระราชบัญญัติระบบสุขภาพปฐมภูมิ, 2562) โดยหนึ่งในแนวทางของการพัฒนาระบบสุขภาพที่ได้มีการกำหนดทิศทางไว้คือการพัฒนาระบบสารสนเทศ การวิจัย และนวัตกรรมระบบสุขภาพปฐมภูมิ ซึ่งจากประเด็นปัญหาของหน่วยงานสาธารณสุขชุมชนที่ทางทีมผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจความต้องการพบว่าแม้หน่วยงานจะมีระบบสารสนเทศทางสุขภาพใช้งานอยู่แล้ว แต่หากมีการลงพื้นที่ เช่นการตรวจเยี่ยมบ้านผู้ป่วยติดเตียง หรือการตรวจสุขภาพตามโรงเรียน ยังจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เช่นคอมพิวเตอร์ หรืออาจต้องบันทึกลงกระดาษก่อนแล้วจึงนำไปป้อนเข้าระบบสารสนเทศที่มีอยู่ ทำให้การทำงานซ้ำซ้อน สิ้นเปลืองกระดาษ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ เพื่อช่วยแก้ปัญหาความซ้ำซ้อนในการทำงาน ลดปริมาณการใช้กระดาษ เพิ่มความสะดวกในการใช้งานโดยรองรับการทำงานทั้งบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และไอโอเอส ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม AppSheet ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่สามารถใช้งานได้บนหลายอุปกรณ์ สามารถสร้างแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่ง ในการพัฒนาร่วมกับการเขียนคำสั่งผ่าน AppScript และใช้ Google Sheet ในการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ Cloud Storage (ดำรงฤทธิ์, 2563)

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยโดยพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานในด้านการบันทึกข้อมูล การแสดงผลข้อมูล การค้นหาข้อมูล การแสดงพิกัดตำแหน่งของผู้รับบริการ ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลมีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น สามารถใช้งานผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถรองรับการทำงานได้ทั้งระบบแอนดรอยด์และไอโอเอส โดยมีกระบวนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

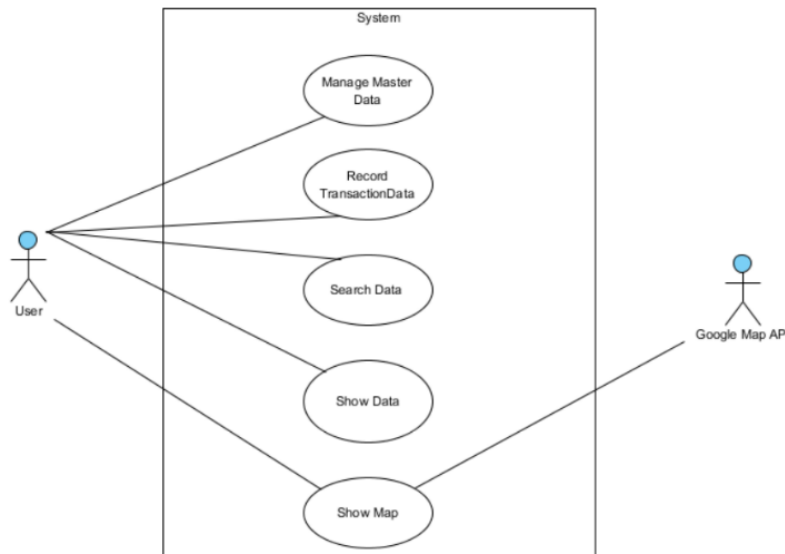
1. การศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบ

จากการศึกษาปัญหาในการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพของหน่วยงานสาธารณสุขชุมชนพบว่าในการทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้บริการมีการแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้ใช้บริการในส่วนที่ส่งต่อมาจากโรงพยาบาลหลักซึ่งมีการใช้ระบบสารสนเทศที่เชื่อมโยงมาจากโรงพยาบาลหลัก และ 2) กลุ่มของผู้ใช้บริการโดยตรง ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้บริการในชุมชนในเขตพื้นที่ที่หน่วยงานสาธารณสุขชุมชนดูแลอยู่ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะถูกบันทึกลงในระบบสารสนเทศของหน่วยงาน โดยหนึ่ง

ในความรับผิดชอบของหน่วยงานคือการลงพื้นที่เพื่อตรวจสอบสภาพให้กับชุมชน เช่น บันทึกข้อมูลสุขภาพของเด็กตามโรงเรียนในชุมชน หรือการลงพื้นที่เพื่อตรวจเยี่ยมผู้สูงอายุที่ไม่สามารถเดินทางมายังหน่วยบริการได้ เป็นต้น ซึ่งในการลงพื้นที่ทางเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานต้องมีการบันทึกข้อมูลลงในเอกสารกระดาษเนื่องจากไม่สะดวกในการขนย้ายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ไปยังพื้นที่ ซึ่งเมื่อบันทึกลงกระดาษแล้วต้องกลับมาบันทึกข้อมูลลงในระบบอีกครั้ง ทำให้เสียเวลารวมถึงบางครั้งลายมือที่บันทึกก็ยากต่อการอ่าน ทำให้การบันทึกลงระบบอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ยังพบปัญหาจากการหาพิกัดตำแหน่งของผู้รับบริการในกรณีที่มีการเปลี่ยนทีมงานในการลงพื้นที่ ทางหน่วยงานจึงร้องขอให้ทีมผู้วิจัยระบบช่วยหาแนวทางในการดำเนินการเพื่อลดปัญหาต่างๆ เหล่านี้

2. การวิเคราะห์ระบบการทำงาน

จากการศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลของหน่วยบริการสาธารณสุขชุมชนข้างต้น ทีมผู้วิจัยระบบจึงได้วิเคราะห์ความต้องการของระบบ โดยกำหนดผู้ใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานทั้งเจ้าหน้าที่พยาบาล เจ้าหน้าที่สาธารณสุข จิตอาสาชุมชน ซึ่งผู้ใช้งานระบบมีสิทธิ์ในการบันทึกข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้บริการได้เท่าเทียมกัน โดยสามารถวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบได้ดังภาพที่ 1



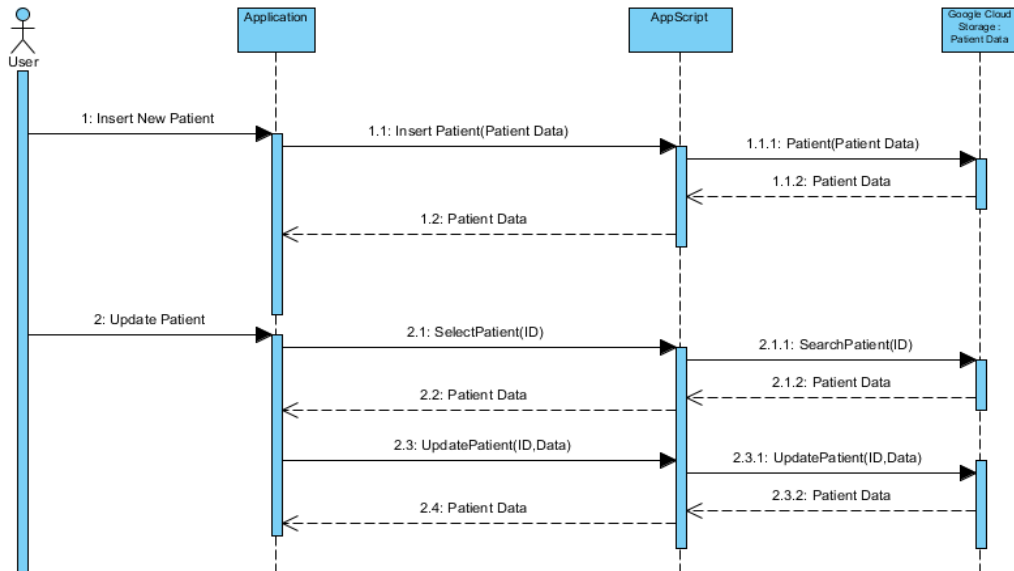
ภาพที่ 1 Use Case Diagram ของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ

จากภาพที่ 1 แสดงส่วนการทำงานของระบบโดยแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

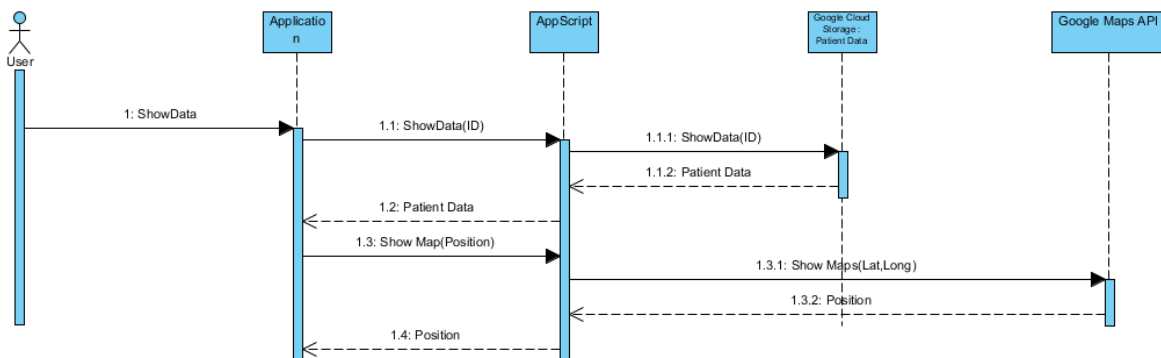
- Manage Master Data: การจัดการข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้บริการซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มเด็ก ผู้หญิง และผู้สูงอายุ ตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ โดยข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยข้อมูลรหัสบัตรประจำตัวประชาชน ชื่อ นามสกุล ที่อยู่ วันเดือนปีเกิด หมายเลขโทรศัพท์ รูปภาพของผู้ใช้บริการ เป็นต้น
- Record Transaction Data: การบันทึกข้อมูลประวัติการตรวจสอบสุขภาพของผู้ใช้บริการ
- Search Data: การค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในระบบ เช่น ชื่อ เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่ เป็นต้น
- Show Data: การแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของผู้ใช้บริการทั้งในส่วนข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลประวัติสุขภาพ
- Show Map : การแสดงพิกัดตำแหน่ง และสามารถเชื่อมโยงกับระบบ Google Map เพื่อแสดงการเดินทางไปยังตำแหน่งปลายทางได้

3. การออกแบบระบบการทำงาน

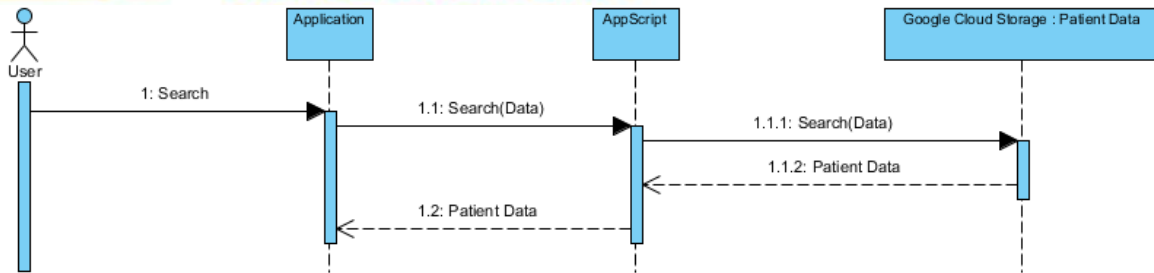
ในการออกแบบระบบการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ ซึ่งออกแบบลำดับขั้นตอนการทำงาน และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ให้สอดคล้องกับแผนภาพ Use Case Diagram ที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ โดยได้ทำการออกแบบในส่วนของ Sequence Diagram เพื่อให้เห็นพฤติกรรมและการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Object ตามกิจกรรมที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบไว้ ดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 4



ภาพที่ 2 Sequence Diagram ของ Manage Master Data

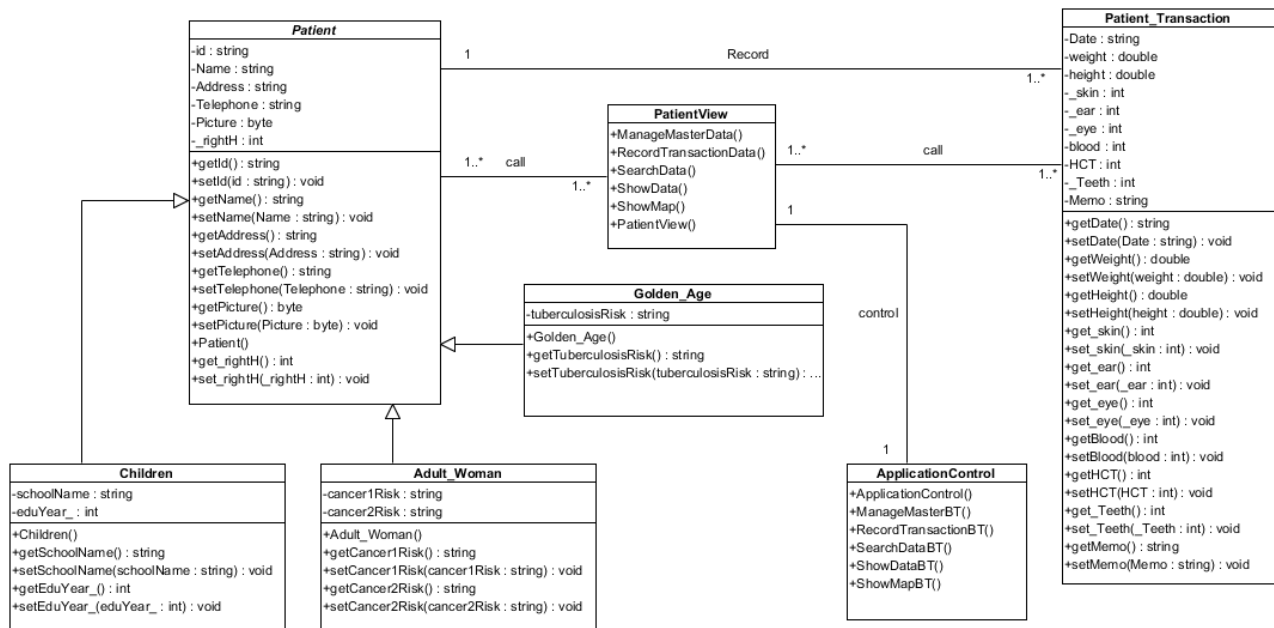


ภาพที่ 3 Sequence Diagram ของ Show Data



ภาพที่ 4 Sequence Diagram ของ Search Data

และได้ทำการออกแบบ Class Diagram เพื่อแสดงการเชื่อมโยงการทำงานของข้อมูล ดังภาพที่ 5

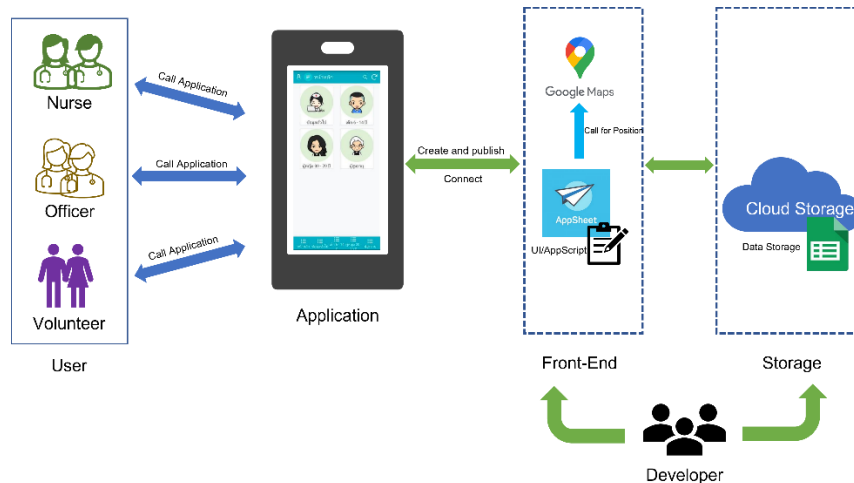


ภาพที่ 5 Class Diagram ของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ

4. การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ที่ต้องการความสะดวกรวดเร็ว รวมถึงลดข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการแตกต่างกัน งบประมาณที่จำกัด รวมถึงระยะเวลาในการพัฒนาทางทีมผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องมือประเภท No Code Development ซึ่งมีข้อดีคือสามารถพัฒนาได้รวดเร็ว มีความยืดหยุ่น มีเครื่องมือเสริมช่วยให้การพัฒนามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Cartoon, 2564) ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม AppSheet ในการพัฒนาเนื่องจากโปรแกรม AppSheet เป็นเครื่องมือในกลุ่ม No Code Development ที่ใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนโทรศัพท์มือถือ และเมื่อพัฒนาเสร็จสามารถอัปโหลดแอปพลิเคชันบน Playstore หรือ Appstore เพื่อให้ผู้ใช้งานไปติดตั้งบนอุปกรณ์ของตนเองได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์อีกด้วย (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2563) และในส่วนของการจัดเก็บข้อมูลผู้วิจัยเลือกใช้ Google Sheet ซึ่งเป็น Cloud Storage ที่ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความคุ้นเคย และสามารถนำมาเชื่อมต่อกับโปรแกรม AppSheet ได้สะดวกทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น โดยโปรแกรม

