

วารสาร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
ปีที่ 3 ฉบับ 5 กันยายน - ตุลาคม 2568



SCIENCE & TECHNOLOGY TO COMMUNITY

Vol 3 No 5

ISSN 2882-1338 (Online)

ISSN 2822-132X (Print)

September - October 2025

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน

Science and Technology to Community

ประจำปี 3 ฉบับที่ 5 กันยายน – ตุลาคม 2568

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี มณีโกศล

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

อาจารย์ ดร.อักรสิทธิ์ บุญส่งแท้

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งนภา ทากัน

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สัญญา จตุรสีทา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ บุญเชียง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บุญเลิศนรินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัตร นานนท์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ แสงสุวรรณ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก

มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ วังวนสินธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร บุญมี

มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคลกร ศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ นิคมทัศน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติเดชานรงค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ อาษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช ญรัฐ จันท์ศรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์ ชัยวัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

อาจารย์ ดร.นภารัตน์ จิวาลักษณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ดร.ฉนธรส ไชยสุต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ชั้น B2 อาคารอำนวยการและบริหารกลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม 180 หมู่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง) ตำบลชี้เหล็ก

อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180 โทรศัพท์ 089-9533426

ISSN 2822-132X (Print) , ISSN 2822-1338 (Online)

<https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/index>

This journal has been certified by the Thai Journal Citation Index Center Group 1

ข้อความหรือข้อคิดเห็นในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน มิใช่ความรับผิดชอบของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

1	การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในวิธีโฮสต์-วินเทอร์และการแยกส่วนประกอบด้วยอัลกอริทึมการค้นหาลำดับแบบขนาน: การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลรายเดือนเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่ในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย <i>กาญจนา ทองบุญนาท และ วีระภรณ์ ไหมทอง</i>	1
2	ประสิทธิภาพของเปลือกถั่วลิสงในการดูดซับสีย้อมจากน้ำเสียในกระบวนการย้อมสีผ้าชุมชน <i>ชุดิภาญจน์ จันทรัตน์, นัยนเนตร มีนาค และ จารุวรรณ วงศ์ทะเนตร</i>	24
3	การปนเปื้อนของเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ในเนื้อ อวัยวะ และเลือดของสุกร จากตลาดค้าปลีกในจังหวัดพะเยา ประเทศไทย <i>คณิตาพร สุภาเดช, ณัฐดนัย เทพกิจ, ชูชู -, และ เบญจมาศ สุระเดช</i>	39
4	การพัฒนาารูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี <i>สุชาญวัชร สมสอน</i>	50
5	ประสิทธิผลของโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง <i>มนเทียร ทาคำ และ จันทร์จิรา ยานะชัย</i>	67
6	การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่าน เมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ <i>ปณิดา ถาหล้า, ปิยะพัฒน์ ผ่องวิไล และ พิมพ์ชนก สุวรรณศรี</i>	88
7	การพัฒนาระบบจัดการการเรียนอักษรเบรลล์สำหรับสาขาวิชาการศึกษาพิเศษ <i>กัญญาวิรุ้ ปู่เงิน, กุลวดี จอมวรรณ, ภิยะดา สระทองคำ และ ศิริกรณ ก้นขี้</i>	103
8	Efficacy Test of Hypochlorous Acid from Thai Rock Salt <i>Suravut Snidvongs and Supalak Fakkham</i>	117

Table of contents

1	Optimizing Parameter Estimation in Holt–Winters and Decomposition Methods Using the Cuckoo Search Algorithm : Forecasting Monthly Water Inflow into Large-Dam Reservoirs in Central and Western Thailand <i>Kanjana Thongboonnak and Wiraporn Maithong</i>	1
2	Efficiency of Peanut Shells in Dye Adsorption from Wastewater in Community-Based Fabric Dyeing Processes <i>Chutikarn Jantararat, Nainate Meenak and Jaruan Wongthanate</i>	24
3	Contamination of <i>Streptococcus suis</i> in Pork, Organs, and Blood from Retail Markets in Phayao Province, Thailand <i>Kanittapon Supadej, Nutdanai Thepkit, Susu - and Benjamart Suradej</i>	39
4	Development of a Service Model for the Lending of Prosthetic Devices and Medical Equipment at Lopburi Provincial <i>Suchanwat Somsorn</i>	50
5	The Result of Health Literacy Development for Health Outcomes, Hang Chat District, Lampang Province <i>Montien Takhum and Janjeera Yanachai</i>	67
6	Development of 3D Metaverse-Based Learning Media on Computer Components to Improve Learning Achievement of Vocational Students <i>Panida Tala, Piyaphat Phongwilai and Pimchanok Suwannasri</i>	88
7	Development of a Braille Learning Management System for Special Education Programs <i>Kanyawee Poongoen, Kunlawadee Jomwan, Piyada Srathongkhum and Sirikorn Kankhat</i>	103
8	Efficacy Test of Hypochlorous Acid from Thai Rock Salt <i>Suravut Snidvongs and Supalak Fakkham</i>	117

การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในวิธีโฮลต์-วินเทอร์และการแยกส่วนประกอบด้วยอัลกอริทึมการค้นหาแบบนกกาเหว่า : การพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลรายเดือนเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่ในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย

Optimizing Parameter Estimation in Holt– Winters and Decomposition Methods Using the Cuckoo Search Algorithm : Forecasting Monthly Water Inflow into Large-Dam Reservoirs in Central and Western Thailand

กาญจนา ทองบุญนาค

Kanjana Thongboonnak

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

วิระภรณ์ ไหมทอง*

Wiraporn Maithong*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

E-mail : kanjana.t@nrru.ac.th and wiraporn_mai@cmru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 18 February 2025, Revised: 29 September 2025, Accepted: 2 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1089>

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ ซึ่งผสมผสานอัลกอริทึม การค้นหาแบบนกกาเหว่า (Cuckoo search: CS) เข้ากับวิธีโฮลต์-วินเทอร์ (CS-HW) และวิธีการแยกส่วนประกอบ (CS-D) สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลรายเดือนเข้าสู่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่ในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทยจำนวน 5 แห่ง โดยเปรียบเทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป ได้แก่ โปรแกรม Minitab (Minitab-D) และโปรแกรม Excel (ForecastSheet-HW) ในระยะชุดข้อมูลฝึกฝน พบว่า CS-HW และ CS-D สามารถให้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) ต่ำกว่าวิธีโปรแกรมสำเร็จรูป แสดงถึงศักยภาพในการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

สำหรับระยะชุดข้อมูลทดสอบ ได้คัดเลือกตัวแบบสำหรับแต่ละอ่างเก็บน้ำ โดยใช้เกณฑ์ MAE ต่ำสุด ได้แก่ เชื่อนครินทร์ เลือก ForecastSheet-HW เชื่อนวชิราลงกรณ์ เชื่อนกระเสียว และเชื่อนทับเสลา เลือก CS-HW และเชื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เลือก Minitab-D เมื่อใช้ตัวแบบที่ถูกคัดเลือกมาพยากรณ์ล่วงหน้า 24 เดือน พบว่า ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเชื่อนทั้ง 5 แห่งมีลักษณะฤดูกาลชัดเจน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม–ตุลาคม) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการผสานอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกส์อย่าง CS เข้ากับตัวแบบอนุกรมเวลาแบบดั้งเดิม สามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคต

คำสำคัญ: อนุกรมเวลา การพยากรณ์ อ่างเก็บน้ำเชื่อน ค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบนกกาเหว่า

Abstract

This study aims to evaluate the performance of models that integrate the Cuckoo Search (CS) algorithm with the Holt-Winters method (CS-HW) and the Decomposition method (CS-D) for forecasting the monthly water inflow into five large dam reservoirs located in the central and western regions of Thailand. The models were compared with two commonly used software packages, Minitab (Minitab-D) and Excel (ForecastSheet-HW). In the training phase, CS-HW and CS-D showed lower Mean Absolute Error (MAE) than the software-based approaches, indicating a greater capacity to optimize parameter estimation.

In the testing phase, the model with the lowest MAE was selected for each reservoir. Specifically, ForecastSheet- HW was chosen for the Srinagarind Dam, CS- HW for the Vajiralongkorn, Kra Siao, and Thap Salao Dams, and Minitab-D for the Pa Sak Cholasit Dam. When employing the selected models to forecast 24 months ahead, all five reservoirs exhibited a distinct seasonal pattern, with peak inflows occurring in the rainy season (August–October). The findings highlight that integrating a metaheuristic algorithm such as CS with traditional time series models can enhance forecasting accuracy, offering valuable support for future water resource management planning.

Keywords: Time series, Forecasting, Dam reservoir, Cuckoo search optimization

บทนำ

ในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมา มีความก้าวหน้าและการผสมผสานระหว่างการพยากรณ์อนุกรมเวลากับขั้นตอนวิธีเมตาฮิวริสติกส์อย่างต่อเนื่อง แนวคิดหลักของเมตาฮิวริสติกส์ที่ได้แรงบันดาลใจจากธรรมชาติ (Nature-inspired metaheuristics) เริ่มเป็นที่รู้จักตั้งแต่ ค.ศ. 1992 เมื่อ Dorigo (1992) นำเสนอวิธีการอาณานิคมมด (Ant colony optimization: ACO) (Dorigo et al., 2006) ตามมาด้วยการหาค่าเหมาะที่สุดแบบกลุ่มอนุภาค (Particle swarm optimization: PSO) ของ Kennedy & Eberhart (1995) ใน ค.ศ. 1995 และได้รับความนิยมเรื่อยมา จนถึงยุคที่มีการพัฒนาเมตาฮิวริสติกส์หลากหลายรูปแบบ เช่น การค้นหาแบบฮาร์โมนี (Harmony search) (Geem et al., 2001) อาณานิคมผึ้งเทียม (Artificial bee colony: ABC) (Karaboga, 2005) ขั้นตอนวิธีหิ่งห้อย (Firefly algorithm) (Yang, 2009) วิธีการค้นหาแบบนกกาเหว่า (Cuckoo search: CS) (Yang & Deb, 2009) ขั้นตอนวิธีค้างคาว (Bat algorithm) (Yang, 2010) การหาค่าเหมาะที่สุดแบบแมลงหวี่ (Fruit fly optimization: FFO) (Pan, 2012) ขั้นตอนวิธีการถ่ายละอองเรณูดอกไม้ (Flower pollination algorithm) (Yang, 2012) ขั้นตอนวิธีฝูงกิ้งก่าย (Krill herd algorithm) (Gandomi & Alavi, 2012) การหาค่าเหมาะที่สุดหมาป่าสีเทา (Grey wolf optimization) (Mirjalili et al., 2014) ขั้นตอนวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดแบบวาฬ (Whale optimization algorithm: WOA) (Mirjalili & Lewis, 2016) ขั้นตอนวิธีแมลงปอ (Dragonfly algorithm) (Mirjalili, 2016) และ การหาค่าเหมาะที่สุดเหยี่ยวแฮร์ริส (Harris hawks optimization) (Heidari et al., 2019) เป็นต้น

ความพยายามในการบูรณาการขั้นตอนวิธีเมตาฮิวริสติกส์เข้ากับการพยากรณ์อนุกรมเวลาส่งผลให้เกิดงานวิจัยที่หลากหลาย เช่น ประยุกต์ใช้เมตาฮิวริสติกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบเลขชี้กำลังของโฮลต์-วินเทอร์ (Holt-Winters: HW) เช่น การผสมผสาน HW กับ ABC (Kaewpaengjuntra et al., 2010) และ การผสมผสาน HW กับ FFO (Jiang et al., 2020) หรือการขยายงานวิจัยออกไปโดยประยุกต์ใช้เมตาฮิวริสติกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อพยากรณ์ด้วยวิธีการแยกส่วนประกอบ (Decomposition) และ HW เช่น การผสมผสาน WOA กับการแยกส่วนประกอบ และ WOA กับ HW เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์อนุกรมเวลารายเดือนรายได้รัฐบาลของประเทศไทย (Minsan & Minsan, 2023) และ การผสมผสาน CS กับการแยกส่วนประกอบ และ CS กับ HW เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์อนุกรมเวลารายสัปดาห์ค่าความเข้มข้น PM2.5 ใน 8 จังหวัดภาคเหนือประเทศไทย (Minsan et al., 2024) และ การผสมผสาน WOA กับการแยกส่วนประกอบ และ WOA กับ HW เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์อนุกรมเวลารายสัปดาห์ค่าความเข้มข้น PM2.5 ใน 8 จังหวัดภาคเหนือประเทศไทย (Minsan & Minsan, 2024a)

ในด้านการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำมีการศึกษาที่โดดเด่น คือ Minsan & Minsan (2024b) ได้ผสมผสาน WOA กับการแยกส่วนประกอบ และ WOA กับ HW สำหรับการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในภาคใต้ของประเทศไทย และ Minsan & Minsan (2024c) ได้ผสมผสาน CS กับการแยกส่วนประกอบ และ CS กับ HW เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนขนาดใหญ่รายเดือนใน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และ Vimolsutjarit et al. (2025) ได้การพยากรณ์ระดับน้ำในเขื่อนภาคเหนือประเทศไทย โดยใช้ตัวแบบการพยากรณ์การแยกส่วนประกอบและ HW ผสานกับ FFO และ Minsan & Minsan (2025a) การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่านของประเทศไทยโดยใช้วิธีการแยกส่วนประกอบและ HW ผสานกับ Solver GRG nonlinear ในโปรแกรม Excel เพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบ สามารถให้ความแม่นยำที่เทียบเคียงได้กับวิธีการที่ซับซ้อนของ WOA โดยไม่จำเป็นต้องมีการเขียนโค้ด ทำให้เป็นทางเลือกที่ใช้งานได้จริงในการพยากรณ์ โดยผู้สนใจสามารถดาวน์โหลดได้จาก Minsan & Minsan (2025b)

สำหรับขั้นตอนวิธีการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่าซึ่ง Yang & Deb (2009) พัฒนาขึ้น ได้รับความนิยมอย่างมากในสาขาต่างๆ เนื่องจากมีหลักการเลียนแบบพฤติกรรมกรวางไข่ของนกกาเหว่าในการแสวงหาจุดเหมาะที่สุด ทั้งในแง่ความแม่นยำและความรวดเร็วในการหาผลลัพธ์ ทั้งนี้งานวิจัยที่นำ CS ไปผสานกับตัวแบบ HW (Mauricio & Ostia, 2023; Minsan & Minsan, 2024c; Minsan et al., 2024) เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์การทำให้เรียบ คือ องค์ประกอบเชิงระดับ (Level) เชิงแนวโน้ม (Trend) และเชิงฤดูกาล (Seasonal) หรือการผนวกกับตัวแบบการแยกส่วนประกอบ (Minsan & Minsan, 2024c; Minsan et al., 2024) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการแตกส่วนสัญญาณอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนย่อย (แนวโน้ม ฤดูกาล และความสุ่ม) จึงช่วยให้การวิเคราะห์หรือการพยากรณ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จากผลการศึกษาที่ผ่านมา บ่งบอกว่าการผสาน CS เข้ากับตัวแบบการพยากรณ์มีศักยภาพในการปรับปรุงความแม่นยำได้อย่างโดดเด่น ทั้งในช่วงการฝึกฝน (Training) และการทดสอบ (Testing) ในข้อมูลอนุกรมเวลา โดยเฉพาะกรณีศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลทางอุทกวิทยาที่มีความผันแปรและความซับซ้อนหลากหลายทั้งมีลักษณะแนวโน้มและฤดูกาล การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งนำเสนอกระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการแยกส่วนประกอบ และตัวแบบ HW ด้วยวิธี CS เรียกว่าวิธีการเหล่านี้ว่า การค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่ากับโฮสต์-วินเทอร์ (CS-HW) และค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่ากับการแยกส่วนประกอบ (CS-D) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่รายเดือนในภาคกลางและตะวันตกของประเทศไทย โดยคาดหวังว่าการผสมผสานระหว่างเทคนิคการค้นหาค่าเหมาะที่สุดที่มีประสิทธิภาพกับตัวแบบอนุกรมเวลาจะช่วยเพิ่มความแม่นยำ ลดข้อผิดพลาดในการพยากรณ์ และสามารถเป็นแนวทางสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

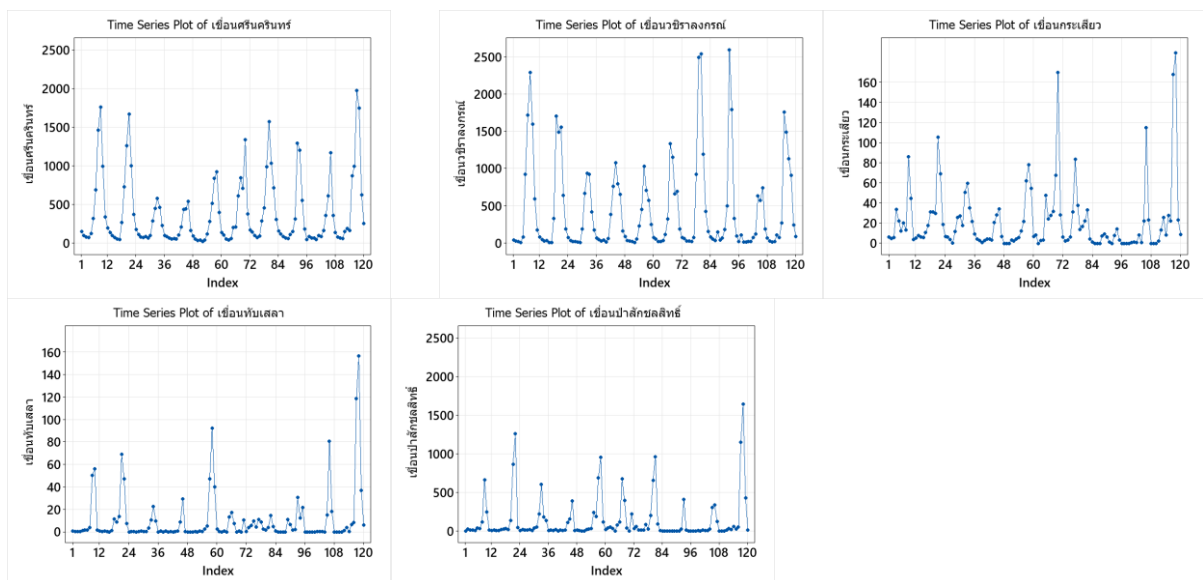
วัตถุประสงค์

1. นำเสนอเทคนิคการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่าสำหรับปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการแยกส่วนประกอบ และตัวแบบโฮสต์-วินเทอร์โดยเรียกว่า CS-D และ CS-HW ตามลำดับ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ CS-D และ CS-HW ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่รายเดือนในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย

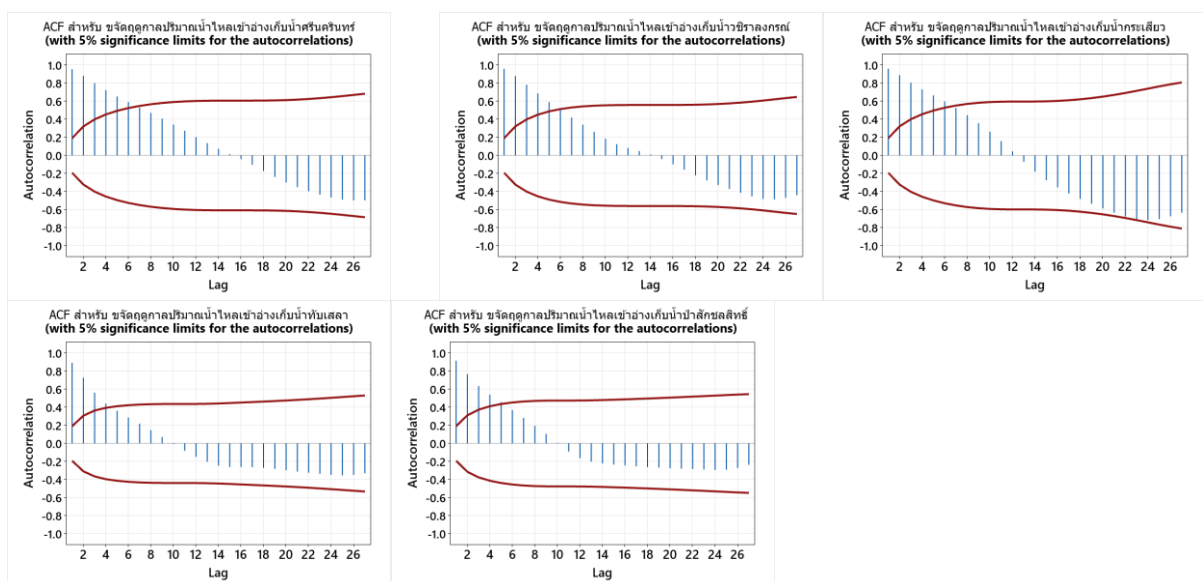
ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมข้อมูล

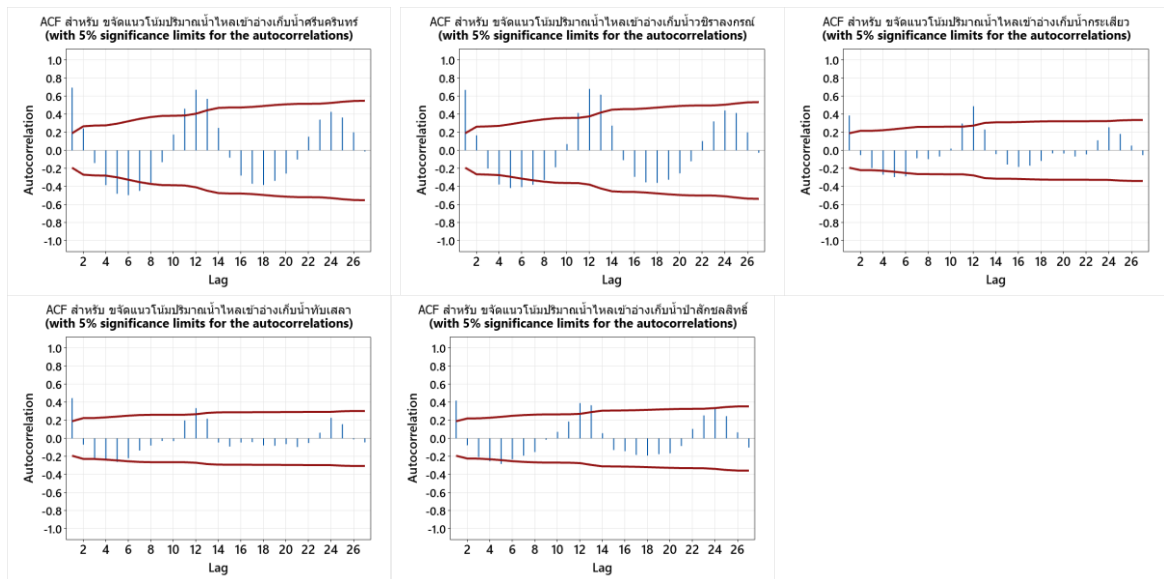
งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากกรมชลประทาน (<https://app.rid.go.th/reservoir/>) (กรมชลประทาน, 2568) ซึ่งเป็นอนุกรมเวลารายเดือนของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนขนาดใหญ่ในภาคกลางจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ เขื่อนกระเสียวความจุ 299 ล้านลูกบาศก์เมตร เขื่อนทับเสลาความจุ 160 ล้านลูกบาศก์เมตร และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ความจุ 960 ล้านลูกบาศก์เมตร และภาคตะวันตกจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ความจุ 17,745 ล้านลูกบาศก์เมตร และเขื่อนวชิราลงกรณ์ความจุ 8,860 ล้านลูกบาศก์เมตร รวมจำนวน 5 แห่ง ช่วงเวลาเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2012 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 2023 รวมทั้งสิ้น 144 ค่า สำหรับแต่ละอ่างเก็บน้ำ



ภาพที่ 1 ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5



ภาพที่ 2 ACF ของข้อมูลอนุกรมเวลาการขจัดฤดูกาลของอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5



ภาพที่ 3 ACF ของข้อมูลอนุกรมเวลาการวัดแนวโน้มของอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5

จากการพิจารณาเบื้องต้นภาพที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลามีส่วนประกอบทั้งแนวโน้มและฤดูกาล เนื่องจากกราฟอนุกรมเวลามีรูปแบบซ้ำๆ กันในคาบเวลาสม่ำเสมอ เมื่อขจัดฤดูกาลภาพที่ 2 แล้ววิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation function: ACF) พบว่า ACF ของอ่างเก็บน้ำแต่ละเขื่อนมีค่ามากในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1 (Lag 1) และค่อย ๆ ลดลงเมื่อช่วงเวลาที่ช้ากว่ากันเพิ่มขึ้น แสดงลักษณะแนวโน้มของข้อมูล ส่วนการขจัดแนวโน้มภาพที่ 3 พบว่า ACF มีค่าด้านลบมากที่สุดในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 6 และ 18 (Lag 6 และ 18) และค่าด้านบวกมากที่สุดในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 12 และ 24 (Lag 12 และ 24) บ่งบอกถึงความผันผวนตามฤดูกาล จึงสรุปได้ว่าข้อมูลมีองค์ประกอบแนวโน้มและฤดูกาล

การประเมินความเสถียรของความแปรปรวน ดำเนินการโดยใช้สถิติของเลวิน (Levene's Test) เพื่อตรวจสอบภาวะความแปรปรวนคงที่ (Homoscedasticity) ทั้งนี้ก่อนการทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลาได้ถูกแปลงค่าเพื่อลดสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ซึ่งเป็นการรับรองว่าค่าสังเกตต่างๆ มีความเป็นอิสระต่อกัน (Minsan & Minsan, 2023; Minsan et al., 2024; Minsan & Minsan, 2025a) หากผลทดสอบบ่งชี้ว่ามีความแปรปรวนคงที่ จะใช้รูปแบบบวก (Additive) ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มและฤดูกาล แต่หากความแปรปรวนไม่คงที่ จะพิจารณารูปแบบคูณ (Multiplicative) จากตารางที่ 1 พบว่าค่าพี (P-value) มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับทุกเขื่อน จึงสรุปได้ว่าข้อมูลอนุกรมเวลาของทั้ง 5 เขื่อนมีความแปรปรวนคงที่ และสามารถใช้รูปแบบบวกในการวิเคราะห์และพยากรณ์ต่อไป

ตารางที่ 1 การทดสอบของเลวิน แยกตามอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5

การทดสอบ ของเลวิน	อ่างเก็บน้ำเขื่อน				
	เขื่อน ศรีนครินทร์	เขื่อน วชิราลงกรณ์	เขื่อน กระเสียว	เขื่อน ทับเสลา	เขื่อน ป่าสักชลสิทธิ์
Test Statistic	0.71	0.10	0.80	0.16	0.09
P-value	0.400	0.758	0.374	0.687	0.771

2. การผสมการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่ากับโฮลต์-วินเทอร์

วิธีโฮลต์-วินเทอร์ ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในด้านความสามารถในการปรับตัว เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล ทั้งในรูปแบบบวกและรูปแบบคูณตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา แม้จะมีข้อมูลการฝึกฝนปริมาณไม่มากก็ตาม วิธีนี้ยังคงสามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์ได้ดี ในกรณีรูปแบบบวกจะใช้สมการ (1) ถึง (4) สำหรับการพยากรณ์ตามวิธี HW อย่างเป็นขั้นตอนดังนี้

พยากรณ์รูปแบบบวก

$$\hat{Y}_{t+p} = \hat{T}_t + p\hat{\beta}_t + \hat{S}_{t-s+1+((p-1)\bmod s)} \text{ for } p=1,2,\dots \quad (1)$$

$$\hat{T}_t = \alpha(Y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1-\alpha)(\hat{T}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1}) \quad (2)$$

$$\hat{\beta}_t = \gamma(\hat{T}_t - \hat{T}_{t-1}) + (1-\gamma)\hat{\beta}_{t-1} \quad (3)$$

$$\hat{S}_t = \delta(Y_t - \hat{T}_t) + (1-\delta)\hat{S}_{t-s} \quad (4)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+p}$ คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า ณ เวลา $t+p$

p คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า

$\hat{T}_t$ คือ ระดับของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

$\hat{\beta}_t$ คือ แนวโน้มของอนุกรมเวลา ณ เวลา t และ

$\hat{S}_t$ คือ ฤดูกาลของอนุกรมเวลา ณ เวลา t

HW ใช้ค่าทำให้เรียบ 3 ค่าได้แก่ α, γ และ δ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สำหรับค่าระดับ α (Level parameter) ค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 บ่งชี้ว่าตัวแบบปรับให้เข้ากับการสังเกตล่าสุดอย่างมาก ในขณะที่ค่าที่ใกล้ 0 จะให้ความสำคัญกับการสังเกตในอดีตมากกว่า ค่าแนวโน้ม γ (Trend parameter) ค่าสูงช่วยให้ตัวแบบปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มได้อย่างรวดเร็วในค่าสังเกตล่าสุด ในขณะที่ค่าต่ำจะทำให้ตัวแบบตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มล่าสุดน้อยลง และค่าฤดูกาล δ (Seasonal parameter) เป็นอิทธิพลของฤดูกาล ค่าที่สูงขึ้นส่งผลให้มีความไวต่อความผันผวนของฤดูกาลในคาบฤดูกาลล่าสุดมากขึ้น ในขณะที่ค่าที่ต่ำจะทำให้ตัวแบบมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในคาบฤดูกาลล่าสุด

วิธี HW จะใช้พารามิเตอร์การทำให้เรียบ 3 ค่าหลัก ได้แก่ α, γ และ δ ซึ่งแต่ละค่ามีช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 เพื่อนำมาปรับระดับ แนวโน้ม และฤดูกาล ของข้อมูลอนุกรมเวลา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อัลกอริทึม CS เพื่อค้นหาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวแบบ HW โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดการคำนวณ แสดงไว้ในรหัสเทียม (Pseudo code) ในภาพที่ 4 หลังจากนั้นจึงประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ CS-HW ด้วยการวัดความแม่นยำในการพยากรณ์ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่กำหนดในสมการ (5)

Objective Minimize $MAE(\alpha, \gamma, \delta)$,

$$\text{Variable range} \begin{cases} 0 < \alpha < 1 \\ 0 < \gamma < 1, \\ 0 < \delta < 1 \end{cases}$$

$$MAE = \frac{1}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (5)$$

เมื่อ n_1 หมายถึงความยาวของชุดข้อมูลฝึกฝนกำหนดที่ 120 ค่า และ

Y_t และ $\hat{Y}_t$ หมายถึงค่าจริงและค่าพยากรณ์จาก CS-HW ของชุดข้อมูลฝึกฝน

The number of bird host nests: $n = 25$, the number of parameters: $d = 3$, the maximum number of iterations: $T_{\max} = 1,000$, the time limit: $MaxTime = 30$ sec., and the fitness value fails to improve after a specified number of iterations: $T_{improve} = 300$.

Objective function $f(X)$, $X = (x_1, x_2, x_3)^T$.

Generate initial population of n host nests $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$.

While ($t < T_{\max}$) or (time $< MaxTime$) or (the fitness value fails to improve after a specified $T_{improve}$)

For $i = 1$ to n

1. Get a cuckoo i by performing Lévy flights.

2. Calculate fitness using HW by equation (5) of a cuckoo i .

3. Update a host nest X_i if there is a better solution.

End for

For $i = 1$ to n

Random p

If ($p < p_a$),

1. Abandon a worse nest and build a new one.

2. Calculate fitness using HW by equation (5) of a new nest i .

3. Update a host nest X_i if there is a better solution.

End if

End for

Rank the solutions and find the current best X^* , update $t = t + 1$.