AppSheet จะใช้ทำหน้าที่ในส่วนของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และส่วนของการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ของแอปพลิเคชันโดยเขียนคำสั่งเพิ่มเติมผ่าน AppScript และมีการเชื่อมโยงการทำงานกับ Google Maps API เพื่อใช้สำหรับการแสดงผลพิกัดตำแหน่งผู้วิจัยได้ทำการเผยแพร่ (Publish) แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ ไปยังผู้ใช้ที่กำหนดสิทธิ์ไว้ เพื่อให้สามารถติดตั้งแอปพลิเคชันลงบนอุปกรณ์ของตนเองได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และไอโอเอส โดยสถาปัตยกรรมของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ภาพรวมของสถาปัตยกรรมการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ

5. การทดสอบและประเมินระบบ

ในการทดสอบการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบขั้นแอลฟา (Alpha Stage) โดยนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทำการทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของระบบซึ่งได้มีการนำระบบไปทดลองใช้งานเบื้องต้นเพื่อเก็บรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นและนำมาปรับปรุงระบบให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบขั้นเบต้า (Beta Stage) เพื่อทดสอบคุณภาพของระบบโดยนำระบบที่สมบูรณ์ไปทำการทดลองใช้งานจริงกับพนักงานในองค์กร เพื่อวัดประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งานของผู้ใช้งานจริง ซึ่งในการประเมินการทำงานของระบบและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยการใช้เครื่องมือทางสถิติพื้นฐานที่เป็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ซึ่งกำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ในการประเมินผล

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยในส่วนของการพัฒนาระบบ

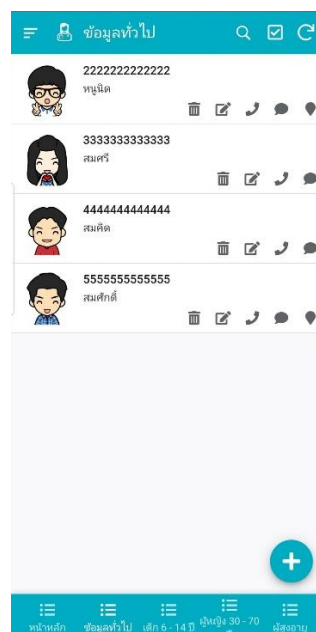
จากการนำแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ ไปทดลองใช้งานโดยผู้ใช้งานหน่วยงานจริงพบว่าแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพสามารถใช้งานได้จริง ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ช่วยให้การลงพื้นที่จัดเก็บข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพมีความสะดวกมากขึ้น ลดปัญหาการใช้กระดาษ สามารถบันทึกข้อมูลจากอุปกรณ์โทรศัพท์ของผู้ใช้งานได้ทั้งระบบแอนดรอยด์และไอโอเอส เรียนรู้การใช้งานง่าย โดยสามารถแสดงหน้าจอการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพในส่วนของงานหลักๆ ได้ดังภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 12

2. การทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ในส่วนของการทดสอบระบบงานโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และการพัฒนาระบบงาน จำนวน 3 คน ได้ทำการนำข้อมูลที่ใช้ในการทำงานจริงมาเพื่อทำการทดสอบ โดยคำนึงถึงความครบถ้วนของหน้าที่การทำงานหลัก ความปลอดภัยของระบบ และระบบต้องมีความมั่นคงไม่ล้มเหลว เป็นสำคัญ โดยในจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในครั้งแรกมีการเสนอให้ปรับส่วนติดต่อกับผู้ใช้ให้เป็นไปตามลำดับการทำงาน และลดการให้ผู้ใช้งานต้องพิมพ์ข้อมูลเองเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้ และเพิ่มฟังก์ชันการคำนวณหรือการดึงข้อมูลที่มีอยู่ขึ้นมาแสดง เพื่อลดเวลาในการป้อนข้อมูล



ภาพที่ 7 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้รับบริการ

Details

ชาย

เบอร์โทรศัพท์
0896523417

บ้านเลขที่
159

ส่วนสูง
นางแก้ว

ส่วนสูง
อำเภอเมือง

สมทบการกร

แผนที่

บริการการกร

บัตรทอง

อาชีพ

นักเรียน

ส่วนสูง

1.3

Related childs, 14s (2)

วันที่ตรวจ	เลขประจำตัวประชาชน	ชื่อ
7/6/2021	2222222222222	หนูณี
14/6/2021	2222222222222	หนูณี

View Add

Related woman30_70s (0)

ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงข้อมูลของผู้รับบริการ

woman30 70 Form

วันที่ตรวจ*

เลขประจำตัวประชาชน

น้ำหนัก

ส่วนสูง

Cancel Next

woman30 70 Form

เคยตรวจมะเร็งปากมดลูกหรือไม่

เคยตรวจ

ไม่เคยตรวจ

ผลการตรวจ

ปกติ

ไม่ปกติ

เคยตรวจมะเร็งเต้านมด้วยตนเองหรือไม่

เคยตรวจ

ไม่เคยตรวจ

ผลการตรวจ_มะเร็งเต้านมด้วยตนเอง

ปกติ

ไม่ปกติ

เคยตรวจมะเร็งเต้านมที่โรงพยาบาลหรือไม่

เคยตรวจ

ไม่เคยตรวจ

ผลการตรวจ_มะเร็งเต้านมที่โรงพยาบาล

ปกติ

ไม่ปกติ

Prev Cancel Next

woman30 70 Form

บันทึกการตรวจ

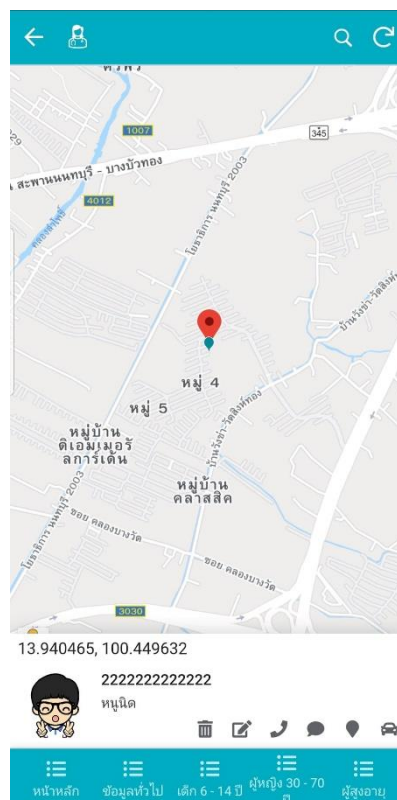
Prev Cancel Save

ภาพที่ 10 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลในส่วนของผู้รับบริการกลุ่มผู้หญิงวัย 30-70 ปี

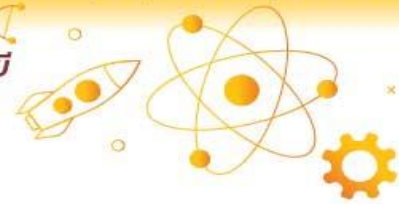
The figure shows three sequential screenshots of a web form titled 'eldery60up Form'.

- First Screenshot:** Contains fields for 'วันที่ตรวจ*' (Date of examination) with value '20/06/2021', 'เลขประจำตัวประชาชน' (ID number) with value '444444444444', 'ชื่อ' (Name) with value 'สมคิด', 'นามสกุล' (Surname) with value 'จิตตโส', 'อายุ' (Age) with value '77 ปี 5 เดือน 7 วัน', and a 'เพศ' (Gender) dropdown menu. Navigation buttons 'Cancel' and 'Next' are at the bottom.
- Second Screenshot:** Contains a series of 'ใช่' (Yes) and 'ไม่ใช่' (No) buttons for various health-related questions: 'ไอหรือร่ง' (Cough or phlegm), 'ไอมีเลือด' (Cough with blood), 'หายใจเหนื่อย หอบ' (Short of breath, wheezing), 'ไอร่วมกับไข้ตอนกลางคืน' (Cough with fever at night), 'น้ำหนักตัวลดลง' (Weight loss), 'บุคคลในครอบครัวมีประวัติป่วยโรคปอด' (Family history of lung disease), and 'ไม่มีอาการใด ๆ' (No symptoms). Navigation buttons 'Prev', 'Cancel', and 'Next' are at the bottom.
- Third Screenshot:** Shows a 'บันทึกการตรวจ' (Record examination) section with a large empty text area for notes. Navigation buttons 'Prev', 'Cancel', and 'Save' are at the bottom.

ภาพที่ 11 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลในส่วนของผู้รับบริการกลุ่มผู้สูงอายุ



ภาพที่ 12 หน้าจอการแสดงผลปักตำแหน่ง



3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

จากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ โดยได้มีการนำไปทดลองใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือกลุ่มผู้ใช้งานในหน่วยงานสาธารณสุขชุมชน จำนวน 20 คน ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรภายในหน่วยงานสาธารณสุขชุมชนทั้งในส่วนของพยาบาลวิชาชีพ เจ้าหน้าที่ประจำหน่วยบริการ นักวิชาการด้านระบบสารสนเทศของหน่วยงาน และมีการประเมินผล โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย การประเมินด้านเนื้อหาและการใช้งาน การประเมินด้านภาพรวมของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และการประเมินด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบการใช้งาน โดยการทดลองใช้งานจะเป็นการทดลองกับข้อมูลเสมือนจริง ไม่มีการใช้ข้อมูลของผู้รับบริการจริงตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งในการสรุปผลการดำเนินงาน พบว่า ความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.81 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.40 โดยจำแนกเป็นผลการประเมินความพึงพอใจในด้านเนื้อหาและการใช้งาน อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และผลการประเมินความพึงพอใจในด้านภาพรวมของโปรแกรมอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านเนื้อหาและการใช้งาน	4.80	0.40	ดีมาก
ความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.75	0.44	ดีมาก
แอปพลิเคชันมีการออกแบบลำดับในการทำงานได้ถูกต้อง	4.80	0.41	ดีมาก
ความสมบูรณ์ในการทำงานของแอปพลิเคชัน	4.85	0.37	ดีมาก
แอปพลิเคชันมีการออกแบบการใช้งานให้ง่ายต่อการเรียนรู้	4.80	0.41	ดีมาก
ความพึงพอใจในภาพรวม	4.83	0.38	ดีมาก
ความพึงพอใจในส่วนการแสดงผลของแอปพลิเคชัน	4.80	0.41	ดีมาก
ความพึงพอใจในประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน	4.85	0.37	ดีมาก
สรุปภาพรวม	4.81	0.40	ดีมาก

ซึ่งการที่มีความพึงพอใจภาพรวมในระดับดีมากนั้น อาจเป็นผลมาจากการที่ได้มีการพูดคุยและสำรวจปัญหาร่วมกันกับหน่วยงานจึงทำให้การออกแบบแอปพลิเคชันสามารถตอบสนองความต้องการต่างๆ ของกลุ่มผู้ใช้งานได้เป็นที่น่าพอใจ

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทีมผู้วิจัยได้ต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสอบสุขภาพ สำหรับใช้กับหน่วยงานสาธารณสุขชุมชน โดยได้จัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้ารับบริการ และช่วยให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานสาธารณสุขชุมชนสะดวกในการเรียกดูข้อมูล เพื่อการให้บริการขั้นพื้นฐานแก่ผู้รับบริการได้ โดยจากการที่เลือกใช้โปรแกรม Appsheet ซึ่งเป็นเครื่องมือประเภท No code development มาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่รองรับทั้งระบบแอนดรอยด์และไอโอเอส รวมถึงสามารถทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้ สามารถแสดงข้อมูลและตำแหน่งของผู้รับบริการได้นั้น ทางทีมผู้วิจัยเห็นว่าโปรแกรม Appsheet นั้นมีความเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการในการพัฒนา กล่าวคือ ใช้เวลาในการพัฒนาน้อย มีฟังก์ชันและ



เครื่องมือที่ตรงกับความต้องการ เช่น สามารถเรียกใช้แผนที่เพื่อการแสดงตำแหน่งได้อย่างสะดวก ผู้พัฒนาสามารถปรับแต่งการทำงานโดยการเขียนสคริปต์คำสั่งได้เพิ่มเติมได้ การเชื่อมต่อกับข้อมูลผ่าน Google Sheet มีความสะดวกและทำงานได้แบบเรียลไทม์ การนำไปติดตั้งใช้งานบนอุปกรณ์ทั้งในระบบแอนดรอยด์และไอโอเอสไม่ยุ่งยาก อาจมีข้อจำกัดทางด้านส่วนติดต่อผู้ใช้ที่อาจมีรูปแบบไม่หลากหลายเท่าที่ควร และขนาดของข้อมูลจำกัดตามสิทธิ์การใช้งาน Google Sheet โดยทีมผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญในด้านการวิเคราะห์และออกแบบ และด้านพัฒนาระบบ ประเมินผลเพื่อให้ข้อเสนอแนะ จำนวน 3 คน และได้นำไปให้บุคลากรในหน่วยงานสาธารณสุขชุมชนแห่งหนึ่ง ทดลองใช้จำนวน 20 คน พบว่า ความพึงพอใจด้านเนื้อหาและการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยที่ 4.80 อยู่ในระดับดีมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.40 ความพึงพอใจในด้านภาพรวม มีค่าเฉลี่ยที่ 4.83 อยู่ในระดับดีมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.38 สรุปภาพรวมของความพึงพอใจ มีค่าเฉลี่ยที่ 4.81 อยู่ในระดับดีมาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.40 โดยทีมผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นการต่อยอดในการพัฒนาต้นแบบในการจัดทำแอปพลิเคชันสำหรับการให้บริการทางสาธารณสุขชุมชน เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการให้บริการแก่ชุมชนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

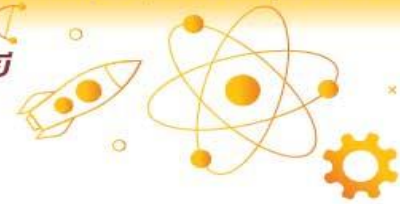
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป หลังจากการจัดทำระบบต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ ในอนาคตสามารถเพิ่มขอบเขตการทำงานให้ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลที่จัดเก็บ เพื่อให้หน่วยงานบริการด้านต่างๆ ของชุมชนสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการพัฒนาชุมชนต่อไปได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนอันเป็นรากฐานของประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อหน่วยงานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวัดสลด ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและร่วมเป็นผู้ประเมินการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- ดำรงฤทธิ์ จันทรา. (2563). การประยุกต์ใช้โปรแกรม Appsheet พัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อใช้ในการสอนพลศึกษา เรื่องสัญลักษณ์ของผู้ตัดสินกีฬาโอลิมปิก ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 14(1), 83-94.
- พระราชบัญญัติระบบสุขภาพปฐมภูมิ. (2562). *ราชกิจจานุเบกษา*, (เล่ม 136 ตอนที่ 56ก). หน้า 165-185.
- สมหมาย จันทรเรือง. (2559). *รพ.สต. ทางเลือกหรือทางเลือกของระบบสุขภาพไทย*. ค้นจาก <https://www.hfocus.org/content/2015/07/10346>
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2563). *แนะนำ AppSheet*. ค้นจาก https://oer.learn.in.th/search_detail/result/217773
- Cartoon Tanaporn. (2564). *No-Code / Low-Code Platform คืออะไร? แพลตฟอร์มแห่งอนาคตที่ทุกคนควรรู้จักไว้ ในปี 2021 - THE GROWTH MASTER*. ค้นจาก <https://thegrowthmaster.com/blog/no-code-low-code-platform>