End while

Return X^* # Objective Minimize $MAE(\alpha^*, \gamma^*, \delta^*)$ where $\alpha^*, \gamma^*, \delta^*$ are the optimized parameters.

ภาพที่ 4 รหัสเทียมของ CS-HW

(Minsan et al., 2024; Minsan & Minsan, 2024c)

3. การผสมผสานการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบนกกาเหว่ากับการแยกส่วนประกอบ

การปรับพารามิเตอร์ของตัวแบบแยกส่วนประกอบด้วยอัลกอริทึม CS มีขั้นตอนการคำนวณตามรหัสเทียมในภาพที่ 5 ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

3.1 การปรับขนาดพารามิเตอร์ (Scaling parameters)

หลังจากกำหนดขอบเขตการค้นหา (search space) ของอัลกอริทึม CS ในช่วง $[0, 1]$ แล้ว นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก CS มาปรับขนาดให้สอดคล้องกับหน่วยข้อมูลจริง ก่อนคำนวณค่าความเหมาะสมของตัวแบบ โดยอาศัยสมการ (6)

$$\text{Original Value} = \text{Scaled Value} \times (\text{UB} - \text{LB}) + \text{LB} \quad (6)$$

Original Value คือ ค่าพารามิเตอร์ตามหน่วยข้อมูลจริง

Scaled Value คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก CS ในช่วง $[0, 1]$

UB และ LB คือ ค่าขอบเขตสูงสุด (Upper bound) และ ค่าขอบเขตต่ำสุด (Lower bound) ตามลำดับของหน่วยข้อมูลจริงที่ต้องการ การปรับขนาดพารามิเตอร์ด้วยสมการนี้ ทำให้การค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก CS ในช่วง $[0, 1]$ สามารถแปลงกลับมาเป็นหน่วยจริงของข้อมูล เพื่อใช้ในการประเมินค่าความเหมาะสมของตัวแบบแยกส่วนประกอบได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับบริบทของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เราศึกษา

โดยค่าที่จำเป็นต้องหาเพิ่มเติมคือ UB และ LB ดังนี้

3.2 การคำนวณข้อจำกัดบนและล่างของ $\hat{\beta}_0$ และ $\hat{\beta}_1$

คำนวณส่วนประกอบแนวโน้มจากข้อมูลจริงโดยใช้การถดถอยเชิงเส้นจะได้ $\hat{Y}_t = \hat{\beta}_0' + \hat{\beta}_1't$ แล้ว

คำนวณ

UB ของ $\hat{\beta}_0$ โดย $\hat{\beta}_0 = 1.2\hat{\beta}_0'$ และ $\hat{\beta}_1$ โดย $\hat{\beta}_1 = 1.2\hat{\beta}_1'$

LB ของ $\hat{\beta}_0$ โดย $\hat{\beta}_0 = 0.8\hat{\beta}_0'$ และ $\hat{\beta}_1$ โดย $\hat{\beta}_1 = 0.8\hat{\beta}_1'$

โดยข้อจำกัดดำเนินการตามสูตรได้เมื่อพารามิเตอร์เป็นค่าบวก ในทางกลับกันหากพารามิเตอร์เป็นค่าลบให้สลับ UB และ LB ค่าคงตัวที่กำหนด 0.8 และ 1.2 กำหนดตาม Minsan & Minsan (2023)

3.3 การคำนวณข้อจำกัดบน (UB_s) และล่าง (LB_s) ของ $\hat{S}_i$ กรณีตัวแบบรูปแบบบวก

การกำหนดขอบเขตความแปรผันฤดูกาล ให้จำกัดส่วนประกอบแนวโน้มออกจากอนุกรมเวลาโดยใช้การหาผลต่างลำดับ 1 จะได้ $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ กำหนดข้อจำกัดขอบเขตบนและล่างสำหรับพารามิเตอร์ฤดูกาล $\hat{S}_1, \hat{S}_2, \hat{S}_3, \dots, \hat{S}_{12}$ ดังนี้

UB_s หาได้โดย $+[ค่าแอมพลิจูดสูงสุดของ ΔY_t]$

LB_s หาได้โดย $-[ค่าแอมพลิจูดต่ำสุดของ ΔY_t]$

แอมพลิจูด คือความสูงที่สุดของคลื่น ซึ่งในกรณีนี้หมายถึงความสูงที่สุดของความแปรผันฤดูกาลของอนุกรมเวลา

เมื่อได้ค่า Original value มาแล้วต้องปรับปรุงค่า $\hat{S}_i$ เพิ่มเติมก่อนนำไปประเมินผ่านความแม่นยำในการพยากรณ์ตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (7)

กรณีแยกส่วนประกอบรูปแบบบวก

$$\text{Adjust } \hat{S}_i = \hat{S}_i - \sum_{i=1}^{12} \hat{S}_i / 12, \text{ แล้ว } \sum_{i=1}^{12} \hat{S}_i = 0. \quad (7)$$

เมื่อการคำนวณสิ้นสุดจะเลือกพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดที่พิจารณาจากค่าน้อยที่สุดของค่าน้อยที่สุดของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ดังสมการที่ 8

Objective Minimize $\text{MAE}(\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{S}_1, \hat{S}_2, \dots, \hat{S}_{12})$

$$\text{Variable range} \begin{cases} 0.8\hat{\beta}'_0 \leq \hat{\beta}_0 \leq 1.2\hat{\beta}'_0 \\ 0.8\hat{\beta}'_1 \leq \hat{\beta}_1 \leq 1.2\hat{\beta}'_1 \\ \text{LB}_s \leq \hat{S}_i \leq \text{UB}_s \text{ for } i = 1, 2, \dots, 12 \end{cases}$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (8)$$

เมื่อ n_1 หมายถึงความยาวของชุดข้อมูลฝึกฝนกำหนดที่ 120 ค่า และ

Y_t และ $\hat{Y}_t$ หมายถึงค่าจริงและค่าพยากรณ์จาก CS-D ของชุดข้อมูลฝึกฝน

The number of bird host nests: $n = 25$, the number of parameters: $d = 14$, the maximum number of iterations: $T_{\max} = 1,000$, the time limit: $\text{MaxTime} = 30$ sec., and the fitness value fails to improve after a specified number of iterations: $T_{\text{improve}} = 300$.

Objective function $f(X)$, $X = (x_1, x_2, \dots, x_{14})^T$.

Generate initial population of n host nests $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$.

While ($t < T_{\max}$) or (time $< \text{MaxTime}$) or (the fitness value fails to improve after a specified T_{improve})

For $i = 1$ to n

1. Get a cuckoo i by performing Lévy flights.
2. Scaling Parameters equation (6).
3. Calculate fitness using decomposition by the equation (8) of a cuckoo i .
4. Update a host nest X_i if there is a better solution.

End for

For $i = 1$ to n

Random p

If ($p < p_a$),

1. Abandon a worse nest and build a new one.
2. Scaling Parameters equation (6).
3. Calculate fitness using decomposition by the equation (8) of a new nest i .
4. Update a host nest X_i if there is a better solution.

End if

End for

Rank the solutions and find the current best X^* , update $t = t + 1$.

End while

Return X^* # Objective Minimize $\text{MAE}(\hat{\beta}_0^*, \hat{\beta}_1^*, \hat{S}_1^*, \hat{S}_2^*, \dots, \hat{S}_{12}^*)$ where $\hat{\beta}_0^*, \hat{\beta}_1^*, \hat{S}_1^*, \hat{S}_2^*, \dots, \hat{S}_{12}^*$ are the optimized parameters.

ภาพที่ 5 รหัสเทียมของ CS-D

(Minsan et al., 2024; Minsan & Minsan, 2024c)

4. วิธีบอซ-เจนกินส์

บอซ-เจนกินส์ เป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าค่าพยากรณ์จากวิธีการอื่นในการพยากรณ์ระยะสั้น การกำหนดตัวแบบพยากรณ์ทำได้โดยการตรวจสอบฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัว และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวอย่างบางส่วน (Partial autocorrelation function: PACF) ของอนุกรมเวลาแบบคงที่ (Stationary time series) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนคงที่ ตัวแบบทั่วไปวิธี บอซ-เจนกินส์ คือ Seasonal autoregressive integrated moving average หรือ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_L ดังที่แสดงใน (9) (วฐา, 2567)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^L)(1-B)^d(1-B^L)^D y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^L)\varepsilon_t \quad (9)$$

โดยที่ $\delta = \phi_p(B)\Phi_P(B^L)\mu$; μ คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาแบบคงที่

$(1-B)^d$ คือ อันดับของผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล (Non-seasonal difference)

$(1-B^L)^D$ คือ อันดับของผลต่างแบบมีฤดูกาล (Seasonal difference)

$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$ คือ การถดถอยในตัวแบบไม่มีฤดูกาลอันดับ p (Non-seasonal autoregressive operator of order p : AR(p))

$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$ คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับ q (Non-seasonal moving average operator of order q : MA(q))

$\Phi_P(B^L) = (1 - \Phi_1 B^L - \Phi_2 B^{2L} - \dots - \Phi_P B^{PL})$ คือ การถดถอยในตัวแบบมีฤดูกาลอันดับ P (Seasonal autoregressive operator of order P : SAR(P))

$\Theta_Q(B^L) = (1 - \Theta_1 B^L - \Theta_2 B^{2L} - \dots - \Theta_Q B^{QL})$ คือ แทนค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q (Seasonal moving average operator of order Q : SMA(Q))

B คือ ตัวดำเนินการถดถอยหลัง (Backward operator) โดยที่ $B^p y_t = y_{t-p}$

d และ D คือ ลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาลของอนุกรมเวลา ตามลำดับ

L คือ คาบของฤดูกาล

สรุปการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธี บอซ-เจนกินส์ มีขั้นตอนดังนี้

4.1. ตรวจสอบความคงที่ของอนุกรมเวลา

พิจารณากราฟอนุกรมเวลา ตลอดจนกราฟ ACF และ PACF เพื่อวิเคราะห์ว่าอนุกรมเวลาที่มีความคงที่ (Stationary) หรือไม่ หากพบว่าอนุกรมเวลาไม่คงที่ (Non-stationary) ต้องดำเนินการทำให้อนุกรมเวลาดังกล่าวคงที่ก่อนจึงจะเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

4.2. การแปลงผลต่าง (Regular difference)

หากกราฟ ACF และ PACF บ่งชี้ว่าอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มอย่างชัดเจน (Trend) อาจกำหนดค่า d (ระดับการหาผลต่าง) เป็น 1 หรือ 2 เพื่อขจัดแนวโน้มหรือทำให้อนุกรมเวลาที่มีความคงที่

4.3. การแปลงผลต่างตามฤดูกาล (Seasonal difference)

ในกรณีที่กราฟ ACF และ PACF แสดงลักษณะของฤดูกาล (Seasonality) จะต้องหาผลต่างตามฤดูกาล โดยกำหนดค่า D เป็น 1 หรือ 2 ขึ้นอยู่กับคาบฤดูกาลของข้อมูล

4.4. การแปลงข้อมูล (Data transformation)

หากพบว่าอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนที่ไม่คงที่ อาจใช้เทคนิคการแปลง เช่น การแปลงแบบบ็อกซ์-ค็อกซ์ (Box-Cox transformation) เพื่อลดความแปรปรวนให้คงที่ เช่น การแปลงข้อมูล y_t เป็น $\ln(y_t)$ หรือ y_t^λ โดยที่ λ อาจจะอยู่ในช่วง -5 ถึง 5 เป็นต้น

4.5. การกำหนดตัวแบบเบื้องต้น (Model identification)

เมื่อได้อนุกรมเวลาใหม่ที่มีความคงที่แล้ว ให้ระบุโครงสร้างตัวแบบเบื้องต้น โดยพิจารณาค่าพารามิเตอร์ p, q, P และ Q

4.6. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter estimation)

ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least squares: OLS)

4.7. การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Model diagnostics)

4.7.1 ทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์ ใช้สถิติการทดสอบที (t-test) เพื่อพิจารณาว่าตัวประมาณแต่ละตัวมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

4.7.2 ตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน ใช้สถิติ Ljung-Box โดยกำหนด lag ที่เหมาะสม (เช่น 36) เพื่อตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนมีการกระจายตัวเป็นอิสระหรือไม่

4.7.3 ตรวจสอบการแจกแจงปกติ ใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov (KS test) เพื่อดูว่าความคลาดเคลื่อนมีรูปแบบการแจกแจงใกล้เคียงปกติหรือไม่

4.7.4 ตรวจสอบค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเท่ากับศูนย์ ใช้สถิติการทดสอบที (t-test)

4.7.5 ตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ ใช้สถิติการทดสอบของเลวิน (Levene's test) เพื่อดูว่าความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลากำหนดหรือไม่

หากตัวแบบไม่ผ่านเงื่อนไขใด ๆ ในขั้นตอนการตรวจสอบนี้ ควรปรับแก้หรือเลือกตัวแบบใหม่ โดยย้อนกลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 4.5 ถึง 4.7 จนกว่าจะได้ตัวแบบที่เหมาะสม

4.8. การพยากรณ์ (Forecasting)

นำตัวแบบที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาใช้พยากรณ์อนุกรมเวลาตามช่วงที่ต้องการ โดยคาดหวังให้ผลการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับพฤติกรรมของข้อมูลจริง

5. การประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินของการศึกษานี้แบ่งออกเป็นสองประเภทที่แตกต่างกัน

ประเภทแรกคือ “ระยะข้อมูลฝึกฝน” มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุแนวทางการสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุด โดยการประเมินประสิทธิภาพว่าแนวทางใดให้ค่า MAE ต่ำสุดในช่วงชุดข้อมูลฝึกฝน

$$\text{โดยที่ } \text{MAE} = \frac{1}{n_1} \sum_{t=1}^{n_1} |Y_t - \hat{Y}_t|$$

n_t หมายถึงความยาวของชุดข้อมูลฝึกฝนกำหนดที่ 120 ค่า และ Y_t และ $\hat{Y}_t$ หมายถึงค่าจริงและค่าพยากรณ์ของชุดข้อมูลฝึกฝน ตามลำดับ

ผลของค่า MAE ในระยะข้อมูลฝึกฝนนี้จะได้ค่า MAE ทั้งหมด 4 วิธีคือ

- แยกส่วนประกอบโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab คำสั่ง Decomposition (Minitab-D) ซึ่งโปรแกรมจะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{S}_1, \hat{S}_2, \dots, \hat{S}_{12}$ โดยอัตโนมัติ
- เทคนิคการทำให้เรียบเลขชี้กำลังโฮลต์-วินเทอร์ โดยโปรแกรมสำเร็จรูป Excel คำสั่ง Forecast Sheet (ForecastSheet-HW) ซึ่งโปรแกรมจะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม α, γ และ δ โดยอัตโนมัติ
- ค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบนกกาเหว่ากับการแยกส่วนประกอบ (CS-D) และ
- ค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบนกกาเหว่ากับโฮลต์-วินเทอร์ (CS-HW)

โดยจะเปรียบเทียบค่าที่ต่ำที่สุดของ MAE เป็นคู่ๆกัน 2 คู่ คือ Minitab-D เปรียบเทียบกับ CS-D และ ForecastSheet-HW เปรียบเทียบกับ CS-HW เพื่อพิจารณาว่าเทคนิคใดที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เหมาะสมที่สุด

ประเภทสองคือ “ระยะข้อมูลทดสอบ” มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการพยากรณ์ล่วงหน้าของตัวแบบโดยให้ตัวแบบพยากรณ์ล่วงหน้า 2 ปีหรือ 24 เดือน ในระยะนี้ใช้ตัวชี้วัด MAE ในการประเมิน

$$MAE = \frac{1}{24} \sum_{t=121}^n |Y_t - \hat{Y}_t|$$

Y_t และ $\hat{Y}_t$ หมายถึงค่าจริงและค่าพยากรณ์ของชุดข้อมูลทดสอบ ตามลำดับ

n หมายถึงความยาวของชุดข้อมูลกำหนดที่ 144 ค่า โดยที่ t เริ่มต้นที่ 121 จนถึง 144

โดยจะเปรียบเทียบค่าที่ต่ำที่สุดของ MAE 5 วิธี คือ Minitab-D, CS-D, ForecastSheet-HW, CS-HW และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เพื่อพิจารณาว่าเทคนิคใดที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เหมาะสมที่สุด

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในระยะชุดข้อมูลฝึกฝน

การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบ CS-HW และ CS-D กับโปรแกรมสำเร็จรูป 2 วิธี ได้แก่ Minitab-D และ ForecastSheet-HW โดยใช้ชุดข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย (Training set) ผลสรุปค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบ MAE แสดงไว้ในตารางที่ 2

ในการรันตัวแบบ CS-HW และ CS-D กำหนดจำนวนรอบ (Iterations) ในการค้นหาคำตอบไว้ที่ 1,000 รอบ โดยใช้ Python Google Colab ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลประมาณ 20 วินาทีต่อชุดข้อมูล ผลการวิเคราะห์ตารางที่ 2 ชี้ให้เห็นว่า การผสมผสานอัลกอริทึม CS เข้ากับตัวแบบ HW และการแยกส่วนประกอบ

ช่วยเพิ่มคุณภาพการพยากรณ์ให้ใกล้เคียงค่าจริงมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab-D และ ForecastSheet-HW สังเกตได้จากค่า MAE ที่ต่ำกว่าในทุกอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5 แห่ง

ดังนั้น สำหรับระยะชุดข้อมูลฝึกฝน สามารถสรุปได้ว่า

- CS-D ให้ค่า MAE ต่ำกว่าวิธี แยกส่วนประกอบแบบ Minitab-D
- CS-HW ให้ค่า MAE ต่ำกว่าวิธี HW ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป ForecastSheet-HW

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์อัลกอริทึม CS ในการปรับพารามิเตอร์ของตัวแบบทั้ง HW และแยกส่วนประกอบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ต่อยอดในการพยากรณ์อนุกรมเวลาประเภทอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

ตาราง 2 MAE ของชุดข้อมูลฝึกฝนในแต่ละอ่างเก็บน้ำเขื่อน

ตัวแบบ		อ่างเก็บน้ำเขื่อน				
		เขื่อน	เขื่อน	เขื่อน	เขื่อน	เขื่อน
		ศรีนครินทร์	วชิราลงกรณ์	กระเสียว	ทับเสลา	ป่าสักชลสิทธิ์
แยก	Minitab-D	160.0198	213.5383	14.6219	9.4960	109.1045
ส่วนประกอบ	CS-D	151.8844	167.4885	13.5084	8.4132	98.3076
ไฮลด์-วินเทอร์	ForecastSheet-HW	210.7096	249.4301	17.9591	11.3919	160.0426
	CS-HW	162.6741	217.0941	14.5921	7.8170	105.1020

หมายเหตุ: ตัวทึบคือ MAE ต่ำสุด Minitab-D และ CS-D และระหว่าง ForecastSheet-HW และ CS-HW

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในระยะชุดข้อมูลทดสอบ

ในระยะชุดข้อมูลทดสอบนี้ได้มีการใช้ตัวแบบบอซ-เจนกินส์ มาร่วมในการสร้างตัวแบบตามที่ Minsan & Minsan (2024c) ได้กล่าวไว้ว่า การพยากรณ์อนุกรมเวลาในข้อมูลจริงย่อมมีความแปรผันของข้อมูลที่เกิดขึ้นได้ การแบ่งข้อมูลเป็นชุดข้อมูลฝึกฝนและทดสอบถ้าชุดข้อมูลทั้ง 2 มีลักษณะเดียวกันทุกประการ ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบที่ดีที่สุด (ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด) จากชุดข้อมูลฝึกฝนก็จะตรงกันกับชุดข้อมูลทดสอบ แต่การพยากรณ์อนุกรมเวลาในข้อมูลจริงมีความแปรผันของข้อมูล ความแตกต่างเล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้นในชุดข้อมูลฝึกฝนกับชุดข้อมูลทดสอบเกิดขึ้นได้เสมอ ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำค่าพยากรณ์ล่วงหน้าไปใช้ การเพิ่มตัวแบบอื่นๆ ในการพยากรณ์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่การศึกษานี้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเพิ่มการสร้างตัวแบบบอซ-เจนกินส์ได้ผลดังนี้

เขื่อนศรีนครินทร์ ตัวแบบ SARIMA(0,1,2)(0,1,1)₁₂ มีสมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} + 0.3527e_{t-1} + 0.2357e_{t-2} + 0.8163e_{t-12} + 0.2879e_{t-13} + 0.1924e_{t-14}$$

เขื่อนวชิราลงกรณ์ ตัวแบบ SARIMA(0,1,1)(0,1,1)₁₂ มีสมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} + 0.7046e_{t-1} + 0.8084e_{t-12} + 0.5696e_{t-13}$$

เขื่อนกระเสียว ตัวแบบ SARIMA(3,1,0)(0,1,1)₁₂ มีสมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = 0.5977Y_{t-1} + 0.1724Y_{t-2} - 0.1537Y_{t-3} + 0.3836Y_{t-4} \\ + Y_{t-12} - 0.5977Y_{t-13} - 0.1724Y_{t-14} + 0.1537Y_{t-15} - 0.3836Y_{t-16} + 0.8371e_{t-12}$$

เชื่อนทับเสลา ตัวแบบ SARIMA (0,1,2)(0,1,1)₁₂ มีสมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = Y_{t-1} + Y_{t-12} - Y_{t-13} + 0.4415e_{t-1} + 0.2069e_{t-2} + 0.8653e_{t-12} + 0.3820e_{t-13} + 0.1792e_{t-14}$$

เชื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ตัวแบบ SARIMA (1,1,1)(1,2,1)₁₂ มีสมการพยากรณ์คือ

$$Y_t = 1.406Y_{t-1} - 0.406Y_{t-2} + 1.4195Y_{t-12} - 1.996Y_{t-13} \\ + 0.5764Y_{t-14} + 0.161Y_{t-24} - 0.2262Y_{t-25} + 0.0652Y_{t-26} \\ - 0.5805Y_{t-36} + 0.8161Y_{t-37} - 0.2356Y_{t-38} + 0.806e_{t-1} + 0.8604e_{t-12} + 0.6932e_{t-13}$$

โดยตัวแบบทั้งหมดผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแยกตามอ่างเก็บน้ำเชื่อน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวแบบบอกซ์-เจนกินส์ และการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแยกตามอ่างเก็บน้ำเชื่อน

อ่างเก็บน้ำเชื่อน	Box-Jenkins SARIMA (p, d, q)(P, D, Q) ₁₂	t-test (P-value)	Levene (P-value)	KS (P-value)	LB Lag 36 (P-value)
เชื่อนศรีนครินทร์	SARIMA (0,1,2)(0,1,1) ₁₂	0.22 (0.824)	1.25 (0.267)	0.051 (>0.150)	43.53 (0.104)
เชื่อนวชิราลงกรณ์	SARIMA (0,1,1)(0,1,1) ₁₂	-0.10 (0.917)	4.63 (0.054)	0.082 (0.074)	47.99 (0.056)
เชื่อนกระเสียว	SARIMA (3,1,0)(0,1,1) ₁₂	0.50 (0.618)	0.02 (0.875)	0.076 (0.129)	41.71 (0.117)
เชื่อนทับเสลา	SARIMA (0,1,2)(0,1,1) ₁₂	0.05 (0.964)	3.70 (0.057)	0.062 (>0.150)	37.61 (0.266)
เชื่อนป่าสักชลสิทธิ์	SARIMA (1,1,1)(1,2,1) ₁₂	-0.38 (0.703)	1.05 (0.309)	0.088 (0.067)	43.44 (0.085)

หมายเหตุ * ปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
A ทุกตัวแบบใช้การแปลง Box-Cox โดยการใช LN

เพื่อสรุปและคัดเลือกตัวแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับแต่ละอ่างเก็บน้ำเชื่อนในช่วงชุดข้อมูลทดสอบ นำค่า MAE จากตารางที่ 4 มาเปรียบเทียบ โดยตัวแบบที่มีค่า MAE ต่ำที่สุดจะถือเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 24 เดือน ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

เชื่อนศรีนครินทร์ วิธี ForecastSheet-HW มีค่า MAE = 117.1537 ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น จึงเลือก ForecastSheet-HW เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

เชื่อนวชิราลงกรณ์ วิธี CS-HW มีค่า MAE = 134.5742 ต่ำที่สุดในบรรดาวิธีที่เปรียบเทียบ จึงเลือก CS-HW เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

เชื่อนกระเสียว วิธี CS-HW มีค่า MAE = 16.5608 ต่ำที่สุด จึงเลือก CS-HW เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

เชื่อนทับเสลา วิธี CS-HW มีค่า MAE = 12.5736 ต่ำที่สุด จึงเลือก CS-HW เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

เชื่อมป่าสักชลสิทธิ์ วิธี Minitab-D มีค่า MAE = 146.7654 ต่ำที่สุด จึงเลือก Minitab-D เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด

โดยสรุป วิธีการประเมินประสิทธิภาพในชุดข้อมูลทดสอบ พิจารณาจากค่า MAE ต่ำที่สุดในแต่ละอ่างเก็บน้ำเขื่อน เพื่อคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม ก่อนนำไปใช้ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 24 เดือนต่อไป ซึ่งผลจากตารางที่ 4 ชี้ให้เห็นว่า CS-HW ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดใน 3 อ่างเก็บน้ำเขื่อน คือ วชิราลงกรณ์ กระเสียว และทับเสลา ขณะที่ ForecastSheet-HW เหมาะสำหรับเขื่อนศรีนครินทร์ และ Minitab-D เหมาะสำหรับเชื่อมป่าสักชลสิทธิ์

ตาราง 4 MAE ของชุดข้อมูลทดสอบในแต่ละอ่างเก็บน้ำเขื่อน

ตัวแบบ		อ่างเก็บน้ำเขื่อน				
		เขื่อนศรีนครินทร์	เขื่อนวชิราลงกรณ์	เขื่อนกระเสียว	เขื่อนทับเสลา	เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์
แยก	Minitab-D	162.7047	214.9490	18.8629	14.7376	146.7654
ส่วนประกอบ	CS-D	210.7895	213.1062	20.3763	13.4046	179.2700
ไฮลด์-วินเทอร์	ForecastSheet-HW	117.1537	163.8233	17.1654	14.6953	181.0408
	CS-HW	118.0851	134.5742	16.5608	12.5736	170.9831
Box-Jenkins		323.5661	193.8779	59.0792	40.3133	278.4647

หมายเหตุ: ตัวทึบคือ MAE ต่ำสุดสำหรับอ่างเก็บน้ำเขื่อนแต่ละแห่ง

3. การพยากรณ์ล่วงหน้า 24 เดือน

จากตารางที่ 5 ซึ่งแสดงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนรายเดือน (ล้านลูกบาศก์เมตร: ลบ.ม.) ทั้ง 5 แห่ง ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิราลงกรณ์ เขื่อนกระเสียว เขื่อนทับเสลา และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ พบว่ามีลักษณะการไหลเข้ามากที่สุดในช่วงฤดูฝน ประมาณเดือน สิงหาคม – ตุลาคม สอดคล้องกับฤดูกาลของประเทศไทย โดยตัวอย่างข้อมูลเด่น ๆ มีดังนี้

เขื่อนศรีนครินทร์ คาดการณ์ว่าปริมาณน้ำไหลเข้าสูงสุดในช่วงเดือนตุลาคม เช่น ตุลาคม พ.ศ. 2567 = 1,301 ลบ.ม. และ ตุลาคม พ.ศ. 2568 = 1,307 ลบ.ม.

เขื่อนวชิราลงกรณ์ แสดงปริมาณน้ำไหลเข้าจำนวนมากช่วงเดือน สิงหาคม – ตุลาคม เช่น สิงหาคม พ.ศ. 2567 และ 2568 = 1,572 ลบ.ม.

เขื่อนกระเสียว แม้ตัวเลขจะน้อยกว่าเขื่อนขนาดใหญ่แห่งอื่น แต่ยังพบสภาวะน้ำไหลสูงสุด (Peak) ในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ตุลาคม พ.ศ. 2567 และ 2568 = 101 ลบ.ม.

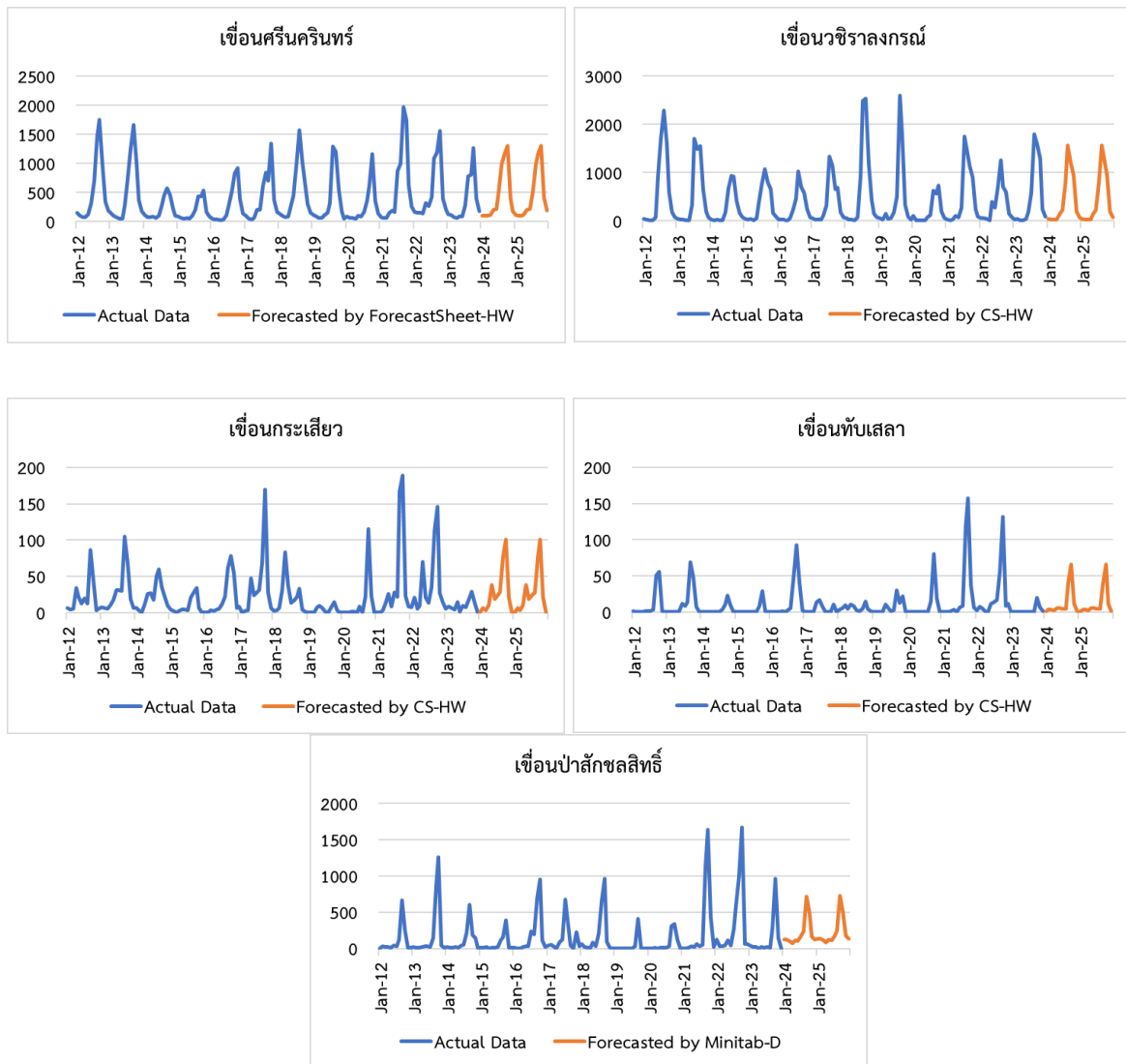
เขื่อนทับเสลา ปริมาณน้ำไหลเข้ามีการเพิ่มขึ้นชัดเจนช่วงปลายฤดูฝน โดยเดือน กันยายน และ ตุลาคม พ.ศ. 2567 และ 2568 อาจเพิ่มขึ้นถึง 41 – 66 ล้าน ลบ.ม.

เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ มีแนวโน้มคล้ายคลึงกัน คือสภาวะน้ำไหลสูงสุดในช่วงฤดูฝน เช่น กันยายน พ.ศ. 2567 = 717 ล้าน ลบ.ม. และ กันยายน พ.ศ. 2568 = 726 ล้าน ลบ.ม.

ภาพรวมทั้งหมดแสดงให้เห็นถึง ลักษณะฤดูกาลอย่างชัดเจน ของการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5 แห่ง โดยเฉพาะในเดือน สิงหาคม – ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ปริมาณน้ำไหลเข้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการพยากรณ์ดังกล่าวสามารถสนับสนุนการวางแผนบริหารจัดการน้ำอย่างเหมาะสมตลอดระยะเวลา 2 ปีข้างหน้า ทั้งในด้านการรักษาระดับน้ำในเขื่อน การเตรียมพร้อมรับปริมาณน้ำในช่วงฤดูฝน และการจัดสรรน้ำสำหรับพื้นที่ตอนล่างในช่วงฤดูแล้งต่อไป

ตาราง 5 การพยากรณ์ล่วงหน้าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อน (ล้านลูกบาศก์เมตร) มกราคม 2567 - ธันวาคม 2568

เดือน/ปี ค.ศ.	อ่างเก็บน้ำเขื่อน				
	เขื่อน ศรีนครินทร์	เขื่อน วชิราลงกรณ์	เขื่อน กระเสียว	เขื่อน ทับเสลา	เขื่อน ป่าสักชลสิทธิ์
Jan-24	105	45	0	1	124
Feb-24	101	38	6	3	126
Mar-24	101	29	3	3	103
Apr-24	118	31	11	2	77
May-24	201	134	38	5	111
Jun-24	217	230	19	5	102
Jul-24	507	788	24	4	161
Aug-24	981	1,572	28	5	239
Sep-24	1,165	1,211	76	41	717
Oct-24	1,301	947	101	66	490
Nov-24	402	205	21	11	166
Dec-24	185	81	1	2	120
Jan-25	111	44	0	1	133
Feb-25	107	37	6	3	135
Mar-25	107	28	3	3	112
Apr-25	124	31	11	2	86
May-25	207	133	38	5	120
Jun-25	223	229	19	5	111
Jul-25	513	788	24	4	170
Aug-25	987	1,572	28	5	247
Sep-25	1,171	1,210	76	41	726
Oct-25	1,307	946	101	66	498
Nov-25	408	204	21	11	175
Dec-25	191	81	1	2	129



ภาพที่ 6 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของอ่างเก็บน้ำเขื่อนทั้ง 5 เขื่อน โดยใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

การอภิปรายผล

1. การนำเสนอเทคนิคการค้นหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบนกกาเหว่า (CS) สำหรับปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการแยกส่วนประกอบ (CS-D) และตัวแบบโฮลต์-วินเทอร์ (CS-HW)

ผลของงานวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้อัลกอริทึมเมตาฮีวิริสติกส์เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลา เช่น การใช้ CS เพื่อเพิ่มความแม่นยำของ HW (Mauricio & Ostia, 2023) การบูรณาการ HW กับ ABC (Kaewpaengjuntra et al., 2010) และ FFO (Jiang et al., 2020) ตลอดจนงานที่ผสานเมตาฮีวิริสติกส์กับ Decomposition และ HW ในบริบทข้อมูลอนุกรมเวลาของประเทศไทย (เช่น Minsan & Minsan, 2023; 2025a) ข้อสังเกตดังกล่าวช่วยยืนยันว่าแนวทาง CS-D/CS-HW มีฐานเชิงประจักษ์รองรับและสามารถประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางในชุดข้อมูลที่มีแนวโน้มและฤดูกาลเด่นชัด

ผลการพัฒนาตัวแบบ CS-D และ CS-HW พบว่าสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม สอดคล้องกับข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม และฤดูกาลได้ดี อัลกอริทึม CS ช่วยค้นหาพารามิเตอร์ภายในขอบเขตที่กำหนดให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนต่ำโดยอัตโนมัติ

การใช้เทคนิคการปรับขนาดพารามิเตอร์ที่นำเสนอโดย Minsan & Minsan (2023) เพื่อเปลี่ยนค่าที่ได้จากอัลกอริทึม CS ซึ่งอยู่ในช่วง $[0, 1]$ ให้กลับมาอยู่ในหน่วยข้อมูลจริง ช่วยให้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สอดคล้องกับบริบทของข้อมูลปริมาณน้ำในเขื่อนได้อย่างเป็นรูปธรรม

การนำโครงสร้างการคำนวณจากรหัสเทียมที่ออกแบบใหม่สำหรับ CS-D และ CS-HW ทำให้สะดวกต่อการปรับแต่ง และสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับอนุกรมเวลาอื่น ๆ ที่มีแนวโน้มและฤดูกาลได้ในอนาคต

2. การประเมินประสิทธิภาพของ CS-D และ CS-HW ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่รายเดือนในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย

เมื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์กับวิธีมาตรฐานหรือโปรแกรมสำเร็จรูปอื่น ๆ เช่น Minitab-D, ForecastSheet-HW และ Box-Jenkins พบว่า CS-HW ให้ค่า MAE ต่ำกว่าวิธี HW ในโปรแกรมสำเร็จรูปอย่างชัดเจนในหลายอ่างเก็บน้ำเขื่อน ขณะที่ CS-D มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นเหนือกว่าวิธีแยกส่วนประกอบในโปรแกรมสำเร็จรูปในบางกรณีเช่นกัน

ในการประเมินทั้งช่วงข้อมูลฝึกฝน และข้อมูลทดสอบ กลุ่มตัวแบบ CS-HW และ CS-D แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มค่าพยากรณ์ที่สอดคล้องกับฤดูกาลและแนวโน้มของข้อมูลจริงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ข้อมูลมีความผันผวนสูงในช่วงฤดูฝน จากผลการวิเคราะห์ สามารถเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละอ่างเก็บน้ำเขื่อนสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า ช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในอ่างเก็บน้ำเขื่อนที่ลักษณะข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มและฤดูกาลอย่างชัดเจนเช่นกัน

ข้อค้นพบสำคัญคือ การผสานอัลกอริทึมเมตาฮิวริสติกส์อย่าง CS เข้ากับตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลและแนวโน้ม (HW และ แยกส่วนประกอบ) ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มุ่งนำเสนอเทคนิคการค้นหาค่าเหมาะที่สุดแบบนกกาเหว่า เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบการแยกส่วนประกอบ และโฮลต์-วินเทอร์ ซึ่งเรียกว่า CS-D และ CS-HW ตามลำดับ เพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่รายเดือนในภาคกลางและภาคตะวันตกของประเทศไทย ปัญหาหลักที่พบคือ วิธีดั้งเดิมที่ใช้กันทั่วไปในโปรแกรมสำเร็จรูปหรือเรียกว่าวิธีแบบดั้งเดิม เช่น ค้นหาแบบกริดของโฮลต์-วินเทอร์ และ แยกส่วนประกอบแบบคลาสสิก ตามที่ได้กล่าวไว้ใน Minsan & Minsan (2024c) มักมีข้อจำกัดในการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ลดลงเมื่อข้อมูลมี

ความผันผวนสูงหรือมีฤดูกาลชัดเจน การนำอัลกอริทึม CS มาใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหา ค่าพารามิเตอร์อย่างเป็นระบบและครอบคลุมยิ่งขึ้น ส่งผลให้ตัวแบบสามารถจับลักษณะเชิงแนวโน้มและ ฤดูกาลได้ดีขึ้น

CS-D และ CS-HW สามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAE) ได้ดีให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกับ ปริมาณน้ำไหลเข้าจริง นับเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาลักษณะข้อมูลเฉพาะพื้นที่ในเชิงลึก และปรับค่าเริ่มต้นของอัลกอริทึมให้ เหมาะสม เพื่อให้การประมวลผลรวดเร็วและรองรับข้อมูลที่มีความผันแปรสูงในอนาคตได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังควรบูรณาการแนวทางการพยากรณ์เข้ากับปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ปริมาณฝนที่ตกตามพื้นที่ลุ่มน้ำ งานวิจัยของ Minsan & Minsan (2025a, 2025b) เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและรองรับการตัดสินใจเชิง นโยบายได้ดียิ่งขึ้นในระยะยาว

ดังนั้นการศึกษานี้มีข้อจำกัดสำคัญคือ (1) ใช้ข้อมูลเวลารายเดือนของอ่างเก็บน้ำ 5 แห่งในช่วงปี 2012–2023 ซึ่งอาจไม่ครอบคลุมความแปรปรวนทุกรูปแบบ (2) ไม่ได้ผนวกตัวแปรภายนอก เช่น ปริมาณฝน พื้นที่รับน้ำ หรือสภาพภูมิอากาศ จึงประเมินเฉพาะพลวัตภายในของอนุกรมเวลา (3) เกณฑ์คัดเลือกตัวแบบอิง ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) เป็นหลัก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาและคณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นอย่างยิ่ง ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และ โปรแกรมสำเร็จรูป รวมถึงสนับสนุนรหัสภาษา Python สำหรับการประมวลผลเชิงวิเคราะห์ ซึ่งเป็นประโยชน์ อย่างยิ่งต่อการดำเนินงานวิจัยและช่วยให้ผลลัพธ์มีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2568). *ระบบฐานข้อมูลน้ำในอ่างเก็บน้ำ กรมชลประทาน*.

<https://app.rid.go.th/reservoir/>

วฐา มินเสน. (2567). *เอกสารคำสอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลา*. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Dorigo, M. (1992). *Optimization, Learning and Natural Algorithms*. Ph.D. thesis, Politecnico di Milano, Italy.

Dorigo, M., Birattari, M., & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization. *IEEE Comput Intell*, 1(4), 28–39. <https://doi.org/10.1109/MCI.2006.329691>

Gandomi, A. H., & Alavi, A. H. (2012). Krill herd: a new bio-inspired optimization algorithm.

Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 17(12), 4831-4845.

<https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2012.05.010>

- Geem, Z. W., Kim, J. H., & Loganathan, G. V. (2001). A new heuristic optimization algorithm: harmony search. *Simulation*, 76(2), 60-68.
<https://doi.org/10.1177/003754970107600201>
- Heidari, A. A., Mirjalili, S., Faris, H., Aljarah, I., Mafarja, M., & Chen, H. (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications. *Future Generation Computer Systems*, 97, 849-872. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.028>
- Jiang, W., Wu, X., Gong, Y., Yu, W., & Zhong, X. (2020). Holt–Winters smoothing enhanced by fruit fly optimization algorithm to forecast monthly electricity consumption. *Energy*, 193, 116779. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116779>
- Kaewpaengjuntra, S., Somhom, S., & Saenchan, L. (2010). Electricity consumption forecasting model using hybrid Holt-Winters exponential smoothing and artificial bee colony algorithm. *Information Technology Journal*, 6(1), 12-17. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/IT_Journal/article/view/73218
- Karaboga, D. (2005). *An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization (Technical Report No. TR06)*. Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department. https://abc.erciyes.edu.tr/pub/tr06_2005.pdf
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). *Particle Swarm Optimization*. In 1995 IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN'95) (pp. 1942–1948). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968>
- Mauricio, C. C., & Ostia, C. F. (2023). *Cuckoo search algorithm optimization of holt-winter method for distribution transformer load forecasting*. In 9th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) (pp. 36-42), Beijing, China. <https://doi.org/10.1109/ICCAR57134.2023.10151700>
- Minsan, W., & Minsan, P. (2023). Incorporating decomposition and the Holt-Winters method into the whale optimization algorithm for forecasting monthly government revenue in Thailand. *Science & Technology Asia*, 28(4), 38–53. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/250335>
- Minsan, P., & Minsan, W. (2024a). Decomposition and Holt-Winters techniques enhanced by whale optimization algorithm: case study of pm2.5 forecasting in 8 northern provinces of Thailand. *Thai Science and Technology Journal*, 32(6), 12-34.
<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/261071>

- Minsan, W., & Minsan, P. (2024b). Decomposition and Holt-Winters enhanced by the whale optimization algorithm for forecasting the amount of water inflow into the large dam reservoirs in southern Thailand. *Journal of Current Science and Technology*, 14(2), article 38. <https://doi.org/10.59796/jcst.V14N2.2024.38>
- Minsan, P., & Minsan, W. (2024c). Monthly volumes of water inflow into the large dam reservoirs in eastern Thailand forecasting by the cuckoo search optimization enhanced decomposition and Holt-Winters techniques. *Thai Journal of Operations Research*, 12(2), 69-89. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/article/view/253542>
- Minsan, W., Minsan, P., & Panichkitkosolkul, W. (2024). Enhancing decomposition and Holt-Winters weekly forecasting of pm2.5 concentrations in Thailand's eight northern provinces using the cuckoo search algorithm. *Thailand Statistician*, 22(4), 963–985. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/thaistat/article/view/256084>
- Minsan, P., & Minsan, W. (2025a). Forecasting rainfall in the Ping, Wang, Yom, and Nan River Basins of Thailand using decomposition and holt-winters methods enhanced by GRG nonlinear optimization. *ASEAN J Sci Tech Report*, 28(5), e259297. <https://doi.org/10.55164/ajstr.v28i5.259297>
- Minsan, W., & Minsan, P. (2025b). *GRG-HW and GRG-D optimization models for rainfall forecasting in the Yom river basin*. figshare. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28953389.v2>
- Mirjalili, S. (2016). Dragonfly algorithm: a new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems. *Neural Computing and Applications*, 27, 1053-1073. <https://doi.org/10.1007/s00521-015-1920-1>
- Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The whale optimization algorithm. *Advances in Engineering Software*, 95, 51-67. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.01.008>
- Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>
- Pan, W. T. (2012). A new fruit fly optimization algorithm: taking the financial distress model as an example. *Knowledge-Based Systems*, 26, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2011.07.001>

- Vimolsutjarit, N., Minsan,W., Taninpong, P., & Thumronglaohapun, S. (2025). Forecasting Water Volume of Dam Reservoirs in Northern Thailand Using a Classical Decomposition and Holt-Winters Enhanced by Fruit Fly Optimization Algorithm. *KKU Science Journal*, 53(2), 205–218. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>
- Yang, X. S. (2009). *Firefly Algorithms for Multimodal Optimization*. In proceedings of 5th international symposium, SAGA 2009 Sapporo, Japan. https://doi.org/10.1007/978-3-642-04944-6_14
- Yang, X. S. (2010). *A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm*. In proceedings of nature inspired cooperative strategies for optimization (NICSO 2010). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12538-6_6
- Yang, X. S. (2012). *Flower Pollination Algorithm for Global Optimization*. In proceedings of unconventional computation and natural computation, Lecture notes in computer science. (pp. 240-249). https://doi.org/10.1007/978-3-642-32894-7_27
- Yang, X. S., Deb, & S. (2009). *Cuckoo Search Via Lévy Flights*. In 2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC) (pp. 210–214). IEEE. <https://doi.org/10.1109/NABIC.2009.5393690>

ประสิทธิภาพของเปลือกถั่วลิสงในการดูดซับสีย้อมจากน้ำเสียในกระบวนการย้อมสีผ้าชุมชน

Efficiency of Peanut Shells in Dye Adsorption from Wastewater in Community-Based Fabric Dyeing Processes