บทบาทของโพรลีนและบีเทนต่อแบบจำลองเซลล์พืช

ภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก

Role of Proline and Betaine on Plant Cell Model

Under Salt and Osmotic Stresses

สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ¹ ทรงกลด ไบยา² อาภรณ์ บัวหลวง³ และ บงกช บุญบุรพงค์^{1*}

Surasak Laloknam¹ Songklod Baiya² Aporn Bualuang³ and Bongkoj Boonburapong^{1*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ 10110

³วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120

¹Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110

²Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110

³Chulabhorn International College of Medicine, Thammasat University, Pathumthani, 12120

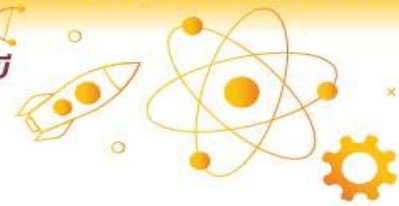
*Corresponding author E-mail: bongkoj@g.swu.ac.th

Received 30 March 2023, Accepted 21 June 2023, Published 26 June 2023

บทคัดย่อ

ความเครียดจากเกลือและออสโมติกในสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาของพืช ทำให้พืชมีระบบป้องกันสภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อมด้วยการนำสารเข้าและออกจากเซลล์ หรือ ผลิตภัณฑ์ประเภทออสโมโพรเทคแทนต์เพื่อรักษาสสมดุลภายในเซลล์ให้เป็นปกติ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของความเครียดจากเกลือและออสโมติกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรลีนและบีเทนของแบบจำลองเซลล์พืช และ 2) ศึกษาผลของโพรลีนและบีเทนต่อแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก โดยศึกษาแบบจำลองเซลล์พืชจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง มีขนาด กว้าง×ยาว×สูง 1x1x1 เซนติเมตร นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และ ซูโครส ความเข้มข้นร้อยละ 0 – 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และ ติดตามปริมาณโพรลีนและบีเทนของแบบจำลองเซลล์เป็นระยะเวลา 180 นาที พบว่าแบบจำลองเซลล์พืชที่มีปริมาณโพรลีนและบีเทนมากที่สุด คือ ไซเท้า รองลงมา คือ มันฝรั่ง และ น้อยที่สุด คือ แครอท จากนั้นนำแบบจำลองเซลล์พืชแช่ในสารละลายที่มีความเครียดจากเกลือและออสโมติกเสริมโพรลีนและบีเทน ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นฐานของแบบจำลองเซลล์พืช ได้แก่ น้ำหนักสด และ ปริมาตรของแบบจำลองเซลล์พืชเป็นระยะเวลา 180 นาที พบว่า โพรลีนช่วยรักษาลักษณะพื้นฐานของแบบจำลองเซลล์ทั้ง 3 ชนิด ภายใต้สภาวะเครียดจากออสโมติก และบีเทนช่วยรักษาลักษณะพื้นฐานของแบบจำลองเซลล์ทั้ง 3 ชนิด ภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือ จากการศึกษานี้อธิบายได้ว่าโพรลีนและบีเทนเป็นสารออสโมโพรเทคแทนต์ที่แบบจำลองเซลล์ของพืชผลิตขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก และการเพิ่มโพรลีนและบีเทนทำให้แบบจำลองเซลล์พืชคงสภาพได้ภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก

คำสำคัญ: ความเครียดจากเกลือ ความเครียดจากออสโมติก แบบจำลองเซลล์พืช โพรลีน บีเทน



ABSTRACT

Salinity and osmotic stresses in the environment affect plant morphology and physiology. Plants uptake and produce osmoprotectants to maintain osmotic homeostasis as a protective mechanism during stressful conditions. The objectives of this research were to 1) investigate the effect of salt and osmotic stresses on proline and betaine content of plant cell models, and 2) investigate the effect of proline and betaine on plant cell models under salt and osmotic stresses. The plant cell models sized 1x1x1 centimeters (radish, potato, and carrot) were soaked in various concentrations of NaCl and sucrose ranging from 0-30% (w/v) and subjected to determine proline and betaine contents every 30 minutes for 180 minutes. The result showed that the highest proline and betaine contents were observed in radish and followed by potato and carrot. All plant cell models were soaked in salt and osmotic stresses with 10 mM proline and 10 mM betaine and subjected to determine fresh weight and volume of the plant cell model every 30 min for 180 min. The results showed that proline could prolong the morphological alteration of all tested plant cell models under osmotic stress. Under salt stress, betaine could prolong the morphological alteration of all tested plant cell models. This finding suggested that proline and betaine are osmoregulators produced by plant cell models under salt and osmotic stresses, and exogenous application of proline and betaine maintains morphological changes of the plant cell model under salt and osmotic stresses.

Keywords: Salt stress, Osmotic stress, Plant cell model, Proline, Betaine

บทนำ

ความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญในสิ่งแวดล้อมทั้งทางดินและทางน้ำเนื่องจากส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ทำให้สามารถแบ่งสิ่งมีชีวิตที่มีความไวต่อความเค็มและสิ่งมีชีวิตทนเค็ม ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่มีความไวต่อความเค็มจะสามารถเจริญได้ภายใต้สภาวะที่มีความเค็มระดับหนึ่งเท่านั้น (วิจิตพล และคณะ, 2553; สุรศักดิ์, 2554; Smolen et al., 2020; Gibberd et al., 2002; Roy et al., 2014; Flowers et al., 2015) สิ่งมีชีวิตทนเค็มสามารถเจริญเติบโตภายใต้สภาวะที่มีความเค็มระดับสูง เนื่องจากการปรับตัวทนความเป็นพิษของไอออนโซเดียม และ ทนแรงดันออสโมติกที่กระทำต่อเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ กลไกที่ใช้ในการทนเค็มมีหลายรูปแบบ เช่น การผลิตสารที่มีความสามารถในการรักษาสมดุลของไอออนโซเดียมและลดแรงดันออสโมติก เรียกว่า สารออสโมโพรเทคแทนต์ (Osmoprotectant) ส่วนมากสารชนิดนี้จะอยู่ในรูปของกรดอะมิโน และ อนุพันธ์ของกรดอะมิโน ได้แก่ โพรลีน และ บีเทน สิ่งมีชีวิตบางชนิดปรับตัวโดยการเพิ่มการนำเข้าของสารออสโมโพรเทคแทนต์โดยเพิ่มปริมาณโปรตีนขนส่งส่งที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น โปรตีนขนส่งส่งโพรลีน (Proline transporter) และ โปรตีนขนส่งส่งบีเทน (Betaine transporter) เพื่อนำเข้าสารโพรลีนและบีเทนมารักษามวลภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก (Laloknam et al., 2006; Laloknam et al., 2014) สำหรับไซยาโนแบคทีเรียและพืชบางชนิดถ้าอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความเค็มและออสโมติกเพิ่มการผลิตเอนไซม์บางชนิดเพื่อเข้ามารักษามวลจากการเพิ่มอนุมูลอิสระภายในเซลล์ร่วมกับโปรตีนขนส่งบางชนิดเพื่อกำจัดเกลือและรักษามวลของเซลล์ เช่น การขับ Na^+ ออกนอกเซลล์ และ รักษาสมดุลโปรตอน (H^+) ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ด้วยเอนไซม์โซเดียมเอทีพีเอส ($\text{Na}^+ - \text{ATPase}$)



โซเดียม/โปรตอนแอนติพอร์เตอร์ (Na^+/H^+ antiporter) และ โปรตีนปั๊มโซเดียมโพแทสเซียม (Na^+/K^+ pump) (Padan and Schuldiner, 1996; Kapper et al., 1996; Waditee et al., 2001; Waditee et al., 2002; Waditee et al., 2005)

หัวไชเท้า (Chinese radish ชื่อวิทยาศาสตร์ *Raphanus sativus* L.) เป็นพืชที่นิยมนำมาประกอบอาหารไทย ในรูปแบบแกงจืด เนื่องจากมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และ มีกากใยอาหาร แครอท (Carrot ชื่อวิทยาศาสตร์ *Daucus carota* S.) เป็นพืชที่นิยมนำมาประกอบอาหารสากลโดยเฉพาะในสลัดเป็นพืชที่มีกากใยอาหาร และมีสารเบต้าแคโรทีน และ มันฝรั่ง (Potato ชื่อวิทยาศาสตร์ *Solanum tuberosum*) เป็นพืชที่นิยมนำมาประกอบอาหารประเภทสากล ในรูปแบบแกงจืด เนื่องจากมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูงจึงอยู่ในกลุ่มที่ให้พลังงาน มีงานวิจัยศึกษาการนำพืชทั้งสามชนิดไปเพาะปลูกภายใต้สภาวะที่มีความเค็มในรูปแบบของการเพาะเมล็ดและติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืช ศึกษาอัตราการรอด และการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิด นอกจากนี้ยังมีการติดตามสารออสโมโพรเทคแทนต์บางชนิด เช่น กรดอะมิโนโพรลีน และ อนุพันธ์ของกรดอะมิโนไกลซีน-ปีเทน โดยต้องใช้ต้นอ่อนทั้งหมดในการศึกษา พบว่า พืชทั้งสามชนิดมีอัตราการงอกลดลงภายใต้ภาวะที่มีความเค็ม และ ผลิตสารโพรลีนและปีเทนสูงขึ้นในระดับหนึ่งของแต่ละสภาวะความเค็มที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งมีชีวิตอีกหลายชนิด ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ สาหร่ายสีเขียว ไชยาโนแบคทีเรียบางชนิด ข้าว และ ผักขม (เจนนี้และคณะ, 2553; โพธิธรรณ และคณะ, 2555; Kumar et al., 2004; Eraslan et al., 2007; Nagaz et al., 2012; Raigond et al., 2020; Ali et al., 2020; Jaarsma et al., 2013; Li et al., 2016; VishnuPriya et al., 2020)

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแบบจำลองเซลล์พืช 3 ชนิด แครอท ไชเท้า และ มันฝรั่งภายใต้ภาวะที่มีความเค็มจากเกลือ โดยนำรากพิเศษของแครอท ไชเท้า และมันฝรั่ง มาหั่นให้เป็นชิ้นทรงลูกบาศก์ที่มีขนาดด้านกว้าง ด้านยาว และด้านสูง 1 เซนติเมตร ไปทำการทดสอบภายใต้ภาวะที่มีความเค็มจากเกลือและออสโมติก พบว่าแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและน้ำหนักลดลง (สุรศักดิ์ และคณะ, 2565) ในงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองต่อยอดงานวิจัยดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะเค็มจากเกลือและออสโมติกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรลีนและปีเทนของแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไชเท้า และ มันฝรั่ง และ ผลของการเสริมโพรลีนและปีเทนภายใต้สภาวะเค็มจากเกลือและออสโมติกต่อลักษณะของแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไชเท้า และ มันฝรั่ง ประโยชน์ของการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการออกแบบการปลูกพืชภายใต้สภาวะที่มีความเค็มจากเกลือและออสโมติกของพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ต่อไป

วิธีการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ของพืช

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาสร้างแบบจำลองเซลล์พืชดำเนินการตามวิธีของ สุรศักดิ์ และคณะ (2565) นำหัวแครอท ไชเท้า และ มันฝรั่ง ชื่อจากร้านค้าในตลาดนัดนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ล่างท่าความสะอาดพืชตัวอย่างด้วยน้ำประปา แล้วแช่ให้แห้งด้วยผ้าสะอาด นำมาปอกเปลือกและหั่นด้วยมีดให้มีขนาด กว้างxยาวxสูง ด้านละ 1 เซนติเมตร

การเตรียมตัวอย่างสารละลายที่ใช้ในการศึกษา

กรณีศึกษาภายใต้สภาวะเค็มจากเกลือ : เตรียมสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยชั่งโซเดียมคลอไรด์ 30 กรัม นำไปละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียม



สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยการเจือจางสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรกับน้ำกลั่น

กรณีศึกษาภายใต้สภาวะเครียดจากออสโมติก : เตรียมสารละลายซูโครสเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยซูโครส 30 กรัม นำไปละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมสารละลายซูโครสเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10 และ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยการเจือจางสารละลายซูโครสเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรกับน้ำกลั่น

กรณีศึกษาภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติกที่มีโพรีนและบีเทน : ใช้ความเข้มข้นโพรีนและบีเทนสุดท้ายความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์

การศึกษาผลของสภาวะเครียดจากเกลือต่อปริมาณโพรีนและบีเทนของแบบจำลองเซลล์พืช

นำแบบจำลองเซลล์แครอท ไซเท้า และมันฝรั่ง ชนิดละ 3 เซลล์ ใส่ลงในแก้วพลาสติกใสที่มีสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แต่ละความเข้มข้นมีปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามวัดปริมาณโพรีนและบีเทน ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที

การศึกษาผลของสภาวะเครียดจากออสโมติกต่อปริมาณโพรีนและบีเทนของแบบจำลองเซลล์พืช

นำแบบจำลองเซลล์แครอท ไซเท้า และมันฝรั่ง ชนิดละ 3 เซลล์ ใส่ลงในแก้วพลาสติกใสที่มีสารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 0, 5, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แต่ละความเข้มข้นมีปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามวัดปริมาณโพรีนและบีเทน ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที

การวัดปริมาณโพรีน

การวัดปริมาณโพรีนดัดแปลงจากวิธีของ เจนนี และคณะ (2553) ทำการชั่งแบบจำลองเซลล์พืชที่ต้องการศึกษาปริมาณ 0.5 กรัม เติมน้ำสารละลายกรดซัลฟิวริก 10% ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บดให้ละเอียด แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 นำสารละลายที่กรองได้เติมกรดไนโตรเจน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และ กรดแอสติก ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาด้วยการนำไปแช่ในน้ำแข็งทันทีระยะเวลา 10 นาที เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปล่อยให้แยกชั้นระยะเวลา 1 – 2 นาที ดูดสารละลายส่วนที่เป็นโพรีนสามารถสังเกตได้จากสารละลายมีสีชมพูอยู่ด้านบน นำสารละลายสีชมพูไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโพรีน

การวัดปริมาณบีเทน

การวัดปริมาณบีเทนดัดแปลงจาก โพธิ์ธรณ์ และคณะ (2555) ทำการชั่งแบบจำลองเซลล์พืชที่ต้องการศึกษาปริมาณ 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 250 ไมโครลิตร เติมน้ำกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 35 นาที นำไปบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที เติมน้ำสารละลายโพแทสเซียมไฮโอไดต์ ปริมาตร 5 ไมโครลิตร นำไปบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง นำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที ระยะเวลา 10 นาที ดูดสารละลายส่วนใสด้านบนออก และ เติมน้ำไดคลอโรมีเทน ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับ



ตะกอนด้านล่างให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานบีเทน

การศึกษาผลของโพรินและบีเทนต่อแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและออสโมติก

นำแบบจำลองเซลล์แครอท ไซเท้า และมันฝรั่งชนิดละ 3 เซลล์ ใส่ลงในแก้วพลาสติกใสที่มีสารละลายไซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เติมน้ำโพรินและบีเทน ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 10 มิลลิโมลาร์ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเซลล์ ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนจากสารละลายไซเดียมคลอไรด์เป็นสารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

การติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเซลล์พืช

น้ำหนักสด (กรัม) : ทำการชั่งตัวอย่างแบบจำลองเซลล์พืชก่อนทำการศึกษากับเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และเมื่อถึงเวลาที่ศึกษา เทสารละลายผ่านตะแกรงกรอง ใช้ปากคีบหยิบตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ซึ่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เทสารละลายที่กรองและหยิบตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ใส่แก้วพลาสติกใสแก้วเดิม ทำการวัดแบบนี้จนครบระยะเวลาที่ศึกษา

ปริมาตรของตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ (ลูกบาศก์เซนติเมตร) : ทำการวัดความยาวด้านกว้าง ด้านยาว และ ด้านสูงของแบบจำลองเซลล์ก่อนทำการศึกษากับไม้บรรทัด คำนวณหาปริมาตรของแบบจำลองเซลล์ และเมื่อถึงเวลาที่ศึกษาเทสารละลายผ่านตะแกรงกรอง ใช้ปากคีบหยิบตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ ทำการวัดความยาวด้านกว้าง ด้านยาว และ ด้านสูงของแบบจำลองเซลล์ด้วยไม้บรรทัดอีกครั้ง คำนวณหาปริมาตรของแบบจำลองเซลล์ เทสารละลายที่กรองและหยิบตัวอย่างแบบจำลองเซลล์ใส่แก้วพลาสติกใสแก้วเดิม ทำการวัดแบบนี้จนครบระยะเวลาที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองจากการวิจัยจัดทำทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของสภาวะเครียดจากเกลือต่อปริมาณโพรินในแบบจำลองเซลล์พืช

นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0 – 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นวัดปริมาณโพรินจากแบบจำลองเซลล์พืชทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที แสดงผลดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะปกติไม่มีเกลือไซเดียมคลอไรด์ ไซเท้ามีปริมาณโพรินสูงที่สุด รองลงมาเป็นมันฝรั่ง และ แครอทมีปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 180 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพรินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เมื่อแบบจำลองเซลล์พืชทั้งสามชนิดภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือไซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นแนวโน้มของปริมาณโพรินในแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้น โดยแบบจำลองเซลล์มีแนวโน้มปริมาณโพรินคงที่ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้สารละลายไซเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น และผลผลิตสูงสุดที่ความเข้มข้น

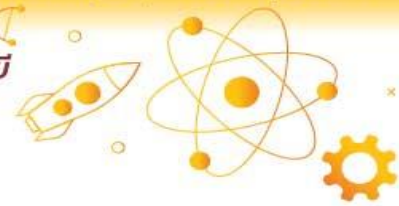


โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นไปมีแนวโน้มปริมาณโพสลินลดลง ผลของความเครียดจากเกลือต่อแบบจำลองเซลล์ของพืชทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มทำให้โพสลินสูงขึ้น และคงที่ระดับความเข้มข้นหนึ่งนั้นอาจเป็นเพราะความสามารถในการทนต่อพิษของไอออนโซเดียมลดลง ทำให้ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลง และไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิดที่ช่วยลดอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นในเซลล์ทำให้เอนไซม์ที่สังเคราะห์กรดอะมิโนโพสลินลดลงในต้นมะเขือเทศ ข้าว และ ถั่วเหลือง (Umar et al., 2018; Liu et al., 2014; Heuer, 2003; Sabagh et al., 2017; Sobahan et al., 2012)

ตารางที่ 1 ปริมาณโพสลินในแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ภายใต้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา 0 – 180 นาที (n = 3)

ชนิด แบบ จำลอง เซลล์	ความเข้มข้นของ สารละลาย โซเดียม คลอไรด์	ปริมาณโพสลินที่เวลาต่างๆ (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมโปรตีน)					
		0	30	60	120	150	180
แครอท	0%(w/v)	3.12±0.05 ^a	3.14±0.05 ^a	3.09±0.05 ^a	3.12±0.05 ^a	3.08±0.05 ^a	3.08±0.05 ^a
	5%(w/v)	3.74±0.10 ^b	3.84±0.05 ^b	5.84±0.15 ^a	5.98±0.25 ^a	6.05±0.25 ^a	6.15±0.25 ^a
	10%(w/v)	4.08±0.05 ^c	4.29±0.10 ^c	5.95±0.24 ^b	6.25±0.37 ^a	6.32±0.15 ^a	6.42±0.15 ^a
	20%(w/v)	3.94±0.05 ^b	3.82±0.15 ^b	5.39±0.27 ^a	5.42±0.32 ^a	5.49±0.25 ^a	5.59±0.25 ^a
	30%(w/v)	4.03±0.05 ^b	3.92±0.10 ^b	5.32±0.34 ^a	4.99±0.12 ^a	5.04±0.14 ^a	5.14±0.14 ^a
ไข่เต่า	0%(w/v)	5.85±0.22 ^a	5.92±0.22 ^a	5.85±0.22 ^a	5.85±0.22 ^a	5.85±0.22 ^a	6.12±0.22 ^a
	5%(w/v)	5.75±0.24 ^b	6.04±0.20 ^b	7.54±0.25 ^a	7.68±0.27 ^a	7.84±0.27 ^a	7.94±0.27 ^a
	10%(w/v)	5.32±0.22 ^c	6.32±0.22 ^b	8.35±0.25 ^a	8.45±0.41 ^a	8.47±0.30 ^a	8.51±0.30 ^a
	20%(w/v)	5.59±0.24 ^c	6.30±0.20 ^b	8.22±0.29 ^a	8.34±0.32 ^a	8.41±0.32 ^a	8.43±0.32 ^a
	30%(w/v)	5.01±0.22 ^c	6.08±0.22 ^b	7.53±0.23 ^a	7.64±0.25 ^a	7.73±0.25 ^a	7.70±0.25 ^a
มันฝรั่ง	0%(w/v)	4.15±0.25 ^a	4.24±0.20 ^a	4.10±0.20 ^a	3.95±0.25 ^a	4.05±0.20 ^a	4.15±0.20 ^a
	5%(w/v)	4.08±0.15 ^b	4.52±0.15 ^{ab}	5.60±0.22 ^a	5.35±0.16 ^a	5.40±0.26 ^a	5.45±0.26 ^a
	10%(w/v)	3.98±0.20 ^c	4.88±0.18 ^b	6.31±0.35 ^a	6.21±0.21 ^a	6.32±0.21 ^a	6.42±0.21 ^a
	20%(w/v)	3.95±0.20 ^b	4.04±0.21 ^b	4.52±0.13 ^{ab}	4.94±0.25 ^a	4.54±0.25 ^a	4.55±0.25 ^a
	30%(w/v)	4.12±0.25 ^b	4.17±0.23 ^b	4.28±0.23 ^b	4.65±0.24 ^{ab}	5.16±0.25 ^a	5.23±0.25 ^a

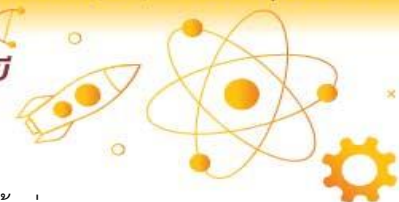
หมายเหตุ: a, b, ... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ผลของสถานะเครียดจากเกลือต่อปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืช

นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0 – 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นวัดปริมาณบีเทนจากแบบจำลองเซลล์พืชทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที แสดงผลดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะปกติไม่มีเกลือไฮเดียมคลอไรด์ ไซเท้ามีปริมาณบีเทนสูงที่สุด รองลงมาเป็นมันฝรั่ง และ แครอทมีปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 180 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณบีเทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เมื่อแบบจำลองเซลล์พืชทั้งสามชนิดภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือไฮเดียมคลอไรด์สูงขึ้นแนวโน้มของปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้น โดยแบบจำลองเซลล์มีแนวโน้มปริมาณบีเทนคงที่ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้สารละลายไฮเดียมคลอไรด์ทุกความเข้มข้น และผลที่สูงที่สุดที่ความเข้มข้นไฮเดียมคลอไรด์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ความเข้มข้นไฮเดียมคลอไรด์สูงขึ้นมีแนวโน้มปริมาณบีเทนลดลง ผลของความเครียดจากเกลือต่อแบบจำลองเซลล์ของพืชทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มทำให้บีเทนสูงขึ้น และคงที่ระดับความเข้มข้นหนึ่งนั้นอาจเป็นเพราะความสามารถในการทนต่อพิษของไอออนไฮเดียมลดลง ทำให้ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลง และไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น ไฮเดียมโปรตอนแอนติพอร์เตอร์ และ บีเทนทรานสพอร์เตอร์ ทำให้มีการขนส่งสารที่ไม่ดี รวมถึงไม่สามารถลดอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น และ การทำงานของเอนไซม์ที่สังเคราะห์บีเทนลดลงเหมือนที่มีในรายงานในแครอท มันฝรั่ง และ สิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย (Smolen et al., 2020; Gibberd et al., 2002; Roy et al., 2014; Laloknam et al., 2014; Padan and Schuldiner, 1996; Waditee et al., 2002; Waditee et al., 2005; Raigond et al., 2020)



ตารางที่ 2 ปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ภายใต้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ
ที่ระยะเวลา 0 – 180 นาที ($n = 3$)

ชนิด แบบจำลอง เซลล์	ความเข้มข้น ของสารละลาย โซเดียม คลอไรด์	ปริมาณบีเทนที่เวลาต่างๆ (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัมโปรตีน)					
		0	30	60	120	150	180
แครอท	0%(w/v)	4.22±0.05 ^a	4.14±0.05 ^a	4.19±0.05 ^a	4.15±0.05 ^a	4.18±0.05 ^a	4.16±0.05 ^a
	5%(w/v)	4.24±0.10 ^b	4.82±0.05 ^b	6.74±0.15 ^a	6.95±0.25 ^a	7.00±0.25 ^a	7.05±0.25 ^a
	10%(w/v)	4.18±0.05 ^c	6.29±0.10 ^b	7.25±0.24 ^a	7.35±0.37 ^a	7.22±0.15 ^a	7.23±0.15 ^a
	20%(w/v)	3.94±0.05 ^c	4.82±0.15 ^b	5.19±0.27 ^a	5.22±0.32 ^a	5.39±0.25 ^a	5.49±0.25 ^a
	30%(w/v)	4.13±0.05 ^b	4.72±0.10 ^a	4.72±0.34 ^a	4.89±0.12 ^a	4.94±0.14 ^a	5.05±0.14 ^a
ไชเท้า	0%(w/v)	7.84±0.22 ^a	7.95±0.22 ^a	7.93±0.22 ^a	7.92±0.22 ^a	7.84±0.22 ^a	7.62±0.22 ^a
	5%(w/v)	7.65±0.24 ^b	7.94±0.20 ^{ab}	8.24±0.25 ^a	8.68±0.27 ^a	8.86±0.27 ^a	8.94±0.27 ^a
	10%(w/v)	7.72±0.22 ^c	8.26±0.22 ^b	9.45±0.25 ^a	9.55±0.41 ^a	9.60±0.30 ^a	9.65±0.30 ^a
	20%(w/v)	7.69±0.24 ^b	7.80±0.20 ^b	8.42±0.29 ^a	8.54±0.32 ^a	8.61±0.32 ^a	8.65±0.32 ^a
	30%(w/v)	7.51±0.22 ^a	7.38±0.22 ^a	7.43±0.23 ^a	7.56±0.25 ^a	7.62±0.25 ^a	7.65±0.25 ^a
มันฝรั่ง	0%(w/v)	5.15±0.25 ^a	5.24±0.20 ^a	5.10±0.20 ^a	5.15±0.25 ^a	5.15±0.20 ^a	5.20±0.20 ^a
	5%(w/v)	5.08±0.15 ^b	5.42±0.15 ^{ab}	6.30±0.22 ^a	6.45±0.16 ^a	6.52±0.26 ^a	6.55±0.26 ^a
	10%(w/v)	4.98±0.20 ^c	5.88±0.18 ^b	7.31±0.35 ^a	7.41±0.21 ^a	7.45±0.21 ^a	7.52±0.21 ^a
	20%(w/v)	4.99±0.20 ^d	5.54±0.21 ^{cd}	5.95±0.13 ^c	6.14±0.25 ^b	6.54±0.25 ^a	6.55±0.25 ^a
	30%(w/v)	5.11±0.25 ^b	5.17±0.23 ^b	5.28±0.23 ^b	5.65±0.24 ^{ab}	5.86±0.25 ^a	5.93±0.25 ^a

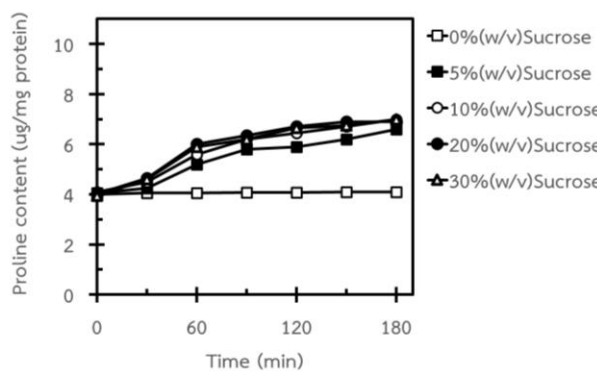
หมายเหตุ: a, b, ... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลของสภาวะเครียดจากออสโมติกต่อปริมาณโปรตีนในแบบจำลองเซลล์พืช

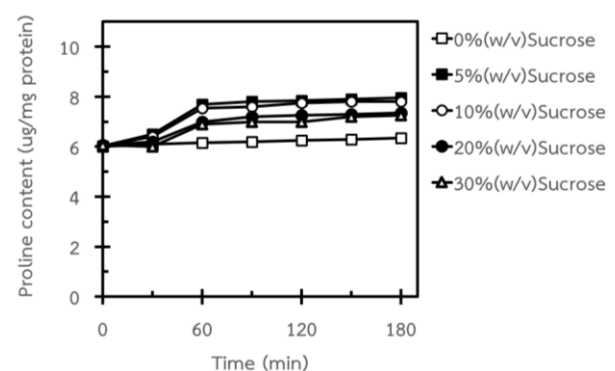
นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไชเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 0 – 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นวัดปริมาณโปรตีนจากแบบจำลองเซลล์พืชทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที แสดงผลดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะปกติไม่มีซูโครส ไชเท้ามีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาเป็นมันฝรั่ง และ แครอทมีปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 180 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เมื่อแบบจำลองเซลล์พืชทั้งสามชนิดภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของซูโครสสูงขึ้นแนวโน้มของปริมาณโปรตีนในแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มปริมาณโปรตีนคงที่ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้สารละลายซูโครสทุกความเข้มข้น และผลิตสูงสุดที่ความเข้มข้นซูโครสร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ความเข้มข้นซูโครสสูงขึ้นมีแนวโน้มปริมาณโปรตีนลดลง แบบจำลองเซลล์สามารถผลิตโปรตีนได้สูงขึ้นภายใต้ภาวะเครียดจากออสโมติกอาจเป็น

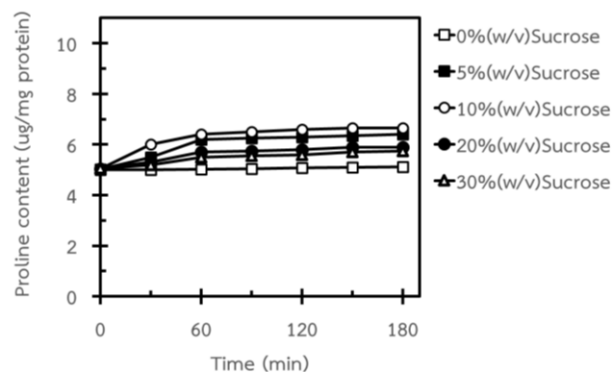
เพราะโพรลีนช่วยรักษาสมดุลของปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ภายนอกเซลล์ที่มากกว่าและช่วยทำให้อัตราในการนำเข้าน้ำและออกจากเซลล์เป็นปกติเมื่อมีปริมาณมากขึ้นจะทำให้เซลล์อยู่ในสภาวะปกติแต่เมื่อมีความเข้มข้นมากเกินไปจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ได้เพราะมีภาวะทำให้เซลล์เหี่ยวได้เร็วเมื่อมีความเข้มข้นสูงเซลล์ผลิตโพรลีนไม่ทัน (วิจิตพล และคณะ, 2553; สุรศักดิ์, 2554; Flowers et al., 2015; VishnuPriya et al., 2020)



(ก)



(ข)



(ค)

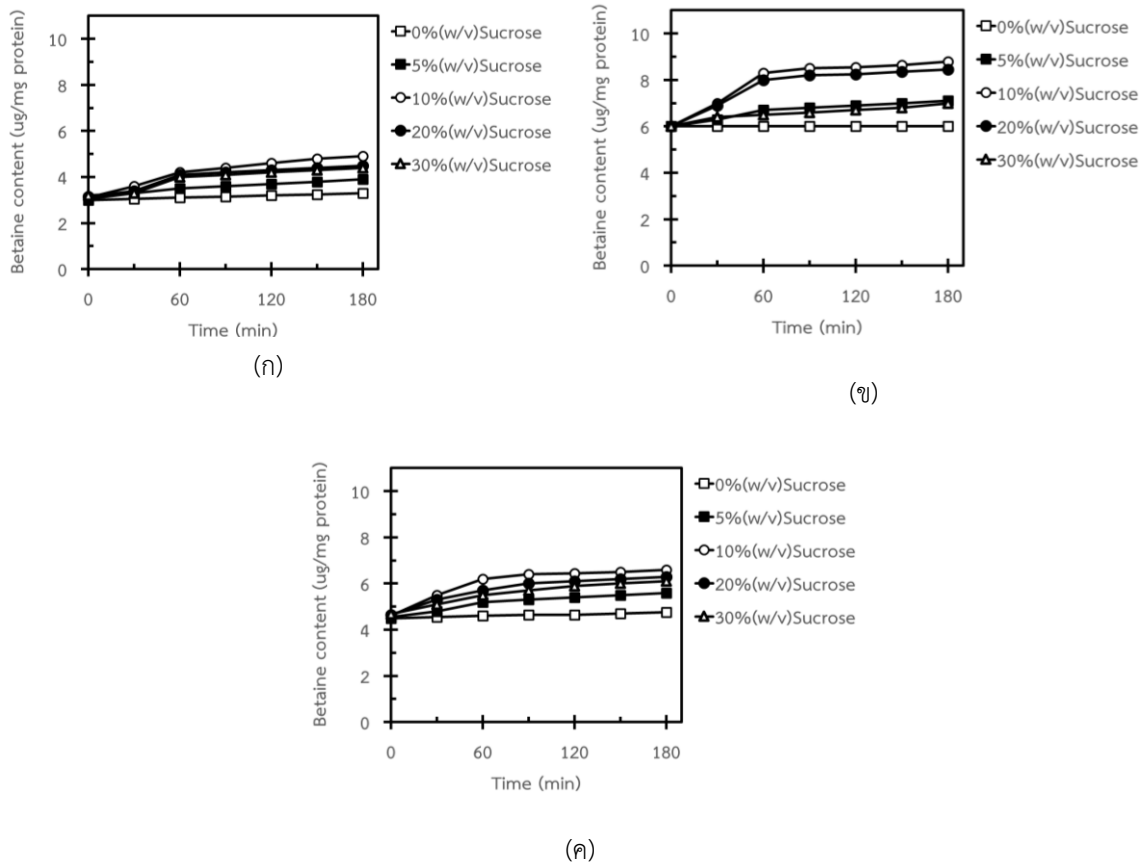
ภาพที่ 1 ปริมาณโพรลีนในแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ก) แครอท ข) ไซเท้า และ ค) มันฝรั่ง
ภายใต้สารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา 0 – 180 นาที (n = 3)

ผลของสภาวะเครียดจากออสโมติกต่อปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืช

นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 0 – 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นวัดปริมาณบีเทนจากแบบจำลองเซลล์พืชทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 180 นาที แสดงผลดังภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สภาวะปกติไม่มีซูโครส ไซเท้ามีปริมาณบีเทนสูงที่สุด รองลงมาเป็นมันฝรั่ง และ แครอทมีปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 180 นาที ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณบีเทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เมื่อแบบจำลองเซลล์พืชทั้งสามชนิดภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของซูโครส

สูงขึ้นแนวโน้มของปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้น โดยมีแนวโน้มปริมาณบีเทนคงที่ระยะเวลา 60 นาที ภายใต้สารละลายซูโครสทุกความเข้มข้น และผลิตสูงสุดที่ความเข้มข้นซูโครสร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ความเข้มข้นซูโครสสูงขึ้นมีแนวโน้มปริมาณบีเทนลดลง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายใต้ภาวะเครียดจากออสโมติกมีการปรับตัวเพื่อลดแรงดันออสโมติก ระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ให้สมดุลด้วยอัตราเร็วที่เหมาะสมในการปรับเปลี่ยนปริมาณที่เกิดจากแรงดันน้ำที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ของพืชให้ความทนต่อแรงดันออสโมติก เมื่อความเข้มข้นของภายนอกเซลล์สูงเกินไปอัตราเร็วในการนำเข้าสู่สาร และการปรับเมแทบอลิซึมในเซลล์เพื่อปรับตัวไม่ทันกันทำให้การผลิตบีเทนลดลงไปด้วย (Flowers et al., 2015; Eraslan et al., 2020; Nagaz et al., 2020; สุรศักดิ์ และคณะ, 2565)

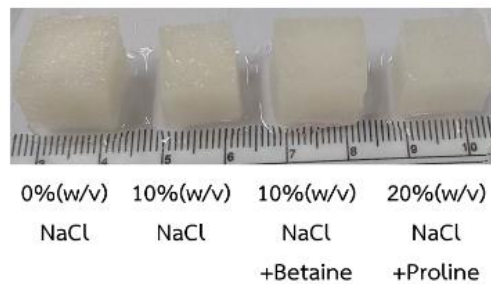


ภาพที่ 2 ปริมาณบีเทนในแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ก) แครอท ข) ไซเท้า และ ค) มันฝรั่ง ภายใต้สารละลายซูโครสความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลา 0 – 180 นาที (n = 3)

ผลของโพสลินและบีเทนต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือ

นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และ กำหนดให้เป็นสภาวะเครียดจากเกลือ จากนั้นเสริมสภาวะเครียดจากเกลือด้วยโพสลินและบีเทนให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 10 มิลลิโมลาร์ จากการศึกษาเบื้องต้นแบบจำลองเซลล์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลา 60 นาที ติดตามการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเซลล์ด้านน้ำหนักสดและปริมาตรแบบจำลองเซลล์ ตัวอย่างของแบบจำลองเซลล์ไซเท้า ดังภาพที่ 3 และ แสดงผลของแบบจำลองพืชทุกชนิดดังตารางที่ 3

จากภาพที่ 3 และตารางที่ 3 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือมีน้ำหนักสดและปริมาตรลดลงจากสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อมีการเสริมโพรลีนและบีเทนทำให้น้ำหนักและปริมาตรของแบบจำลองเซลล์มีแนวโน้มเท่ากับสภาวะปกติ นอกจากนี้การเสริมบีเทนในสภาวะเครียดจากเกลือมีแนวโน้มรักษาลักษณะของแบบจำลองเซลล์ได้ดีกว่าการเสริมด้วยโพรลีน



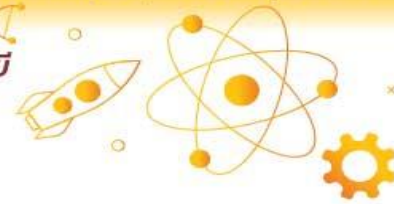
ภาพที่ 3 ลักษณะแบบจำลองเซลล์ไซเท้าภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือที่มีการเสริมบีเทนและโพรลีน

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10

โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เสริมโพรลีน และ บีเทน ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ที่เวลา 60 นาที (n = 3)

ชนิดแบบจำลองเซลล์	สภาวะ	น้ำหนักสด (กรัม)	ปริมาตรเซลล์ (cm ³)	สภาวะ	น้ำหนักสด (กรัม)	ปริมาตรเซลล์ (cm ³)
แครอท	ปกติ	2.05±0.17 ^a	1.15±0.34 ^a	ปกติ	2.02±0.25 ^a	1.25±0.22 ^a
	สภาวะเครียด	1.41±0.11 ^b	0.69±0.23 ^b	สภาวะเครียด	1.52±0.21 ^b	0.72±0.23 ^b
	สภาวะเครียดเสริมโพรลีน	1.85±0.21 ^a	1.15±0.23 ^a	สภาวะเครียดเสริมบีเทน	2.12±0.21 ^a	1.21±0.33 ^a
ไซเท้า	ปกติ	2.05±0.20 ^a	1.14±0.17 ^a	ปกติ	1.92±0.25 ^a	1.26±0.15 ^a
	สภาวะเครียด	1.75±0.17 ^b	0.75±0.15 ^b	สภาวะเครียด	1.69±0.20 ^b	0.80±0.20 ^b
	สภาวะเครียดเสริมโพรลีน	1.95±0.20 ^a	1.10±0.20 ^a	สภาวะเครียดเสริมบีเทน	1.91±0.20 ^a	1.25±0.25 ^a
มันฝรั่ง	ปกติ	2.13±0.24 ^a	1.12±0.23 ^a	ปกติ	2.10±0.22 ^a	1.15±0.20 ^a
	สภาวะเครียด	1.86±0.25 ^b	0.91±0.20 ^a	สภาวะเครียด	1.80±0.20 ^b	0.88±0.22 ^b
	สภาวะเครียดเสริมโพรลีน	1.94±0.15 ^{ab}	1.08±0.16 ^a	สภาวะเครียดเสริมบีเทน	2.05±0.15 ^a	1.14±0.22 ^a

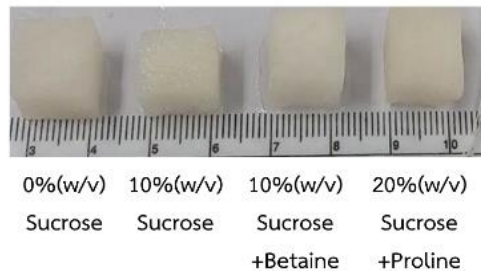
หมายเหตุ: a, b, ... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ผลของโพสลินและบีเทนต่อการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้ภาวะเครียดจากออสโมติก

นำแบบจำลองเซลล์พืช จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ใส่ในสารละลายซูโครสร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และ กำหนดให้เป็นสภาวะเครียดจากออสโมติก จากนั้นเสริมภาวะเครียดจากออสโมติกด้วยโพสลินและบีเทนให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 10 มิลลิโมลาร์ จากการศึกษาเบื้องต้นแบบจำลองเซลล์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลา 60 นาที ติดตามการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเซลล์ด้านน้ำหนักสดและปริมาตรแบบจำลองเซลล์ ตัวอย่างของแบบจำลองเซลล์ไซเท้า ดังภาพที่ 4 และ แสดงผลของแบบจำลองพืชทุกชนิดดังตารางที่ 4

จากภาพที่ 4 และ ตารางที่ 4 พบว่า แบบจำลองเซลล์พืชทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง ภายใต้สภาวะเครียดจากออสโมติกมีน้ำหนักสดและปริมาตรลดลงจากสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อมีการเสริมโพสลินและบีเทนทำให้น้ำหนักและปริมาตรของแบบจำลองเซลล์มีแนวโน้มเท่ากับสภาวะปกติ นอกจากนี้การเสริมโพสลินในสภาวะเครียดจากออสโมติกมีแนวโน้มรักษาลักษณะของแบบจำลองเซลล์ได้ดีกว่าการเสริมด้วยบีเทน



ภาพที่ 4 ลักษณะแบบจำลองเซลล์ไซเท้าภายใต้ภาวะเครียดจากออสโมติกที่มีการเสริมบีเทนและโพสลิน

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองเซลล์พืชภายใต้สารละลายซูโครสความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เสริมโพสลิน และ บีเทน ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ที่เวลา 60 นาที (n = 3)

ชนิดแบบจำลองเซลล์	สภาวะ	น้ำหนักสด (กรัม)	ปริมาตรเซลล์ (cm ³)	สภาวะ	น้ำหนักสด (กรัม)	ปริมาตรเซลล์ (cm ³)
แครอท	ปกติ	2.04±0.17 ^a	1.20±0.34 ^a	ปกติ	2.06±0.15 ^a	1.22±0.32 ^a
	สภาวะเครียด	1.51±0.11 ^b	0.86±0.23 ^b	สภาวะเครียด	1.62±0.21 ^b	1.02±0.23 ^b
	สภาวะเครียด เสริมโพสลิน	1.85±0.21 ^a	1.15±0.23 ^a	สภาวะเครียด เสริมบีเทน	2.12±0.21 ^a	1.21±0.33 ^a
ไซเท้า	ปกติ	1.99±0.20 ^a	1.15±0.17 ^a	ปกติ	1.88±0.21 ^a	1.16±0.25 ^a
	สภาวะเครียด	1.65±0.17 ^a	0.84±0.15 ^b	สภาวะเครียด	1.64±0.25 ^b	0.82±0.18 ^b
	สภาวะเครียด เสริมโพสลิน	1.95±0.22 ^a	1.12±0.18 ^a	สภาวะเครียด เสริมบีเทน	1.88±0.20 ^a	1.15±0.20 ^a
มันฝรั่ง	ปกติ	2.11±0.25 ^a	1.15±0.23 ^a	ปกติ	2.16±0.25 ^a	1.17±0.24 ^a
	สภาวะเครียด	1.82±0.15 ^b	0.88±0.22 ^b	สภาวะเครียด	1.84±0.15 ^b	0.98±0.16 ^b
	สภาวะเครียด เสริมโพสลิน	2.09±0.10 ^{ab}	1.12±0.16 ^a	สภาวะเครียด เสริมบีเทน	2.01±0.15 ^a	1.16±0.21 ^a



หมายเหตุ: a, b, ... ตัวอักษรต่างกันของข้อมูลในตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 3 และ 4 พบว่า โพรลีนและบีเทนสามารถรักษาสภาพของรูปร่างของแบบจำลองเซลล์ได้โดยพิจารณาจากน้ำหนักและปริมาตรของแบบจำลองเซลล์เหมือนสภาวะปกติในพืชทุกชนิดที่ศึกษา ทั้งนี้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสัญญาณของแบบจำลองเซลล์มากกว่าสารละลายซูโครส ทั้งในด้านน้ำหนักและปริมาตรของแบบจำลอง เซลล์ โดยผลกระทบทั้งความเข้มข้นของเกลือและซูโครสเปรียบได้กับความเค็มและแรงดันออสโมติกที่ส่งผลกระทบต่อเซลล์ เห็นได้ ว่าชนิดของเซลล์พืชก็มีผลต่อความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ (สุรศักดิ์ และคณะ, 2565) สภาวะเครียดจากเกลือ และออสโมติกของแบบจำลองเซลล์ทั้งสามชนิดมีแนวโน้มในการทนเค็มและแรงดันออสโมติกได้เมื่อมีการเสริมด้วยโพรลีนและ บีเทน หมายความว่าแบบจำลองเซลล์ทั้งสามชนิดสามารถนำเข้าโพรลีนและบีเทนได้ สอดคล้องกับรายงานที่พืชทั้งสามชนิดได้มีการ ศึกษาความสามารถในการทนเค็มและออสโมติกเนื่องจากมีโปรตีนที่สามารถนำเข้าโพรลีนและบีเทนได้และทำให้เจริญเติบโตได้ ในสภาวะที่มีความเค็มและออสโมติก เมื่อมีความเค็มและออสโมติกที่สูงกระตุ้นให้มีการสร้างยีนส์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีน ขนส่งและเอนไซม์ที่ผลิตโพรลีนและบีเทน เช่น โซเดียมโปรตอนแอนติพอร์เตอร์ (Na^+ antiporter) ร่วมกับการสะสมกรดอะมิโนชนิด โพรลีนซึ่งเป็นสารออสโมโพรเทคแทนต์ชนิดหนึ่งช่วยลดแรงดันออสโมติกและลดความเครียดจากเกลือได้ (Han et al., 2003; Hmida-Sayari et al., 2005; Kilani, et al., 2014; Wu et al., 2013; Jungklang, 2018)

สรุปผลการวิจัย

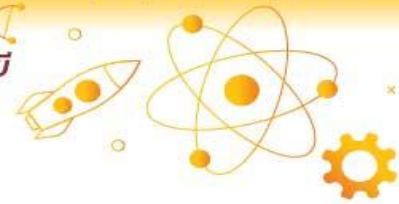
1. ภาวะที่มีความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์และออสโมติกทำให้แบบจำลองเซลล์แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่งผลิต ปริมาณโพรลีน และ บีเทน สูงขึ้น ผลิตสูงสุดที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
2. โพรลีนและบีเทนช่วยทำให้แบบจำลองเซลล์แครอท ไซเท้า และ มันฝรั่ง เกิดสมดุลภายในเซลล์ทำให้ลักษณะสัญญาณ ของแบบจำลองเซลล์ภายใต้ภาวะที่มีความเครียดจากเกลือและออสโมติกเป็นปกติ
3. แบบจำลองเซลล์ไซเท้าผลิตโพรลีนและบีเทนได้สูงที่สุดภายใต้ภาวะที่มีความเครียดจากเกลือและออสโมติกรองลงมา คือมันฝรั่งและแครอทน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของความเข้มข้นของสารออสโมโพรเทคแทนต์ต่อการรักษาสภาพของ รูปร่างของเซลล์ หรือ ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาแรงดันออสโมติก เช่น เอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) แคทาเลส (catalase) และ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (super oxide dismutase)