ชุติกานจน์ จันทรรัตน์, นัยน์เนตร มีนาค และ จารูวรรณ วงศ์ทะเนตร*

Chutikarn Jantararat, Nainate Meenak and Jaruwon Wongthanate*

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

E-mail : chutikarn9617@gmail.com, nainate.m@gmail.com and jaruwan.won@mahidol.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 20 March 2025, Revised: 9 October 2025, Accepted: 15 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1131>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของขนาดเปลือกถั่วลิสงน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ค่าพีเอชเริ่มต้น 5, 6, 7, 8, 9 ระยะเวลาการสัมผัส 30, 45, 60, 75 นาที และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับในการกำจัดสีย้อมผ้าที่ปนเปื้อน รวมทั้งศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือกถั่วลิสงที่ดูดซับสีย้อมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ซึ่งดำเนินการทดลองโดยนำเปลือกถั่วลิสงขนาดต่างๆ น้ำหนัก 20 กรัม ใส่ลงในน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าปริมาตร 150 มิลลิลิตร ในขวดลูกชุบขนาด 250 มิลลิเมตร และเขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที ผลการศึกษา พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้ามีลักษณะเป็นสีน้ำเงินปนม่วงเข้ม และมีค่าสี 11,600 ADMI โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการดูดซับสี ได้แก่ ค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5 ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที และใช้เปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีประสิทธิภาพการดูดซับสีได้สูงที่สุดถึงร้อยละ 89.65 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเปลือกถั่วลิสงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับชีวมวลสำหรับการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นจากกระบวนการย้อมผ้าในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพการดูดซับสี สีไดเรกต์ เปลือกถั่วลิสง SEM

Abstract

This research project aimed to determine the optimal conditions of peanut shells using the sizes smaller and larger than 2 mm, initial pH values of 5, 6, 7, 8, 9, contact times of 30, 45, 60, 75 minutes and compare the adsorption efficiency to remove dye as well as to study a morphology of peanut shells for dyeing adsorption using SEM. The experiment was conducted by using peanut shells of various sizes, each weighing 20 g, put into 150 mL of dyeing process wastewater in an Erlenmeyer flask 250 mL and shaken at 150 rpm. Based on the results, the characteristics of wastewater from fabric dyeing process were an indigo-colored appearance and a color value of 11,600 ADMI. The optimum conditions of dye removal were at initial pH 5, contact time of 30 minutes and the use of peanut shells smaller than 2 mm. Under these optimal conditions, the highest dye adsorption efficiency achieved was 89.65%. These results indicate that peanut shells smaller than 2 mm can be effectively used as a biomass adsorbent for the preliminary treatment of wastewater from community-based fabric dyeing processes.

Keywords: Adsorption efficiency of dye, Directs dye, Peanut shells, SEM

บทนำ

กระแสสังคมในปัจจุบันต้องการลดการซื้อและสนับสนุนเสื้อผ้าตามกระแส การปรับปรุงเสื้อผ้าเก่าหรือเสื้อผ้าอื่นๆ ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้มีลักษณะและสีสันที่ดูใจและทันสมัยโดยไม่ต้องซื้อของใหม่ ได้ถูกส่งเสริมมากขึ้น ซึ่งการนำเสื้อผ้าไปย้อมสีใหม่จึงเป็นหนึ่งในแนวคิดที่เริ่มกลับมาได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถทำได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายไม่สูง โดยผู้ที่ต้องการย้อมสีเสื้อผ้า ส่วนมากจะเลือกใช้บริการธุรกิจรับย้อมสีเสื้อผ้าที่เป็นร้านขนาดเล็ก พบได้ในชุมชน ซึ่งผู้ประกอบการรับย้อมสีเสื้อผ้า มักจะขาดความรู้และความเข้าใจที่เพียงพอเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสี ทำให้เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการย้อมสี และใช้สีโดยตรง (Direct dyes) ซึ่งเป็นสีที่สามารถติดบนเส้นใยฝ้ายและเส้นใยเซลลูโลสอื่นๆ ได้โดยตรง และมีแรงยึดเหนี่ยวกับเส้นใยด้วยพันธะไฮโดรเจน การย้อมสีกลุ่มนี้จำเป็นต้องเติมเกลือ เพื่อลดแรงผลักระหว่างสีย้อมและเส้นใย เนื่องจากว่าทั้งเส้นใยและสีย้อมต่างก็มีประจุลบทั้งคู่ และเนื่องจากสีชนิดนี้ยึดเกาะบนเส้นใยด้วยพันธะไฮโดรเจนเท่านั้น ทำให้สีตกได้ง่ายเมื่อซักล้าง จึงต้องใช้สารผนึกสีที่มีประจุบวก (Cationic fixing agent) ร่วมด้วยเมื่อจับกับโมเลกุลของสีย้อมให้เกิดเป็นสารเชิงซ้อนและละลายน้ำได้ยากขึ้น ซึ่งทำให้มีการคงทนต่อการซักได้มากขึ้น (วิโรจน์ สารการโกศล, 2560) น้ำเสียที่ปนเปื้อนด้วยสีย้อมสามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณสีด้วยวิธีการตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งด้วยการวิธีวิเคราะห์ ADMI (American dye manufacturers institute) (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) น้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีเหล่านี้ จะถูกทิ้งลงในท่อน้ำเสียของชุมชนโดยไม่ได้ผ่านการกำจัดสีก่อน ส่งผลกระทบของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมผ้าด้วยสีโดยตรงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

น้ำเสียจากการย้อมผ้าที่มีสีโดเรกท์เป็นองค์ประกอบหลัก มักมีลักษณะสีเข้มข้นและมีสารเคมีปนเปื้อนจำนวนมาก สีที่ปนอยู่ในแหล่งน้ำมีผลต่อการซึมผ่านของแสง ซึ่งลดลงอย่างมาก ทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนในน้ำถูกขัดขวาง เป็นเหตุให้ห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน้ำเสียสมดุล (Yaseen & Scholz, 2019) นอกจากนี้การลดลงของแสงยังส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตน้ำ เช่น ปลา และสัตว์น้ำอื่นๆ ประสบภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) หรืออาจถึงขั้นตายเป็นจำนวนมาก (Dutta & Bhattacharyya, 2023) ส่วนของแข็งที่ปนอยู่ในน้ำเสีย รวมถึงสารอินทรีย์จากสีย้อม ยังสามารถสะสมอยู่ในดินหรือตะกอน และมีแนวโน้มเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (Bioaccumulation) ซึ่งเมื่อเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ในระยะยาว (Katheresan et al., 2018) สำหรับมนุษย์สามารถได้รับผลกระทบจากน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมโดยตรงและโดยอ้อม การสัมผัสโดยตรง เช่น การใช้น้ำในการอุปโภค บริโภค หรือสัมผัสทางผิวหนัง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ดวงตา และระบบทางเดินหายใจ ขณะที่การได้รับสารปนเปื้อนผ่านการบริโภคสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเสีย อาจส่งผลกระทบต่อระบบอวัยวะภายใน เช่น ตับ ไต และระบบสืบพันธุ์ เป็นต้น อาจเกิดมลพิษทางน้ำได้ เนื่องจากในระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชน ลักษณะของน้ำเสียจะไม่มีข้อมูลของสีที่ปนเปื้อนในน้ำปรากฏอยู่ รวมถึงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของชุมชน จะไม่มีกระบวนการบำบัดขั้นสูงที่สามารถบำบัดสีได้ มีเพียงกระบวนการบำบัดขั้นต้นทางกายภาพเคมี กระบวนการบำบัดขั้นที่สองทางชีวภาพ และกระบวนการบำบัดขั้นที่สามสำหรับการฆ่าเชื้อโรคทั่วไป เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) เมื่อเข้าสู่กระบวนการบำบัดอาจส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนทำงานหนัก หรือทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่ได้มาตรฐานตามต้องการ แต่ถูกปล่อยออกไปรวมกับแหล่งน้ำในธรรมชาติ และอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำต่อไปได้ในอนาคต เพื่อแก้ปัญหาการทิ้งน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการย้อมสีเสื้อผ้าที่ต้นเหตุ จากการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่า มีกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมหลายวิธี อาทิ กระบวนการทางชีวภาพ เช่น กระบวนการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่มีความสามารถในการบำบัดน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบของสี (นิตยา ผาสุกพันธุ์, 2558) กระบวนการทางเคมีที่อาจบำบัดด้วยวิธีการโอโซนออกซิเดชัน (Ozone oxidation) (Saismrutirajan & Sanjoy, 2020) และกระบวนการทางกายภาพ เช่น การกรองด้วยเยื่อแผ่น (Membrane technology) (วนิดา ชูอักษร, 2555) โดยทุกวิธีต่างมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมในน้ำเสีย แต่เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านขั้นตอนและงบประมาณ การศึกษากระบวนการดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพที่ถูกจัดว่ามีประสิทธิภาพสูงสามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากและมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติในการดูดซับสีได้ เช่น เปลือกมะพร้าว กะลามะพร้าว แกลบ เป็นต้น (Ali et al., 2021) ส่วนวัสดุชีวภาพที่นำมาศึกษาในกระบวนการดูดซับ เป็นวัสดุดูดซับจากธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือใช้ หาได้ง่ายในธรรมชาติ และมีราคาถูกกว่า จึงเลือกนำมาใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งการนำวัสดุจากธรรมชาติดังกล่าวมาใช้ในกระบวนการดูดซับยังเป็นส่วนหนึ่งของการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการบำบัดสีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยวิธีการดูดซับโดยใช้วัสดุดูดซับที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งและเป็นวัสดุจากธรรมชาติมาใช้ คือเปลือกถั่วลิสง ซึ่งมีโครงสร้างเส้นใย

(Fibrous) ที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ฮีมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งให้การจัดเรียงเชิงโครงสร้างที่มีรูปพรรณสัณฐาน และโครงสร้างประกอบเคมีประกอบด้วยคาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) เป็นหลัก (Paczkowski et al., 2021) เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าในขั้นต้นได้ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงภายใต้ปัจจัยที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขนาดของวัสดุดูดซับธรรมชาติ (Size) ค่าพีเอชเริ่มต้น (Initial pH) และระยะเวลาการสัมผัส (Contact time) และ 2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดซับจากเปลือกถั่วลิสงในการกำจัดสีที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมวัสดุดูดซับจากธรรมชาติ

นำเปลือกถั่วลิสงที่รวบรวมจากตลาดสดที่ตั้งอยู่ในอำเภอศาลายา จังหวัดนครปฐม มาล้างด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่นจนสะอาดและผึ่งให้แห้ง 2 วัน และนำไปอบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จนน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 1) และนำไปตำด้วยครก แล้วนำเปลือกถั่วลิสงที่ผ่านการอบแห้งมาทำให้ละเอียดก่อนนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 10 Mesh (ขนาดรูเปิดประมาณ 2.0 มิลลิเมตร) เพื่อให้ได้วัสดุดูดซับเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2) เก็บใส่ถุงแยกขนาดของเปลือกถั่วลิสง และนำไปใส่ในตู้ดูดความชื้นเพื่อป้องกันความชื้นก่อนนำไปใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 1 เปลือกถั่วลิสงเตรียมคัดเลือกขนาด



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 เปลือกถั่วลิสงขนาดเล็กผ่านการร่อนตะแกรง

(ก) ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และ (ข) ขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้า

ดำเนินการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์จากกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กในชุมชน ของเครือข่าย ศูนย์ฝักอาชีพ กรุงเทพฯ สนามหลวง 2 กรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบจ้วง (Grab sampling) ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าสี (Color) (ADMI Spectrophotometer) ค่าความขุ่น (Turbidity) (Turbidity meter) ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids: TSS) ค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) (APHA, 2017) ค่าพีเอช (pH) (pH meter) ค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity) (Conductivity meter) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) และค่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสีย (TKN) ตามวิธีการวิเคราะห์มาตรฐานน้ำและน้ำเสีย (APHA, 2017)

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของวัสดุดูดซับสีย้อมผ้าด้วยเปลือกถั่วลิสง

การศึกษานี้เป็นการทดลองการดูดซับแบบกะ (Batch adsorption test) (Songkampol & Wongthanate, 2017) โดยนำวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร ด้วยปริมาณขนาดละ 20 กรัม ในการดูดซับสีย้อมผ้าของน้ำเสียปริมาตร 150 มิลลิลิตร และทำการปรับค่าพีเอชเริ่มต้นในช่วง 5-9 ของน้ำเสีย ด้วยสารละลายเข้มข้น NaOH 6M เพื่อเพิ่มค่า และสารละลายเข้มข้น HCl 6M เพื่อลดค่าพีเอช (Rattanavijit et al., 2022) มีระยะเวลาในการสัมผัส 30 นาที ซึ่งทำการเขย่าระหว่างวัสดุดูดซับกับน้ำเสียให้สัมผัสกันด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที (พัชรนันท์ จันทรพลอย และคณะ, 2563) และทำการทดลองระยะเวลาในการสัมผัสที่เวลา 30, 45, 60 และ 75 นาที (ภาพที่ 3) เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองแล้ว ทำการแยกวัสดุดูดซับออกจากน้ำเสียด้วยการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C ขนาด 70 มม.) และนำน้ำเสียของแต่ละชุดการทดลองวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสีไดเรกต์โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์สำหรับวัดค่าสีแบบ ADMI (ADMI Spectrophotometer) (รุ่น Spectroquant®Prove 100 ยี่ห้อ Merck ประเทศเยอรมันนี) โดยใช้ค่าความยาวคลื่นแสงในการวัดค่าการ

ดูดกลืนแสงในช่วง 1-600 นาโนเมตร และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสีย 3 ซ้ำ หลังจากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการดูดซับสีของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม



ภาพที่ 3 การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงบนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบ/นาที

ศึกษาลักษณะพื้นฐานของวัสดุดูดซับสีย้อมผ้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ดำเนินการศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงก่อนผ่านกระบวนการดูดซับสีย้อมผ้า และลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงหลังผ่านกระบวนการดูดซับสีย้อมผ้าภายใต้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้ทำการศึกษา โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์ อีมิสชัน (Field emission scanning electron microscope (FESEM)) (รุ่น SU8010 Hitachi) และนำวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสง ติดบนแท่นติดตัวอย่าง (SEM stub) และฉาบเคลือบผิวของวัสดุดูดซับด้วยเครื่องฉาบเคลือบผิวตัวอย่างด้วยชั้นบางของโลหะทองคำ (Sputter coating) (Farida et al., 2025) และนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Statistic 18 เพื่อช่วยในการพิจารณาการกำจัดสีย้อมไธเรกต์ด้วยวัสดุดูดซับธรรมชาติของเปลือกถั่วลิสง โดยมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ($p < 0.05$) รวมถึงการใช้ Duncan's new multiple range test เพื่อช่วยในการแบ่งกลุ่มของข้อมูลในแต่ละการทดลอง และวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสง (Songkampol & Wongthanate, 2017) ดังสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดซับสี (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100$$

เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียสีย้อม (ADMI)

C_e คือ ความเข้มข้นของน้ำเสียสีย้อมหลังการดูดซับ (ADMI)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคูณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์จากกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กในชุมชนของเครือข่ายศูนย์ฝักอาชีพ กทม.สนามหลวง 2 กรุงเทพมหานคร พบว่ามีค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียทางกายภาพและเคมี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

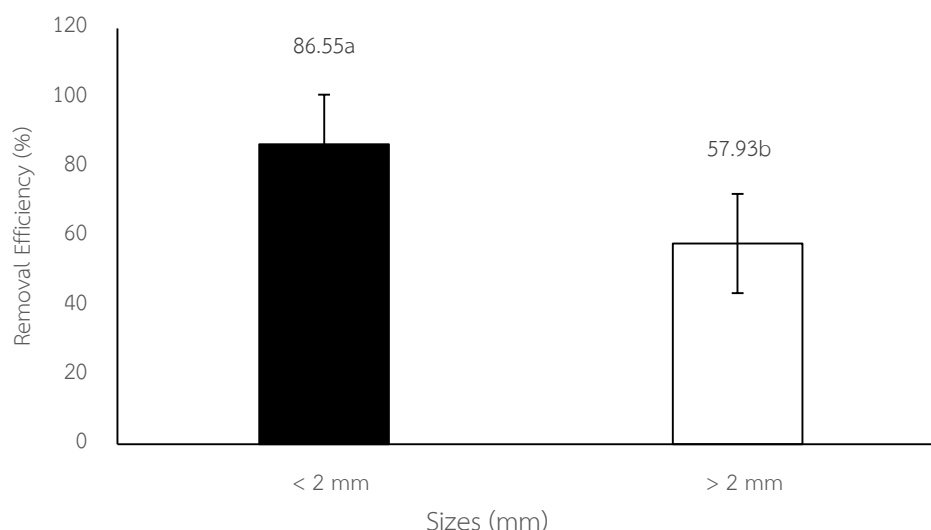
ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าวิเคราะห์	ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)
สี (Color)	ADMI	11,600	< 300
ค่าความขุ่น (Turbidity)	NTU	17.74	-
ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	mg/L	0.0865	< 50
ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/L	4.65	< 3,000
ค่าไนโตรเจนในน้ำ (TKN)	mg/L	4.26	< 100
ค่าพีเอช (pH)	-	8.17	5.5-9.0
ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)	mg/L	267.92	< 120
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	6,522	-

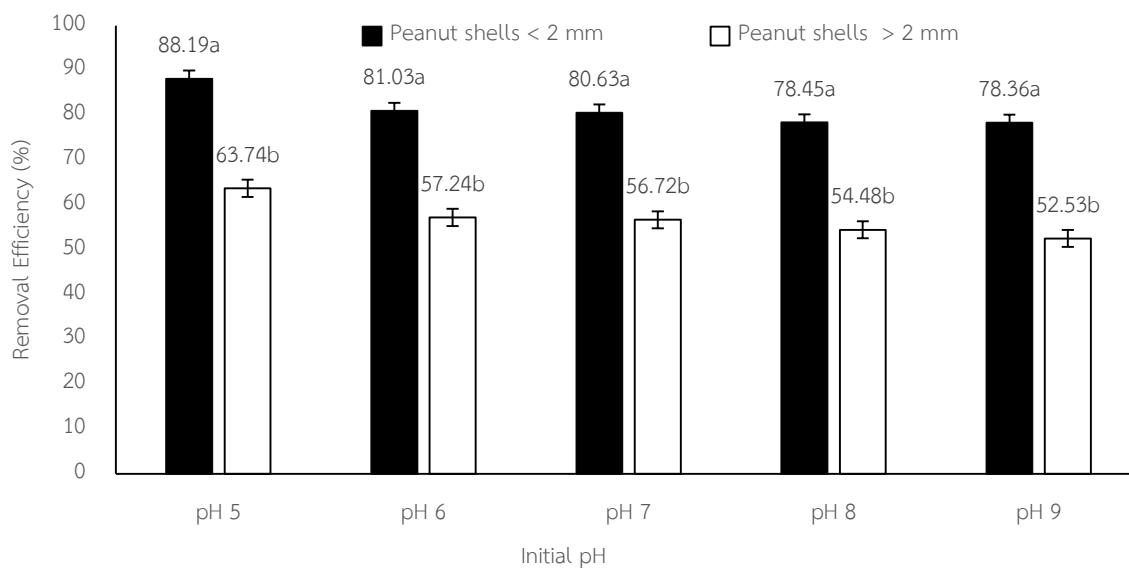
สภาวะที่เหมาะสมของขนาด (Size) ค่าพีเอชเริ่มต้น (Initial pH) และระยะเวลาการสัมผัส (Contact time) ของวัสดุดูดซับสีย้อมผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสง

ผลการทดลองพบว่า ขนาดของวัสดุดูดซับธรรมชาติมีผลต่อการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียอยู่ที่ 86.55% และ 57.93% ที่ค่าพีเอช 8.17 และระยะเวลาดูดซับ 30 นาที (ภาพที่ 4) และผลการทดลองการนำวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 และใช้ระยะเวลาดูดซับ 30 นาที พบว่าค่าพีเอชเริ่มต้น 5-9 มีผลต่อการดูดซับของวัสดุดูดซับธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ของเปลือกถั่วลิสงทั้งสองขนาด โดยประสิทธิภาพการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อน้ำทิ้งอยู่ในสภาวะที่มีค่าพีเอชเริ่มต้น 5 และมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าพีเอชเริ่มต้นสูงขึ้น ซึ่งวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียภายใต้สภาวะของน้ำทิ้งดังกล่าวคือ 88.19%, 80.63%, 81.03%, 78.45 และ 78.36% ตามลำดับ ในส่วนของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะค่าพีเอชเริ่มต้นช่วงเดียวกัน พบว่า มี

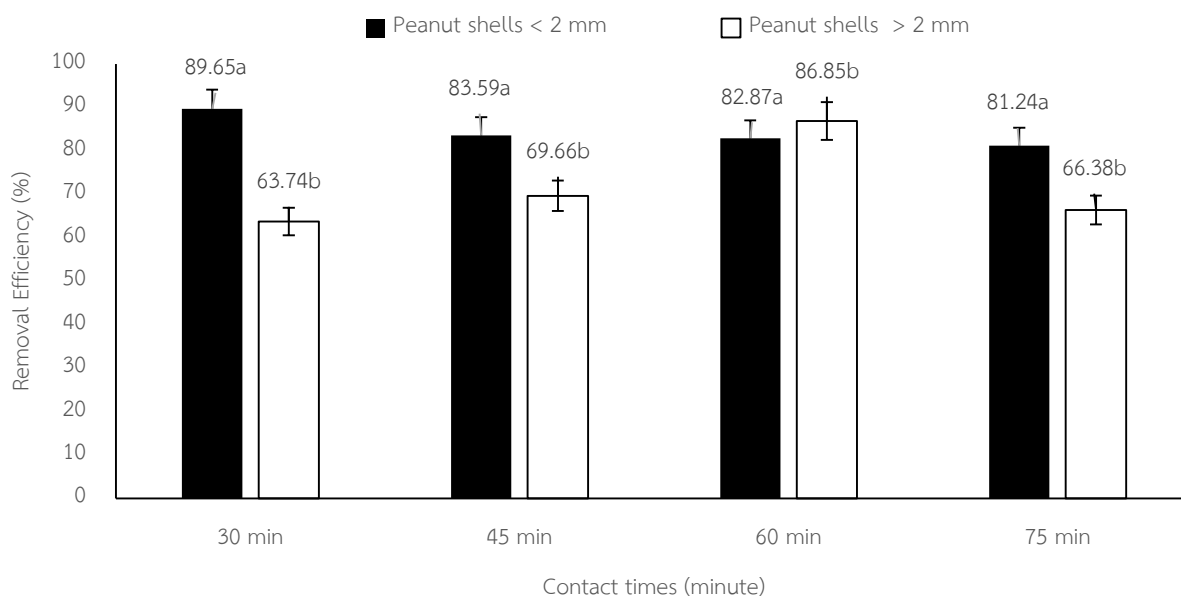
ประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียที่ 63.74%, 57.24%, 56.72%, 54.48% และ 52.53% ตามลำดับ (ภาพที่ 5) นอกจากนี้ผลการทดลองการนำวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5 และใช้ระยะเวลาดูดซับแตกต่างกันที่ 30, 45, 60, และ 75 นาที พบว่าระยะเวลาในการดูดซับมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีของวัสดุดูดซับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ของเปลือกถั่วลิสงทั้งสองขนาด โดยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร มีแนวโน้มประสิทธิภาพการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาการดูดซับ ซึ่งมีประสิทธิภาพการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งที่ 89.65%, 83.59%, 82.87% และ 81.24% ตามลำดับ และวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียที่ 63.74%, 69.66%, 86.85% และ 66.38% ตามลำดับ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการดูดซับสีน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร (ค่าพีเอช 8.17 และระยะเวลาดูดซับ 30 นาที)



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการดูดซับสีน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะที่มีค่าพีเอชแตกต่างกัน (ระยะเวลาดูดซับ 30 นาที)



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการดูดซับสีน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร (ค่าพีเอช 5) ภายใต้สภาวะของระยะเวลาสัมผัสที่แตกต่างกัน

ประสิทธิภาพการดูดซับสีไคเรกต์ของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสง

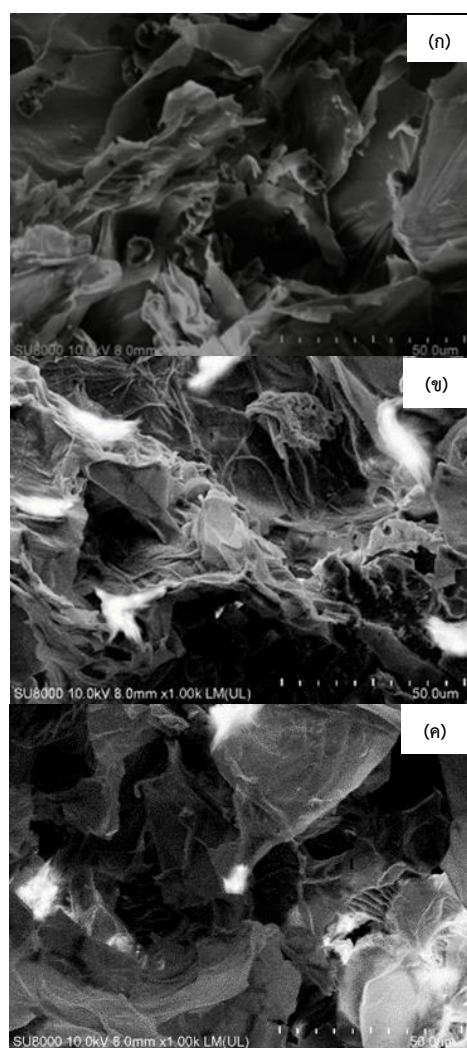
จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า วัสดุดูดซับธรรมชาติของเปลือกถั่วลิสงที่มีประสิทธิภาพการดูดซับสีจากกระบวนการย้อมสีผ้า ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ด้วยปริมาณขนาดละ 20 กรัม ที่สภาวะค่าพีเอชเริ่มต้น 5 และใช้เวลาการดูดซับที่ 30 นาที (วัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร) และ 60 นาที (วัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร) โดยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไคเรกต์ของน้ำทิ้งประมาณ 89.65% ส่วนวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไคเรกต์ของน้ำทิ้งประมาณ 86.85% และผลของคุณลักษณะของน้ำทิ้งหลังการดูดซับสีไคเรกต์ด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไคเรกต์ของน้ำทิ้งได้สูง พบว่าพารามิเตอร์ของน้ำทิ้งมีความเข้มข้นลดลงมาก (1,201 ADMI) และค่าซีไอลดลง (160.80 mg/L) ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์บางตัว (ค่าความขุ่น ค่าพีเอช ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และค่าการนำไฟฟ้า) มีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวแม้ว่าจะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่พบว่ายังอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ดังแสดงผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าของเปลือกถั่วลิสงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยเปลือกถั่วลิสงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าน้ำทิ้ง	ค่าน้ำทิ้งหลังการดูดซับสี		ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)
		ก่อน	เปลือกถั่ว	เปลือกถั่ว	
		การดูดซับสี	ลิสงขนาด < 2 มม.	ลิสงขนาด > 2 มม.	
สี (Indigo color)	ADMI	11,600	1,201	1,525	< 300
ค่าความขุ่น	NTU	17.74	34.80	4.73	-
ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	mg/L	0.0865	0.07	0.037	< 50
ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)	mg/L	4.65	10.17	7.28	< 3,000
ค่าไนโตรเจนในน้ำ (TKN)	mg/L	4.26	90.72	91.28	< 100
ค่าซีโอดี (COD)	mg/L	267.92	160.80	200.30	< 120
ค่าพีเอช	-	8.17	5.14	5.24	5.5-9.0
ค่าการนำไฟฟ้า	μS/cm	6,552	7,161	7,060	-

ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงจากสียเดเรกซ์ของกระบวนการย้อมสีผ้า

จากผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาโดยเครื่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ของวัสดุดูดซับคือ เปลือกถั่วลิสงที่ขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร พบว่า ลักษณะสัณฐานวิทยาของเปลือกถั่วลิสงก่อนการดูดซับสี (ภาพที่ 7 (ก)) และภายหลังการดูดซับสี (ภาพที่ 7 (ข) และ (ค)) มีลักษณะสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน โดยวัสดุเปลือกถั่วลิสงก่อนดูดซับสีทั้งสองขนาดมีลักษณะสัณฐานคล้ายกันคือ มีลักษณะขรุขระเป็นแผ่นซ้อนกันและสลับกันบางส่วน มีลักษณะเป็นโพรงคล้ายปล่อง ส่วนวัสดุเปลือกถั่วลิสงหลังการดูดซับสี มีลักษณะการเกาะตัวของโมเลกุลของสียตามโพรงและรอยแตกของเปลือกถั่วลิสง



ภาพที่ 7 ลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (ก) วัสดุดูดซับสีของเปลือกถั่วลิสงก่อนดูดซับสี (ข) วัสดุดูดซับ ของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ภายหลังการดูดซับสี และ (ค) วัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร ภายหลังการดูดซับสี

การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์จากกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กในชุมชน (ตารางที่ 1) พบว่าสีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์ที่มีลักษณะสีม่วงไปทางครามและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียทางกายภาพและเคมีภาพรวมมีผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฟอกย้อมสีผ้า ยกเว้นค่าสีและค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์ที่มีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฟอกย้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) โดยใช้การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยสีไดเรกต์ด้วยวัสดุดูดซับธรรมชาติของเปลือกถั่วลิสงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีการใช้วัสดุดูดซับชีวมวลหลายชนิด (Biomass-based adsorbents) เช่น เปลือกมะพร้าว ถ่านไม้ ชานอ้อย เป็นต้น มาใช้งานในการดูดซับสีย้อมผ้าไดเรกต์ (Ali et al., 2021) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขนาดของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่แตกต่างกันพบว่า ขนาดของตัวดูดซับที่มีขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ได้ดียิ่งขึ้น (ภาพที่ 4) เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับที่มากขึ้น (พิเชษฐ์ หนูหมื่น, 2557) และค่าพีเอชเริ่มต้น 5-9 ยังมีผลต่อการดูดซับของวัสดุดูดซับธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงทั้งสองขนาด โดยประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อน้ำเสียอยู่ในสภาวะที่มีค่าพีเอชเริ่มต้นลดลงที่ 5 (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาว่าสีไดเรกต์มีโครงสร้างเป็นหมู่ซัลโฟนิคที่ให้ประจุลบ (OH^-) ประกอบกับค่าพีเอชที่ลดลงจะทำให้ประจุบวก (H^+) ของน้ำเสียเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดการดึงดูดระหว่างประจุบวกบนผิวของเปลือกถั่วลิสงกับประจุลบจากหมู่ซัลโฟนิคของสีที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการดูดซับของเปลือกถั่วลิสงต่อสีไดเรกต์ในน้ำเสียที่มีค่าพีเอชต่ำ ส่งผลให้สีไดเรกต์ถูกดูดเข้าหาพื้นที่ผิวที่มีประจุบวกของเปลือกถั่วลิสง (ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์ และ สุมลรัตน์ กองวี, 2560) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้ครอบคลุมการศึกษาของค่าพีเอชเริ่มต้นต่ำกว่า 5 เพื่อให้สอดคล้องกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ได้กำหนดไว้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ซึ่งวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงทั้งสองขนาด (ขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5 มีประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งสูงสุดที่ระยะเวลาดูดซับ 30 นาที (วัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร) ประมาณ 89.65% และประสิทธิภาพในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งสูงสุดที่ระยะเวลาดูดซับ 60 นาที (วัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร) ประมาณ 86.85% ซึ่งมีแนวโน้มการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียคล้ายคลึงกันโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด (ภาพที่ 6) เนื่องจากพื้นที่ในการดูดซับของวัสดุดูดซับยังว่างอยู่ (ภาพที่ 7 ก)) หลังจากนั้นการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวในการดูดซับลดลง (ภาพที่ 7 ข)) ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาว่าการดูดซับของวัสดุดูดซับธรรมชาติที่ใช้มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงแรก และจะชะลอตัวลงและเข้าสู่สภาวะสมดุลในเวลาต่อมา (วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ, 2558) นอกจากนี้ความแตกต่างของขนาดวัสดุดูดซับยังมีผลต่อเวลาในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำเสียด้วย โดยวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าจะใช้ระยะเวลาในการดูดซับที่น้อยกว่า ส่วนวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าจะใช้ระยะเวลาในการดูดซับที่มากกว่าด้วย ดังนั้นจึงพบประสิทธิภาพสูงในการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งด้วยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร สำหรับลักษณะสัญญาณวิทยาของเปลือกถั่วลิสงก่อนและหลังการดูดซับสีไดเรกต์มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 7 ก) และ (ข)) โดยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงทั้งสอง