กิตติกรรมประกาศ

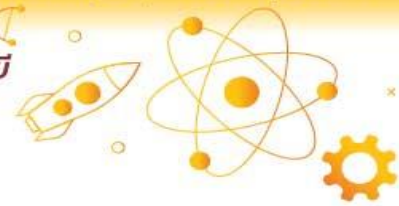
ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- เจนนี่ เจา, สายสุณีย์ ลิ้มชวงศ, สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, และสุรศักดิ์ละลอกน้ำ. (2553). ผลของความเครียดจากเกลือต่อปริมาณโพรงในแคลลัสสละ. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 1(2), 103 – 107.
- โพธิธรณ์ ครรชิตานุรักษ์, กนกกานต์ นาคทอง, ชัยศาสตร์ คเชนทรสุวรรณ, และสุรศักดิ์ละลอกน้ำ. (2555). ผลของความเค็มต่อการเจริญและปริมาณบีโตนของไซยาโนแบคทีเรียชนิดเส้นสาย *Anabaena* sp. *Nostoc* sp. และ *Spirulina* sp. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 3(2), 110 – 115.
- วิจิตพล มีแก้ว, ณัฐพล ชันธปราบ, และสุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2553). การปรับตัวของพืชภายใต้ภาวะที่มีความเค็ม. **กาวทันโลกวิทยาศาสตร์**, 10(2), 28 – 37.
- สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2554). การปรับตัวของไซยาโนแบคทีเรียภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือ. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 2(1), 82–88.
- สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ, วรณญา แก้วคำ, สาลินี เต็งน้อย, ทรงกลด ไบยา, อารมณ์ บัวหลวง, และบงกช บุญบุรพงศ์. (2565). ผลของความเครียดจากเกลือและออสโมติกต่อลักษณะสัณฐานของแบบจำลองเซลล์ของพืช. ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 4 ประจำปี 2565 “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน”** (หน้า 118 – 127). เลย: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- Ali, A., Ali, Q., Iqbal, M. S., Nasir, I. A., and Wang, X. (2020). Salt Tolerance of Potato Genetically Engineered with the *Atriplex canescens* BADH Gene. **Biologia Plantarum**, 64, 271–279.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., and Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. **Scientia Horticulturae**, 113, 120–128.
- Flowers, T. J., Munns, R., and Colmer, T. D. (2015). Sodium Chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. **Annals of Botany**, 115, 419–431.
- Gibberd, M. R., Turner, N. C., and Storey, R. (2002). Influence of saline irrigation on growth, ion accumulation and partitioning, and leaf gas exchange of carrot (*Daucus carota* L.). **Annals of Botany**, 90, 715–724.
- Han, K. H., and Hwang, C. H. (2003). Salt tolerance enhanced by transformation of a P5CS gene in carrot. **Journal of Plant Biotechnology**, 5 (3), 157–161.
- Heuer, B. (2003). Influence of exogenous application of proline and glycinebetaine on growth of salt-stressed tomato plants. **Plant Science**, 165, 693–699.
- Hmida-Sayari, A., Gargouri-Bouzid, R., Bidani, A., Jaoua, L., Savoure, and A., Jaoua, S. (2005). Overexpression of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthetase increases proline production and confers salt tolerance in transgenic potato plants. **Plant Science**, 169 (4), 746–752.
- Jaarsma, R., de Vries, R. S. M., and de Boer, A. H. (2013). Effect of Salt Stress on Growth, Na^+ Accumulation and Proline Metabolism in Potato (*Solanum tuberosum*) Cultivars. **PLoS ONE**, 8, e60183.

- Jungklang, J. (2018). Effects of sodium chloride on germination, growth, relative water content, and chlorophyll, proline, malondialdehyde and vitamin C contents in Chinese white radish seedlings (*Raphanus sativus* L. var. longipinnatus Bailey). **Maejo International Journal of Science and Technology**, 12(02), 89-100.
- Kapper, R. M., Kempf, B., and Bremer, F. (1996). Three transport systems for the osmoprotectant glycine betaine operate in *Bacillus subtilis*: characterization of OpuD. **Journal of Bacteriology**, 178, 5071- 5079.
- Kilani, B. R., Abdelly, C., and Savouré, A. (2014). How reactive oxygen species and proline face stress together. **Plant Physiology and Biochemistry**, 80, 278-284.
- Kumar, S., Dhingra, A., and Daniell, H. (2004). Plastid-expressed betaine aldehyde dehydrogenase gene in carrot cultured cells, roots, and leaves confers enhanced salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**, 36, 2843–2854.
- Laloknam, S., Tanaka, K., Buaboocha, T., Waditee, R., Incharoensakdi, A., Hibino, T., ... Takabe, T. (2006). Halotolerant cyanobacterium *Aphanothece halophytica* contains a betaine transporter active at alkaline pH and high salinity. **Applied and Environmental Microbiology Journal**, 72(9), 6018- 6026.
- Laloknam, S., Kanchitanurak, P., Boonburapong, B., Rai, V., and Kongvitthaya, S. (2014). Inorganic and Organic Compounds of Freshwater Filamentous Cyanobacteria under Normal and Salt Stress Conditions. **Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, 8, 1059-1067.
- Li, Y. Z., Zhao, J. Y., Wu, S. M., Fan, X. W., Luo, X. L., and Chen, B. S. (2016). Characters related to higher starch accumulation in cassava storage roots. **Scientific Reports**, 6, 19823.
- Liu, D., He, S., Zhai, H., Wang, L., Zhao, Y., Wang, B. ... Liu, Q. (2014). Overexpression of IbP5CR enhances salt tolerance in transgenic sweet potato. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 117(1), 1–16.
- Nagaz, K. Masmoudi, M. M., and Ben, M.N. (2012). Impacts of irrigation regimes with saline water on carrot productivity and soil salinity. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 11, 19–27.
- Padan, E., and Schuldiner, S. (1996). Bacterial Na⁺ /H⁺ antiporters: molecular biology, biochemistry, and physiology. In W. N. Konings, H. R. Kaback, and J. S. Lolkema (Eds.), **Handbook of Biological Physics** (pp. 501-531). Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science,.
- Raigond, P., Atkinson, F. S., Lal, M. K., Thakur, N., Singh, B., and Mishra, T. (2020). Potato Carbohydrates. In Raigond, P., Singh, B., Dutt, S., and Chakrabarti, S. (Eds.), **Potato** (pp. 13–36). Singapore: Springer.
- Roy, S. J., Negrao, S., and Teste, R M. (2014). Salt resistant crop plants. **Current Opinion in Biotechnology**, 26, 115–124.
- Sabagh, E. L., Sorour, S., Ragab, A., Saneoka, H., and Islam, M. (2017). The effect of exogenous application of proline and glycine betaine on the nodule activity of soybean under saline condition. **Journal of Agricultural Biotechnology**, 2, 1–5.
- Smolen, S., Lukasiewicz, A., Chodacka, M. K., and Baranski, R. (2020). Effect of Soil Salinity and Foliar Application of Jasmonic Acid on Mineral Balance of Carrot Plants Tolerant and Sensitive to Salt Stress. **Agronomy**, 10(5), 659.



ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตเป็นเมทิลสเตียเรต
ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์ซิงค์ออกไซด์

Hydrogenation of Methyl Oleate into Methyl Stearate
Over Cobalt Supported Zinc Aluminate Catalysts

วิชุดา ชนะคำ¹ ตะวัน สุขน้อย² และ อาทิตย์ อัสวสุชี^{1*}

Vichuda Chanakha¹ Tawan Sooknoi² and Artit Ausavasukhi^{1*}

¹สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา 30000

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department of Applied Chemistry, Faculty of Sciences and Liberal Arts,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

²Department of Chemistry, Faculty of Science,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

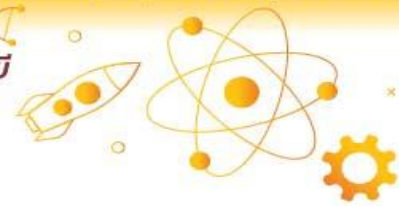
*Corresponding author E-mail: artit.au@rmu.ac.th

Received 30 March 2023, Accepted 21 June 2023, Published 26 June 2023

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประเมินประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตที่ความดัน 8 เมกะพาสคาล และอุณหภูมิ 270 องศาเซลเซียสด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดวิวิธพันธุ์ของโมโนเมทัลลิกโคบอลต์ที่เตรียมด้วยวิธีการฝังตัวบนวัสดุรองรับซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการโซลโวเทอร์มอลแบบขั้นตอนเดียวอย่างง่ายโดยใช้ตัวทำละลายผสมแอลกอฮอล์/น้ำชนิดต่างๆ (เมทานอล/น้ำ เอทานอล/น้ำ นอร์มัล-โพรพานอล/น้ำ และไอโซโพรพานอล/น้ำ) ตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกวิเคราะห์คุณสมบัติโดยใช้เทคนิคต่างๆ (การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ การวิเคราะห์การดูดซับแก๊ส และเทคนิคดีฟฟิวส์ฟิล์มแก๊ส-อุลตราไวโอเลตวิสิเบิล-สเปกโทรสโกปี) ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตด้วยตัวเร่งปฏิกิริยานี้ให้ผลิตภัณฑ์เป็นของผสม ได้แก่ เมทิลสเตียเรต สเตียริลแอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน โอเลิลแอลกอฮอล์ และกรดโอเลอิก ตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนวัสดุรองรับซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ในตัวทำละลายเอทานอล/น้ำ และตัวทำละลายไอโซโพรพานอล/น้ำแสดงการเลือกสรรผลิตภัณฑ์ที่ดีสำหรับปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตเป็นเมทิลสเตียเรต

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน เมทิลสเตียเรต โคบอลต์ ซิงค์ออกไซด์ เมทิลโอเลต



ABSTRACT

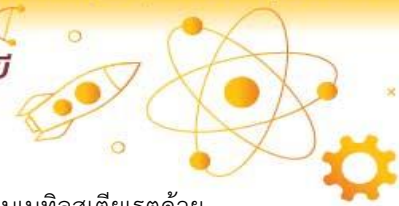
This study evaluated the hydrogenation of methyl oleate at 8 MPa and 270 °C with monometallic cobalt heterogeneous catalyst supported by impregnation on zinc aluminate synthesized by a simple one-step solvothermal route using different types of alcohol/water (methanol/water, ethanol/water, *n*-propanol/water and isopropanol/water) mixture solvents. The catalysts were characterized by different techniques (X-ray powder diffraction, gas adsorption analysis and diffuse reflectance ultraviolet-visible spectroscopy). Hydrogenation of methyl oleate with this catalyst produced a mixture of methyl stearate, stearyl alcohol, hydrocarbons, oleyl alcohol and oleic acid. The supported cobalt catalyst on the zinc aluminate synthesized in ethanol/water and isopropanol/water solvent exhibited good selectivity for hydrogenation of methyl oleate to methyl stearate.

Keywords: Hydrogenation, Methyl Stearate, Cobalt, Zinc Aluminate, Methyl Oleate

บทนำ

ในการประชุมเอเปค 2565 ซึ่งจัดขึ้นในประเทศไทย ได้มีการเสนอแนวคิดหลัก คือ “เปิดกว้าง สร้างสัมพันธ์ เชื่อมโยงกัน สู่สมดุล” โดยประเทศไทยได้นำเสนอโมเดลเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว หรือบีซีจี เป็นหัวข้อหลักในการประชุมและจัดทำข้อเสนอไปยังผู้นำเขตเศรษฐกิจ (APEC, 2022) เพื่อให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล โดยประเทศไทยได้ใช้ข้อได้เปรียบจากการที่ประเทศไทยมีความหลากหลายทางชีวภาพมาเปลี่ยนเป็นความสามารถในการแข่งขันด้วยการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อให้เกิดความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน แนวทางหนึ่งของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจบีซีจี คือ การเปลี่ยนสารชีวมวลที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตให้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) และเคมีชีวภาพ (Biochemical) หนึ่งในสารชีวมวลที่สำคัญ คือ น้ำมันปาล์ม ซึ่งจากรายงานพบว่าน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นไบโอดีเซลมากที่สุด เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Fatty acid methyl ester; FAME) ในน้ำมันไบโอดีเซลพบว่าส่วนใหญ่เป็นเมทิลโอเลอเอต (Methyl oleate) ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างเมทานอลกับกรดโอเลอิกซึ่งมีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม และมีพันธะคู่จำนวน 1 พันธะ

ในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันเพื่อเปลี่ยนเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรต (Methyl stearate) ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีมูลค่าเพิ่ม และถูกนำไปใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว อิมัลซิไฟเออร์ เครื่องสำอาง สารทำให้ผิวขาว สบู่ สารหล่อลื่น และพลาสติกชีวภาพ (Kaika et al., 2019) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase change material) (Wei et al., 2021; Xu et al., 2014) จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันเพื่อเปลี่ยนเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรต พบว่ามีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนซิงค์ออกไซด์ (Oliveira et al., 2001) โคบอลต์บนอลูมินา (Pouilloux et al., 1998; Pouilloux et al., 2000) รูทีเนียมบนอลูมินา (Narasimhan et al., 1989; Sanchez et al., 2013; Sanchez et al., 2015) โรเดียมบนอลูมินา (Benitez et al., 2019) แม้ว่าตัวเร่งปฏิกิริยารูทีเนียม และโรเดียมสามารถเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรตได้ แต่โลหะเหล่านี้มีราคาที่สูงเกินไป ในขณะที่การศึกษการใช้โคบอลต์บนซิงค์ออกไซด์ และอลูมินามีการศึกษากว้างขวาง จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ายังไม่มีการใช้ซิงค์ออกไซด์



(Zinc aluminate; ZnAl_2O_4) เป็นวัสดุรองรับเพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการเปลี่ยนเมทิลโอเลตเป็นเมทิลสเตียเรตด้วยปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน โดยซิงค์อลูมิเนียมถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการเป็นวัสดุรองรับ (Battiston et al., 2014; Mierczynski et al., 2014; Serdechnova et al., 2021) และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน (Wrzyszc et al., 2002; Song et al., 2023) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีเสถียรภาพทางความร้อน และทางเคมี รวมถึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทิลโอเลตเป็นเมทิลสเตียเรตด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนวัสดุรองรับซิงค์อลูมิเนียม ($\text{Co/ZnAl}_2\text{O}_4$) ซึ่งถูกเตรียมโดยใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำและแอลกอฮอล์ต่างชนิดกัน ได้แก่ เมทานอล เอทานอล นอร์มัล-โพรพานอล และไอโซโพรพานอล โดยศึกษาการทำปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์ความดันสูง (High pressure reactor) และวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี และศึกษาคุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เทคนิคดีฟิวส์รีเฟล็กทีวิตี-อัลตราไวโอเล็ตวิสิเบิลสเปกโทรสโคปี (Diffused reflectance ultraviolet-visible spectroscopy; DR-UV) เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray powder diffraction; XRD) และเทคนิคการดูดซับแก๊ส (Gas adsorption analysis)

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

1.1 การสังเคราะห์วัสดุรองรับซิงค์อลูมิเนียม

นำเมทานอล (หรือเอทานอล หรือนอร์มัล-โพรพานอล หรือไอโซโพรพานอล) ผสมกับน้ำปราศจากไอออนในอัตราส่วนโดยปริมาตร 1:1 ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ทำการปั่นกวนของผสมให้เข้ากัน เติมน้ำซิงค์ไนเตรตเฮกซะไฮเดรต (Zinc nitrate hexahydrate) จำนวน 2.2312 กรัม ทำการปั่นกวนของผสมให้เข้ากัน แล้วจึงเติมอลูมิเนียมไนเตรดโนเนไฮเดรต (Aluminum nitrate nonahydrate) จำนวน 5.625 กรัม ทำการปั่นกวนของผสมให้เข้ากัน หลังจากนั้นเติมยูเรีย (Urea) จำนวน 9 กรัม และทำการปั่นกวนของผสมให้เข้ากัน นำของผสมที่ได้มาใส่ลงในภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง และให้ความร้อน 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำซิงค์อลูมิเนียมที่เตรียมได้มาทำการปั่นเหวี่ยงและล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนจนได้พีเอชเท่ากับ 7 จากนั้นนำมาล้างด้วยเอทานอลแล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะได้วัสดุรองรับที่ใช้สัญลักษณ์เป็น ZA-M (สำหรับการเตรียมโดยใช้เอทานอล หรือนอร์มัล-โพรพานอล หรือไอโซโพรพานอล ซิงค์อลูมิเนียมที่เตรียมได้จะใช้สัญลักษณ์ ZA-E, ZA-N และ ZA-I ตามลำดับ) (Fan et al., 2011)

1.2 การเติมแต่งโลหะโคบอลต์บนวัสดุรองรับซิงค์อลูมิเนียมด้วยวิธีการฝังตัว

เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์จำนวน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักบนซิงค์อลูมิเนียม โดยซิงค์โคบอลต์(II) คลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (Cobalt(II) chloride hexahydrate) จำนวน 0.0403 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์และเติมน้ำปราศจากไอออนจำนวน 3 มิลลิลิตร คนจนโลหะละลายหมด จากนั้นเทสารละลายโคบอลต์ลงบนซิงค์อลูมิเนียม จำนวน 1 กรัม ผสมสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดกับซิงค์อลูมิเนียม โดยให้โคบอลต์กระจายตัวบนซิงค์อลูมิเนียมให้มากที่สุด จากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำของผสมที่เตรียมได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำมารีดิซ์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์จำนวน 0.22 กรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนจนได้พีเอชเท่ากับ 7 แล้วล้างด้วยเมทานอล 2 ครั้ง แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวเร่งปฏิกิริยารีดิซ์ด้วยไฮโดรเจนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ด้วยอัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่เตรียมได้จะใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ 1 CoBH/ZA-X หมายถึงตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนซิงค์อลูมิเนียมที่มีการเติมแต่งโคบอลต์จำนวน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักบนซิงค์อลูมิเนียมที่เตรียมจากสารละลาย



แอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ (เมทานอล เอทานอล นอร์มัล-โพรพานอล และไอโซโพรพานอล) และนำมาผ่านการรีดักชันด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์และไฮโดรเจน

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวอย่างที่เตรียมได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ความเป็นผลึกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 advance) วิเคราะห์พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนด้วยเครื่องวิเคราะห์การดูดซับแก๊ส (เครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิว และรูพรุน ยี่ห้อ Micromeritics รุ่น 3Flex) วิเคราะห์สเปกตรัมของตำแหน่งที่ว่างไวในการเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่องดีฟฟิวส์รีเฟล็กแทนส์-อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของสารชนิดลำแสงคู่ ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-2450)

สารเคมี : ยูเรีย (UREA, AR ACS บริษัท KEMAUS), ซิงค์ไนเตรตเฮกซะไฮเดรต (Zinc nitrate hexahydrate, Extra Pure บริษัท Daejung), อลูมิเนียมไนเตรตโนนไฮเดรต (Aluminum nitrate nonahydrate, 98 เปอร์เซ็นต์ Extra Pure บริษัท Loba Chemie), เมทานอล (Methanol, Extra Pure บริษัท ACI scan), ไอโซโพรพานอล (Isopropanol, บริษัท ไอ.ซี.พี.), นอร์มัล-โพรพานอล (*n*-propanol, Analytical reagent (AR) บริษัท ACI scan), เอทานอล (Ethanol, Extra Pure บริษัท ACI scan), โคบอลต์(II) คลอไรด์เฮกซะไฮเดรต (Cobalt(II) chloride hexahydrate, บริษัทศึกษาภัณฑ์พาณิชย์), โซเดียมโบโรไฮไดรด์ (Sodium borohydride, LR บริษัท Lab valley)

3. การทดสอบประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตเป็นเมทิลสเตียเรต

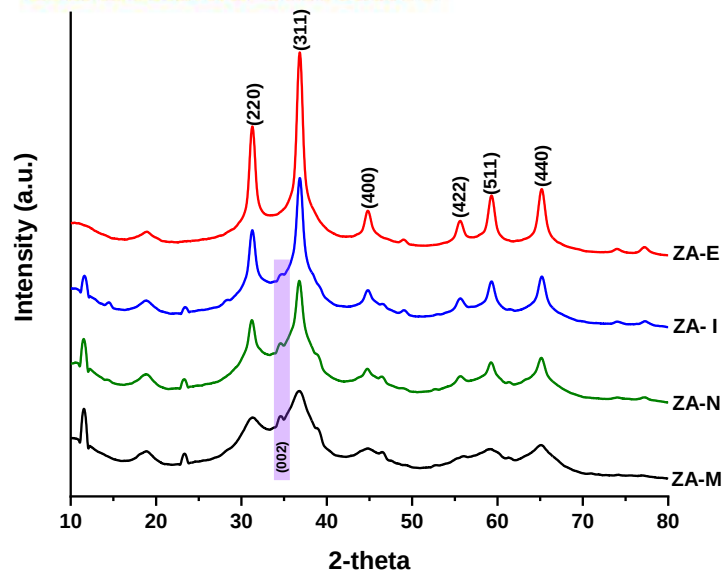
ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ความดันสูง ยี่ห้อ Parr 4560 top reactor ขนาดความจุ 100 มิลลิลิตร โดยเติมสารตั้งต้นเมทิลโอเลตจำนวน 4 มิลลิลิตร และโดเดเคน 40 มิลลิลิตร และตัวเร่งปฏิกิริยา 0.5 กรัม ในเครื่องปฏิกรณ์ความดันสูง จากนั้นไล่แก๊สค้างในเครื่องปฏิกรณ์ความดันสูงด้วยแก๊สไนโตรเจน จำนวน 3 ครั้ง พร้อมปั่นกวนอย่างต่อเนื่อง จากนั้นค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 270 องศาเซลเซียส ที่ความดันแก๊สคงที่ 5 เมกะพาสคาล จากนั้นแก๊สไนโตรเจนถูกแทนที่ด้วยแก๊สไฮโดรเจน และเพิ่มความดันขึ้นเป็น 8 เมกะพาสคาล เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยา เมื่อครบกำหนดเวลาทั้งให้อุณหภูมิต่ำลงจนถึง 70 องศาเซลเซียส และลดความดันแก๊สออกจากเครื่องปฏิกรณ์ความดันสูง จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลตด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณลักษณะ

จากการวิเคราะห์พื้นที่ผิว ปริมาตรรูพรุน และขนาดของรูพรุนด้วยเทคนิคการดูดซับแก๊ส พบว่าวัสดุรองรับซึ่งคืออลูมินา ZA-M, ZA-E, ZA-N และ ZA-I มีพื้นที่ผิวอยู่ในช่วง 231-297 ตารางเมตรต่อกรัม มีปริมาตรของรูพรุนอยู่ในช่วง 0.0713-0.1598 ลูกบาศก์เซ็นต์เมตรต่อกรัม และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของรูพรุนอยู่ในช่วง 2.02-2.71 นาโนเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัสดุซึ่งคืออลูมินาที่เตรียมได้เป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดกลาง (Mesoporous material) และมีพื้นที่ผิวสูง

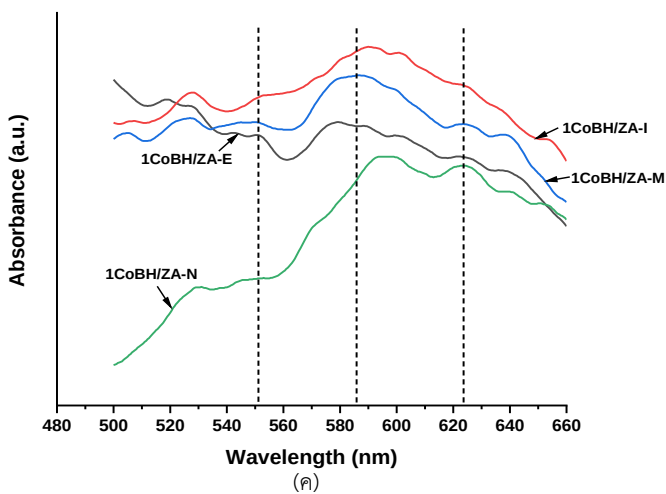
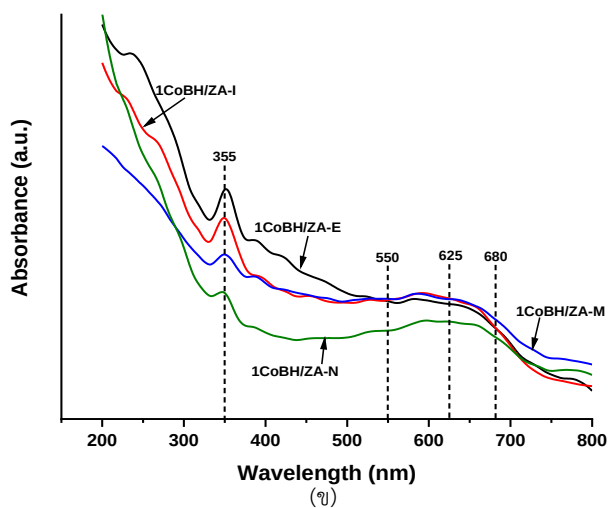
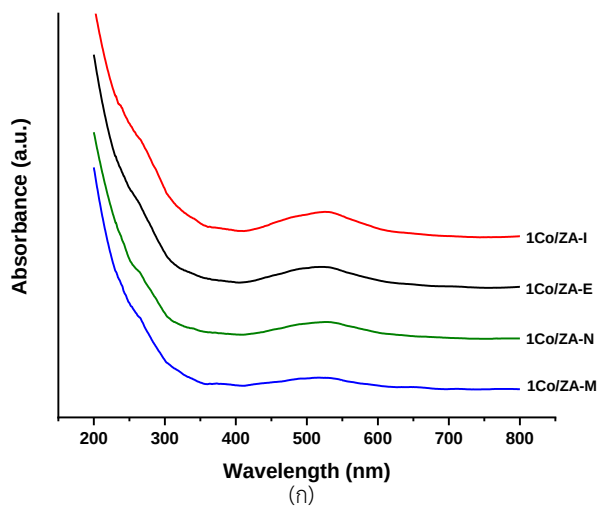
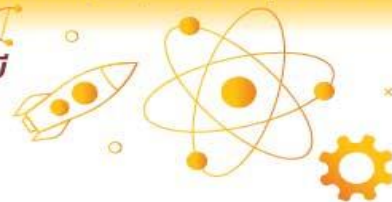
เมื่อนำวัสดุรองรับซึ่งคืออลูมินา ZA-M, ZA-E, ZA-N และ ZA-I ไปวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ให้ผลการทดลองดังภาพที่ 1



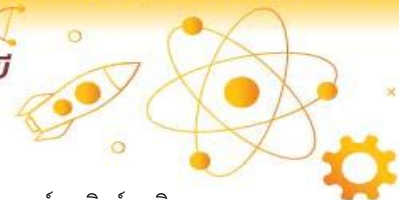
ภาพที่ 1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของวัสดุรองรับซิงค์ออกไซด์

จากภาพที่ 1 พบว่าซิงค์ออกไซด์ปรากฏที่มุม 2-Theta (2θ) ที่ 31.2, 36.75, 44.7, 55.6, 59.3 และ 65.3 องศา ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (220), (311), (400), (422), (511) และ (440) (JCPDS No.05-0669) ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของผลึกแบบสปีเนลของซิงค์ออกไซด์ (Fan et al., 2011) โดยการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ในระบบของผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำ ทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของตัวทำละลายเปลี่ยนแปลงส่งผลให้มีความสมบูรณ์ของโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยเมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มของสัญญาณ พบว่าวัสดุรองรับ ZA-E มีความเข้มของสัญญาณซึ่งแสดงโครงสร้างสปีเนลของซิงค์ออกไซด์สูงที่สุด ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณซิงค์ออกไซด์สูง ในขณะที่วัสดุรองรับ ZA-M มีความเข้มของสัญญาณต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณซิงค์ออกไซด์ต่ำ นอกจากนี้ยังพบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (002) ที่มุม 2-Theta 34.45 องศา (JCPDS No.036-1451) ในตัวอย่าง ZA-M, ZA-N และ ZA-I ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของผลึกซิงค์ออกไซด์ (Emil et al., 2018) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของซิงค์ออกไซด์ในตัวอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในตัวอย่าง ZA-M และความไม่สมบูรณ์ของผลึกนี้อาจส่งผลต่อการเกิดขึ้นของสปีชีส์โคบอลต์ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ว่างไว้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยา

เมื่อนำวัสดุรองรับมาเติมแต่งโคบอลต์ และนำไปรีดิวซ์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์และไฮโดรเจนด้วยเทคนิคไฟฟ้าสรีเฟล็กแทนส์-อัลตราไวโอเลตวิลิเบิลสเปกโทรสโกปีให้ผลการทดลองดังภาพที่ 2(ก) และ 2(ข) ตามลำดับ



ภาพที่ 2 สเปกตรัมดิฟฟิวส์รีเฟล็กแทนส์-อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลของตัวเร่งปฏิกิริยา (ก) ที่ยังไม่ผ่านการรีดิวซ์ (ข) ที่ผ่านการรีดิวซ์ และ (ค) ที่ผ่านการรีดิวซ์ในช่วงความยาวคลื่น 530-660 นาโนเมตร



จากภาพที่ 2(ก) พบว่าสเปกตรัมดิฟฟิวส์เรฟเลกแทนส์-อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลของตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนซิงค์ออกไซด์ที่ยังไม่ผ่านการรีดิวซ์ให้แถบของการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 525 นาโนเมตร ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของโคบอลต์(II) ออกตะฮีดรอล (Octahedral Co(II) species) ซึ่งมีคอนฟิกรูชันแบบ $3d^7$ (Sadek et al., 2022) และเมื่อทำการรีดิวซ์ตัวเร่งปฏิกิริยาโคบอลต์บนซิงค์ออกไซด์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ และไฮโดรเจนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสพบว่าจะปรากฏแถบการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 220-250 นาโนเมตรซึ่งแสดงการถ่ายโอนประจุของโคบอลต์-ออกซิเจนในเตตระฮีดรอลโคบอลต์(II) ในเฟรมเวิร์ค (Co-O band in tetrahedral Co(II) in the framework) และที่มีความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร (รูปที่ 2(ข)) ซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของโคบอลต์ในไตรโกนอลโคออร์ดิเนชัน (Trigonal Coordination) (Neatu et al., 2014) นอกจากนี้ยังพบแถบการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 550-625 นาโนเมตรซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของโคบอลต์ออกไซด์ (CoAl_2O_4) (Hu et al., 2017) และแถบการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 625-680 นาโนเมตรซึ่งแสดงคุณลักษณะเฉพาะของ Co_3O_4 (Solsona et al., 2008) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโคบอลต์(II) ไอออนสามารถถูกรีดิวซ์เป็นโคบอลต์สปีชีส์ต่างๆ เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มของสัญญาณที่แถบการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 355 นาโนเมตร พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-E และ 1CoBH/ZA-I ให้ความเข้มของสัญญาณสูง แสดงให้เห็นว่ามีโคบอลต์ในไตรโกนอลโคออร์ดิเนชันเกิดขึ้นในปริมาณมาก และการเกิดขึ้นนี้อาจส่งผลต่อการประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทิลโอเลอเอต และการเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลสเตียเรต

เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการรีดิวซ์แล้วไปทดสอบการเร่งปฏิกิริยาไฮโดจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรต ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

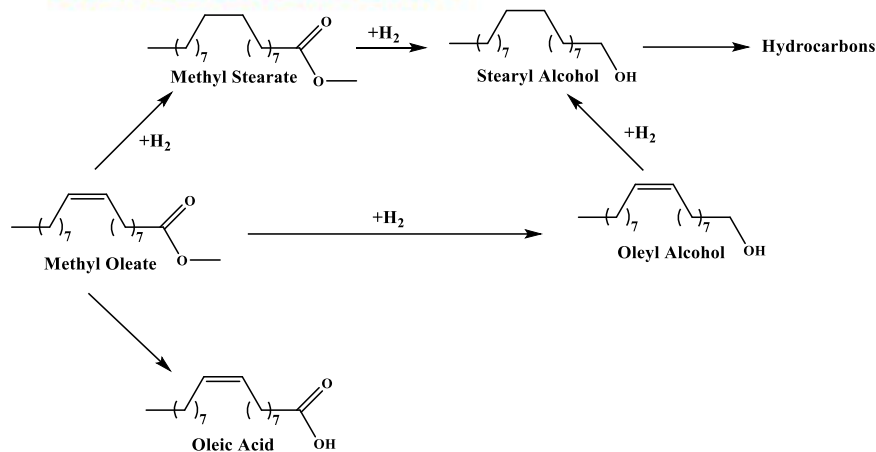
2. การเร่งปฏิกิริยาไฮโดจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรต

จากการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาไฮโดจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตเป็นเมทิลสเตียเรต โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีการเติมแต่งโลหะโคบอลต์บนซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมด้วยแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปฏิกิริยาไฮโดจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตบนตัวเร่งปฏิกิริยา 1Co2SnBH บนวัสดุรองรับต่างๆ

Catalyst	%X	% Selectivity				
		H/Cs	Oleyl alcohol	Stearyl alcohol	Methyl stearate	Oleic acid
1CoBH/ZA-M	37.93	6.60	24.21	8.12	54.12	6.95
1CoBH/ZA-E	26.82	4.93	0.51	8.07	78.47	8.01
1CoBH/ZA-I	35.35	3.39	3.06	10.73	72.49	10.32
1CoBH/ZA-N	51.70	8.36	0.00	15.13	36.17	40.33

สภาวะการทดลอง : เมทิลโอเลอเอต = 4 มิลลิลิตร, ตัวเร่งปฏิกิริยา = 0.50 กรัม, อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 270 องศาเซลเซียส, เวลาในการทำปฏิกิริยา = 4 ชั่วโมง, ภายใต้สภาวะของแก๊สไฮโดรเจน = 8 เมกะปาสกาล



ภาพที่ 3 ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลอเตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (Pouilloux et al., 1998)

จากตารางที่ 1 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1Co2SnBH บนวัสดุรองรับชนิดต่างๆ ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ เมทิลสเตียเรต สเตียริลแอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน โอเลิลแอลกอฮอล์ และกรดโอเลอิก และจากภาพที่ 3 พบว่าเมทิลโอเลอเตสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ของคาร์บอน-คาร์บอน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลสเตียเรต โดยเมทิลสเตียเรตสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่หมู่คาร์บอนิล (พันธะคู่ของคาร์บอน-ออกซิเจน) และปฏิกิริยาไฮโดรจิโนไลซิส (Hydrogenolysis) ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสเตียริลแอลกอฮอล์ และสเตียริลแอลกอฮอล์สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรดีออกซิเจเนชัน (Hydrodeoxygenation) ให้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้เมทิลโอเลอเตยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันที่หมู่คาร์บอนิลให้ผลิตภัณฑ์เป็นโอเลิลแอลกอฮอล์ โดยโอเลิลแอลกอฮอล์ยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันต่อไปให้ผลิตภัณฑ์เป็นสเตียริลแอลกอฮอล์เช่นกัน (Oliveira et al., 2001) มากไปกว่านั้นเมทิลโอเลอเตยังสามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดโอเลอิกได้อีกด้วย (Pouilloux et al., 2000)

เมื่อพิจารณาผลของตัวเร่งปฏิกิริยากับการเลือกสรรสารผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 1 พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-E และ 1CoBH/ZA-I สามารถให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลสเตียเรตสูง สอดคล้องกับค่าความเข้มของสัญญาณที่แถบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นประมาณ 350 นาโนเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโคบอลต์สปีชีส์ดังกล่าวน่าจะส่งผลต่อการเลือกสรรการเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเมทิลโอเลอเตเป็นเมทิลสเตียเรต โดยในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-M สามารถให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นโอเลิลแอลกอฮอล์สูงขึ้น ทั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-M มีโคบอลต์สปีชีส์ซึ่งเป็นโคบอลต์อัลูมินेट (CoAl₂O₄) ในปริมาณสูง ซึ่งสอดคล้องกับการพบแถบการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 551, 586 และ 623 นาโนเมตร (Hu et al., 2017) (ภาพที่ 2(ค)) และการเกิดขึ้นของโคบอลต์อัลูมินेटมีผลต่อการเลือกสรรการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันแบบเลือกสรร (Selective hydrogenation) เป็นโอเลิลแอลกอฮอล์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Stepanova et al., 2022) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า CoAlO_x เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในการเลือกสรรการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเฟอร์ฟูรอล (Furfural) เป็นเฟอร์ฟูริล แอลกอฮอล์ (Furfuryl alcohol) ส่วนในกรณีของตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-N ให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นกรดโอเลอิกในปริมาณสูง คาดว่าตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-N มีตำแหน่งกรดลิวอิสที่เกิดขึ้นจากพื้นผิวของซิงค์อัลูมินेट (Flura et al., 2012)

สรุปผลการวิจัย

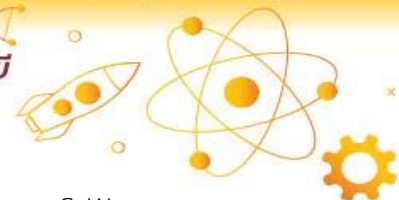
วัสดุรองรับซิงค์ออกไซด์ที่เตรียมด้วยของผสมระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำเป็นวัสดุที่มีรูพรุนขนาดกลาง มีพื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนสูง มีความเป็นผลึกแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้เตรียม เมื่อนำมาเตรียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยการเติมแต่งโคบอลต์และนำมารีดิวซ์ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์และไฮโดรเจน พบว่าสามารถเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของเมทิลโอเลอเอตเกิดเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด ได้แก่ เมทิลสเตียเรต สเตียริลแอลกอฮอล์ ไฮโดรคาร์บอน โอเลิลแอลกอฮอล์ และกรดโอเลอิก โดยตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-E และ 1CoBH/ZA-I ให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นเมทิลสเตียเรตสูง ตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-M ให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นโอเลิลแอลกอฮอล์สูงขึ้น ในขณะที่ตัวเร่งปฏิกิริยา 1CoBH/ZA-N ให้การเลือกสรรผลิตภัณฑ์เป็นกรดโอเลอิกสูงที่สุด คาดว่าประสิทธิภาพการเลือกสรรผลิตภัณฑ์ของตัวเร่งปฏิกิริยาขึ้นกับสปีชีส์ของโคบอลต์ที่อยู่บนวัสดุรองรับซิงค์ออกไซด์ซึ่งแสดงความแตกต่างได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคดีฟิวส์รีเฟล็กแทนส์-อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

กิตติกรรมประกาศ

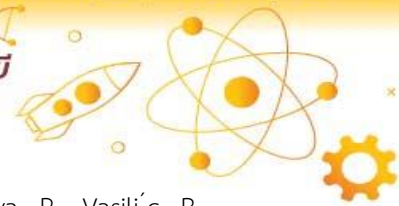
ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม (ทุนส่งเสริมกลุ่มวิจัย) ประจำปีงบประมาณ 2563 เลขที่ วช.อว.(อ)(กบง)/810/2563

เอกสารอ้างอิง

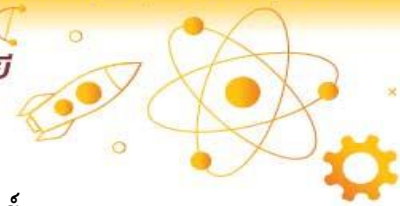
- APEC. (2022). **Open. Connect. Balance.** หรือ “เปิดกว้างสร้างสัมพันธ์ เชื่อมโยงกัน สู่สมดุล” Retrieved from <https://www.apec2022.go.th/th/what-is-apec-th/>.
- Battistona, S., Rigoa, Caroline., Severoa, E. D. C., Mazuttia, M. A., Kuhna, R. C., Gündelb, A., and Foletto, E. L. (2014). Synthesis of Zinc Aluminate (ZnAl_2O_4) Spinel and Its Application as Photocatalyst. **Materials Research**, 17(3), 734-738. doi: 10.1590/S1516-14392014005000073
- Benítez, C. A. F., Mazziari, V. A., Sánchez, M. A., Benitez, V. M., and Pieck, C. L. (2019). Selective hydrogenation of oleic acid to fatty alcohols on Rh-Sn-B/ Al_2O_3 catalysts. Influence of Sn content. **Applied Catalysis A, General**, 584, 117149-117153. doi: 10.1016/j.apcata.2019.117149
- Emil, E., Alkan, G., Gurmen, S., Rudolf, R., Jenko, D., and Friedrich, B. (2018). Tuning the Morphology of ZnO Nanostructures with the Ultrasonic Spray Pyrolysis Process. **Metals**, 8, 569-579. doi: 10.3390/6/met8080569.
- Fan, G., Wang, J., and Li, F. (2011). Synthesis of high-surface-area micro/mesoporous ZnAl_2O_4 catalyst support and application in selective hydrogenation of o-chloronitrobenzene. **Catal. Commun.**, 15, 113-117. doi: 10.1016/j.catcom.2011.08.024
- Flura, A., Can, F., Courtois, X., Royer, S., and Duprez, D. (2012). High-surface-area zinc aluminate supported silver catalysts for low-temperature SCR of NO with ethanol. **Applied Catalysis B: Environmental**, 126, 275-289. doi: 10.1016/j.apcatb.2012.07.006



- Hu, B., W. G., Sulmonetti T. P., Sarazen, M. L., Tan, S., So, J., Liu, Y., Dixit, R. S., Nair, S., and Jones, C. W., (2017). Mesoporous CoAl_2O_4 Spinel Catalyst for Non-Oxidative Propane Dehydrogenation. **ChemCat-Chem**, 9(17). doi: 10.1002/cctc.201700647
- Kaika, N., Panopoulou, C., Anagnostopoulou, E., Fakas, C., Lilas, P., Stavroulaki, D., and Papadogianakis, G. (2019). Novel Full Hydrogenation Reaction of Methyl Esters of Palm Kernel and Sunflower Oils Into Methyl Stearate Catalyzed by Rhodium, Ruthenium and Nickel Complexes of Bidentate Hexasulfonated *o*-Phenylendiphosphite Ligands. **Catalysis Letters**, 149, 580–590. doi: 10.1007/s10562-018-2642-7.
- Mierczynski, P., Vasilev, K., Mierczynska, Agnieszka., Maniukiewicz, W., Manieck, T. P. (2014). Highly selective Pd-Cu/ ZnAl_2O_4 catalyst for hydrogen production. **Applied Catalysis A: General**, 479, 26–34. doi: 10.1016/j.apcata.2014.04.011
- Narasimhan, C. S., Deshpande, V. M., and Ramnarayan, K. (1989). Selective hydrogenation of methyl oleate to oleyl alcohol on mixed ruthenium-tin boride catalysts. **Applied Catalysis**, 48, LL-L6. doi: 10.1016/S0166-9834(00)80260-2
- Neatu, S., Puche, M., Fornes, V., and Garcia, H. (2014). Cobalt-containing layered or zeolitic silicates as photocatalysts for hydrogen generation. **Chemical Communications**, 50(93), 14643-14646. doi: 10.1039/C4CC05931J
- Oliveira, K. D., Pouilloux, Y., and Barrault, J. (2001). Selective Hydrogenation of Methyl Oleate into Unsaturated Alcohols in the Presence of Cobalt-Tin Supported over Zinc Oxide Catalysts. **Journal of Catalysis**, 204, 230–237. doi: 10.1006/jcat.2001.3- 378
- Pouilloux, Y., Autin, F., and Barrault, J. (2000). Selective hydrogenation of methyl oleate into unsaturated alcohols: Relationships between catalytic properties and composition of cobalt-tin catalysts. **Catalysis Today**, 63, 87–100. doi: 10.1016/S0920-5861(00)00448-X
- Pouilloux, Y., Autin, F., Piccirilli, A., Guimon, C., and Barrault, J. (1998). Preparation of oleyl alcohol from the hydrogenation of methyl oleate in the presence of cobalt-tin catalysts. **Appl. Catal. A: Gen**, 169, 65-75. doi: 10.1016/S0926-860X(97)00344-X
- Sánchez, M. A., Mazzieri, V. A., Oportus, M., Reyes, P., and Pieck, C. L. (2013). Influence of Ge content on the activity of Ru-Ge-B/ Al_2O_3 catalysts for selective hydrogenation of methyl oleate to oleyl alcohol. **Catal. Today**, 213, 81-86. doi: 10.1016/j.cattod.2013.02.028
- Sanchez, M. A., Mazzieri, V. A., Vicerich, M. A., Vera, C. R., and Pieck, C. L. (2015). Influence of the Support Material on the Activity and Selectivity of Ru-Sn-B Catalysts for the Selective Hydrogenation of Methyl Oleate. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, 54, 6845–6854. doi: 10.1021/acsiec.5b01038.
- Sadek, R., Karolina C. S., Krafft J. M., Yannick., M., Valentin, L., Casale, S., Gurgul, J., and Dzwigaj, S. (2022). The Synthesis of Different Series of Cobalt BEA Zeolite Catalysts by Post-Synthesis Methods and Their Characterization. **Catalysts**, 12, 1644-1664. doi: 10.3390/catal12121644



- Serdechnova, M., Blawert, C., Karpushenkov, S., Karpushenkova, L., Shulha, T., Karlova, P., Vasilic, R., Stojadinovic, S., Stojanovic, S., Damjanovic-Vasilic, Lj., Heitmann, V., Rabchynski, S. M., and Zheludkevich, M.L. (2021). Properties of ZnO/ZnAl₂O₄ composite PEO coatings on zinc alloy Z1. **Surface & Coatings Technology**, 410, 126948-126964. doi: 10.1016/j.surfcoat.2021.126948
- Solsona, B., Davies, T. E., Garcia, T., Vazquez, I., Dejoz, Ana., and Taylor, S. H. (2008). Total oxidation of propane using nanocrystalline cobalt oxide and supported cobalt oxide catalysts. **Applied Catalysis B: Environmental**, 84, 176–184. doi: 10.1016/j.apcatb.2008.03.021
- Song, L., Wang, H., Wang, S., Qu, Z. (2023). Dual-site activation of H₂ over Cu/ZnAl₂O₄ boosting CO₂ hydrogenation to methanol. **Applied Catalysis B: Environmental**, 322, 122137-122147. doi: 10.1016/j.apcatb.2022.122137
- Stepanova, L. N., Mironenko, R. M., Kobzar, E. O., Leont'eva, N. N., Gulyaeva, T. I., Vasilevich, A. V., and Serkova, A. N. (2022). Synthesis of CuAl-, CoAl-, and CuCoAl-Catalysts from Layered Hydroxides for Furfural Hydrogenation. **Eng**, 3(4), 400-411. doi: 10.3390/eng3040029.33
- Wei, Z., Fu, X., Wu, B., Jiang, L., Wang, Y., Yuan, A., Xu, H., and Lei, J. (2021). Paraffin/methyl stearate/multi-walled carbon nanotubes composite phase change materials with wide service temperature and high latent heat. **Energy Research**, 45(9), 1–10. doi: 10.1002/er.6693
- Wrzyszczyk, J., Zawadzki, M., Trzeciak, A. M., and Ziółkowski, J. J. (2002). Rhodium complexes supported on zinc aluminate spinel as catalysts for hydroformylation and hydrogenation: preparation and activity. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, 189, 203–210. doi: 10.1016/S1381-1169(02)00073-0.
- Xu, S., Zou, L., Ling, X., Wei, Y., and Zhang, S. (2014). Preparation and thermal reliability of methyl palmitate/methyl stearate mixture as a novel composite phase change material. **Energy and Buildings**, 68, 372–375. doi: 10.1016/j.enbuild.2013.09.038



แบบเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ชื่อเรื่อง ภาษาไทย.....

Title English.....

ชื่อ-สกุล ผู้นิพนธ์หลัก ภาษาไทย.....

English.....

ที่อยู่ ภาษาไทย.....

Address English.....

รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์..... โทรสาร.....

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้นิพนธ์ร่วม

1.

2.

3.

ประเภท ☐ บทความวิจัย (Research Articles)

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาขา ☐ เทคโนโลยี

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาขา ☐ วิศวกรรมศาสตร์

สาขา ☐ วิทยาศาสตร์สุขภาพ

สาขา ☐ อื่นๆ ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

ประเภท ☐ บทความวิชาการ (Review Articles)

คำยืนยันของผู้นิพนธ์ทุกท่าน

ข้าพเจ้าขอยืนยันว่าบทความนี้ไม่เคยเสนอหรือกำลังเสนอตีพิมพ์ในวารสารใดมาก่อน และยินดีให้กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เลือกสรรหาผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อพิจารณาต้นฉบับของข้าพเจ้าโดยอิสระและยินยอมให้กองบรรณาธิการฯ สามารถตรวจสอบแก้ไขต้นฉบับดังกล่าวได้ตามสมควร และยินยอมให้บทความที่ลงตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ลงชื่อ.....

วันที่...../...../.....