ขนาดก่อนการดูดซับสีมีพื้นที่ผิวขรุขระและมีรูพรุน ส่วนวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงหลังการดูดซับสีแล้วที่ขนาดน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร มีความหนาเพิ่มมากกว่าวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงขนาดมากกว่า 2 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้วัสดุดูดซับจากผักตบชวา พบว่าหลังการดูดซับสีไดเรกต์ สัณฐานวิทยาของผิววัสดุมีความแตกต่างไปจากเดิม โดยมีลักษณะของการอุดตันของรูพรุน และการสะสมของโมเลกุลสีย้อมบนพื้นที่ผิววัสดุ ซึ่งสะท้อนถึงกลไกการยึดติดของโมเลกุลสีที่คล้ายคลึงกัน (ชาญชัย คหาปนะ และ ณภัทร โพธิ์วัน, 2563)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์จากกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กในชุมชนมีผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของน้ำเสียส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่เหมาะสมสำหรับโรงงานฟอกย้อม ยกเว้นค่าสีของน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าด้วยสีไดเรกต์ (11,600 ADMI) และค่าซีโอดีของน้ำเสียดังกล่าวซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง โดยวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสงที่มีขนาดน้อยกว่าและมากกว่า 2 มิลลิเมตร ปริมาณขนาดละ 20 กรัม ในสภาวะที่เหมาะสมคือ ค่าพีเอชเริ่มต้นที่ 5 และระยะเวลาในการสัมผัสที่ 30 และ 60 นาที ตามลำดับ สามารถดูดซับสีของน้ำเสียให้ลดลงเหลือเพียง 1,201 ADMI และ 1,525 ADMI ซึ่งมีประสิทธิภาพของการดูดซับสีไดเรกต์ของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมสีผ้า โดยมีแนวโน้มของการดูดซับสูงถึงประมาณ 89.65% และ 86.85% ตามลำดับ และโมเลกุลสีดูดติดบริเวณผิวของวัสดุดูดซับของเปลือกถั่วลิสง ดังนั้นวัสดุดูดซับธรรมชาติของเปลือกถั่วลิสงมีประสิทธิภาพการดูดซับสีไดเรกต์ในน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้าในชุมชนได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาการย้อมอายุการใช้งาน วิธีการเก็บรักษา และการนำวัสดุดูดซับสีแล้วไปใช้ประโยชน์อื่น
2. การศึกษาตัววัสดุดูดซับสีแบบกระตุ้นทางกายภาพและเคมี (ค่าพีเอชต่ำกว่า 5) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสีด้วยวัสดุดูดซับชีวมวลชนิดอื่น
3. การนำข้อมูลจากผลการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ในสถานประกอบการในพื้นที่จริงศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนบางส่วนจากคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และขอขอบพระคุณ คุณอนุพันธ์ เสี่ยงใหญ่และคุณอัญชลี บุรภักดิ์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สนับสนุนเครื่องมือวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2560). *คู่มือระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. <https://www.pcd.go.th/publication/4241>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2559). *กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม 2559*. <https://www.pcd.go.th/laws/4378>
- ชาญชัย คหาปน และ ณภัทร โพธิ์วัน. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้วัสดุดูดซับที่เตรียมจากผักตบชวา. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 15(2), 58-70. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/sej/article/view/240021>
- นิตยา ผาสุกพันธุ์. (2558). การบำบัดสีย้อมผ้าจากน้ำเสีย โรงงานฟอกย้อมสิ่งทอด้วยจุลินทรีย์. *วารสารสิ่งแวดล้อม*, 19(1), 17-24. <https://digital.car.chula.ac.th/cuej/vol19/iss1/3>
- ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์ และ สุมลรัตน์ กองวิ. (2560). การดูดซับสีย้อมเร็กต์เรดโดยใช้ถ่านแกลบดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 36(1), 45-52. <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/JSMU/10985192.pdf>
- พัชรนันท์ จันท์พลอย, กฤติยาภรณ์ หลวงดี และณภัทรรัตน์ จิวาลักษณ์. (2563). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูของถ่านเปลือกส้มโอที่เตรียมจากการเผาแบบเตาถ่าน, *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 14(1), 15-25. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RMUTP/article/view/228977>
- พิเชษฐ์ หนูหมื่น. (2557). *การดูดซับสีในน้ำเสียจากกระบวนการทำผ้าบาติกด้วยวิธีหม้อมอบด*. (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2010/10129/1/396568.pdf>
- วนิดา ชูอักษร. (2555). เทคโนโลยีการกำจัดสีในน้ำเสียอุตสาหกรรม. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 17(1), 181-191. <https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/773/715>
- วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ. (2558). การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงโดยวิธีกระตุ้นทางเคมี. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 7(7), 98-110. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/39791>
- วิโรจน์ สารการโกศล. (2560). มลภาวะและอันตรายของน้ำทิ้งจากการย้อมผ้า. *วารสารสิ่งแวดล้อม* 21(1), 7-14. <https://thaienvi.com/storage/ckeditor/file/file-104-Thai-851968489.pdf>
- Ali, K., Javaid, M. U., Ali, Z., & Zaghum, M. J. (2021). Biomass-derived adsorbents for dye and heavy metal removal from wastewater. *Adsorption Science & Technology*, 2021, 9357509. <https://doi.org/10.1155/2021/9357509>
- American Public Health Association (APHA). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (23rd ed.). Washington D.C.

- Dutta, S., & Bhattacharyya, A. (2023). Ecotoxicological effects of synthetic dyes on aquatic organisms: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 19, 100780. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100780>
- Farida, H., Farid, H., Saida, B., Abdelmalek, C., Reda, Y. A., & Boubekur, N. (2025). Application of NaOH-Activated Peanut Shells as a Low-Cost Adsorbent for the Removal of Cationic Dyes. *Global NEST Journal*, 27(6), 1–10. <https://doi.org/10.30955/gnj.06229>
- Katheresan, V., Kansedo, J., & Lau, S. Y. (2018). Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4676–4697. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.06.060>
- Paczkowski, P., Puszka, A., & Gawdzik, B. (2021). Effect of Eco-Friendly Peanut Shell Powder on the Chemical Resistance, Physical, Thermal, and Thermomechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin Composites. *Polymers*, 13(21), 3690. <https://doi.org/10.3390/polym13213690>
- Rattanavijit, U., Chaipetch, W., Salae, N., & Khaekta., P. (2022). Adsorption of fabric dye from synthetic wastewater by using agricultural waste as biosorbent. *Journal of Vocational Education in Agriculture*, 6(1), 39-50. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JVIA/article/view/253303>
- Saismrutirajan, M., & Sanjoy, K., M. (2020). Adsorption/photodegradation of methylene blue from synthetic wastewater on titanate nanotubes surfaces. *Water Science & Technology*, 82(11), 2562-2575. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.535>
- Songkapol, N., & Wongthanate, J. (2017). Optimal Conditions of dye removal from textile dyeing industrial wastewater by adsorption process. *The Journal of Industrial Technology*, 13(3), 70-84. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jit_journal/article/view/110295
- Yaseen, D. A., & Scholz, M. (2019). Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: A critical review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, 1193–1226. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2130-z>

การปนเปื้อนของเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ในเนื้อ อวัยวะ และเลือดของสุกร จากตลาดค้าปลีกในจังหวัดพะเยา ประเทศไทย

Contamination of *Streptococcus suis* in Pork, Organs, and Blood from Retail Markets in Phayao Province, Thailand

คณิตาพร สุภาเดช*, ณัฐดนัย เทพกิจ, ซูซู – และ เบญจมาศ สุระเดช

Kanittapon Supadej*, Nutdanai Thepkit, Susu - and Benjamart Suradej

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

School of Allied Health Sciences, University of Phayao

E-mail : kanittapon.su@up.ac.th*, mark_nutdanai123@hotmail.com, susunosurname@gmail.com

and benjamart.su@up.ac.th

(Received: 25 February 2025, Revised: 10 October 2025, Accepted: 15 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1096>

บทคัดย่อ

สเตรปโตคอคคัส ซูอิส (*Streptococcus suis*; *S. suis*) เป็นเชื้อก่อโรคสำคัญในมนุษย์ โดยสามารถก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายเมื่อสัมผัสโดยตรงกับสุกรหรือผลิตภัณฑ์จากสุกรที่ปนเปื้อน ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคติดต่อจากสัตว์สู่คนได้ การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ (serotype) 2 หรือ 1/2 ในเนื้อสุกรบด เนื้อสันใน อวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับและเลือด จากตลาดค้าปลีกในจังหวัดพะเยา ประเทศไทย ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อจากตัวอย่างทั้งหมดใน Todd-Hewitt broth ที่มี Streptococcus Selective Supplement และตรวจหา *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ด้วยเทคนิค Multiplex polymerase chain reaction (PCR) จากจำนวน 66 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 คิดเป็นร้อยละ 62.1 และ 15.2 ตามลำดับ โดยพบการปนเปื้อนในตัวอย่างเลือดมากที่สุด การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงในการติดเชื้อ *S. suis* จากการบริโภคเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุก การทำงานใกล้ชิดหรือสัมผัสกับเนื้อสุกรดิบ และอวัยวะสุกร ดังนั้นควรส่งเสริมการณรงค์ด้านความปลอดภัยของอาหาร เพื่อป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อ

คำสำคัญ: เชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส การปนเปื้อน เนื้อสุกรดิบ อวัยวะสุกร จังหวัดพะเยา

Abstract

Streptococcus suis (*S. suis*) is a significant pathogen in humans that can easily cause an infection through direct contraction with pigs or contaminated pig products, causing zoonotic disease. This study aimed to assess the prevalence of *S. suis* and *S. suis* serotype 2 or 1/2 in minced pork, tenderloin, pork internal organs including heart, liver, and blood from retail markets in Phayao Province, Thailand. All collected samples were cultured in Todd-Hewitt broth with Streptococcus Selective Supplement and detected *S. suis* and *S. suis* serotype 2 or 1/2 using multiplex polymerase chain reaction (PCR). From a total of 66 samples, *S. suis* and *S. suis* serotype 2 or 1/2 were detected at the contamination rates of 62.1% and 15.2%, respectively. The highest prevalence was found in blood samples. This study revealed the risk of *S. suis* infection for individuals consuming raw pork or working closely with raw pork and its internal organs. Therefore, it is essential to implement food safety campaigns to prevent and control this disease.

Keywords: *Streptococcus suis*, Prevalence, Raw pork, Pig organs, Phayao province

บทนำ

เชื้อ *Streptococcus suis* (*S. suis*) จัดเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพของมนุษย์เมื่อสัมผัสโดยตรงกับสุกรหรือผลิตภัณฑ์จากสุกร โรคที่เกิดจากการติดเชื้อ เช่น เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ติดเชื้อในกระแสเลือด และภาวะช็อกจากการติดเชื้อ ซึ่งอาจนำไปสู่การสูญเสียการได้ยินหรือเสียชีวิตในกรณีรุนแรง ถือเป็นปัญหาสำคัญในหลายประเทศ (Kerdsin, 2022) เชื้อ *S. suis* จัดเป็นเชื้อแบคทีเรียประเภท facultative anaerobe ติดแกรมบวก รูปร่างกลม จัดเรียงตัวเป็นแบบสายสั้น ๆ หรือเป็นคู่ โดยสุกรเป็นแหล่งรังโรคตามธรรมชาติ เชื้ออาศัยอยู่บริเวณต่อมทอนซิลบริเวณเพดานปาก เยื่อบุโพรงจมูก ทางเดินอวัยวะสืบพันธุ์ และทางเดินอาหารของสุกรโดยไม่ก่อโรค และสามารถติดต่อมาสู่คนได้ (Zoonosis) โดยเชื้อจะเข้าสู่ร่างกายผ่านทางบาดแผล รอยถลอกหรือเยื่อบุตา รวมทั้งการบริโภคเนื้อหรือเลือดสุกรดิบ สามารถจำแนกเชื้อได้ทั้งหมด 35 ซีโรไทป์ โดยอาศัยความแตกต่างของแอนติเจนบนผิวแคปซูลของเชื้อ โดยซีโรไทป์ที่มีความรุนแรงและพบได้บ่อยคือ ซีโรไทป์ 2 (ยุพิน ศุภพถมงคล และคณะ, 2565)

จากรายงานโดยกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุขประเทศไทย ปี พ.ศ. 2565 พบผู้ติดเชื้อ *S. suis* จำนวน 386 ราย และเสียชีวิต 9 ราย ซึ่งผู้ป่วยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มผู้สูงอายุ และวัยทำงาน โดยพบรายงานการติดเชื้อมากที่สุดใน ภาคเหนือ (กรมควบคุมโรค, 2567) อาจเนื่องมาจากวัฒนธรรมการบริโภคอาหารดิบ ได้แก่ เมนูลาบดิบ ส้า และหลู้ ในภาคเหนือ ซึ่งมีส่วนประกอบของเนื้อสุกร ตับ หัวใจ และเลือดที่ไม่ผ่านการปรุงสุก สำหรับจังหวัดพะเยามีรายงานการติดเชื้อ *S. suis* 16 ราย ในปี พ.ศ. 2566 โดยพบ

มากที่สุด ในอำเภอดอกคำใต้ รองลงมาคือ อำเภอเชียงคำ ภูซาง จุน ปง และอำเภอเมืองพะเยา ตามลำดับ (กรมควบคุมโรค, 2567)

ในประเทศไทยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* จากตัวอย่างเนื้อสุกรดิบ และอวัยวะสุกรที่จำหน่ายในตลาดสด ร้านค้าปลีก และซูเปอร์มาร์เก็ต ภาคกลางของประเทศไทย ในอัตราสูงถึงร้อยละ 85.23 และโดยพบ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ร้อยละ 17.05 (Boonyong et al., 2019) และจากการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อในเนื้อสุกรดิบ และอวัยวะสุกรที่จำหน่ายในตลาดสดในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ.2567 (Guntala et al., 2024) พบการปนเปื้อนของ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 คิดเป็นร้อยละ 84 และ 34 ตามลำดับ จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ในอวัยวะสุกร และเนื้อสุกร ในอัตราสูง โดยเฉพาะการปนเปื้อนของ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ซึ่งเป็น ซีโรไทป์ ที่ก่อโรคที่มีความรุนแรงมากที่สุด และพบการติดเชื้อในมนุษย์บ่อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของ *S. suis* ในเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุกในจังหวัดพะเยามีอย่างจำกัด โดยพบรายงานการแยกเชื้อจากสุกรสุขภาพดีจากฟาร์มต่าง ๆ ในพื้นที่จังหวัดพะเยาปี พ.ศ. 2553 (Thongkamkoon et al., 2017) เพียงการศึกษาเดียว ซึ่งสามารถแยกเชื้อได้สูงถึงร้อยละ 62.8 ด้วยเหตุนี้ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ที่แยกได้จากเนื้อสุกรดิบ เนื้อสันใน อวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับ และเลือด จากตลาดค้าปลีกในพื้นที่จังหวัดพะเยา ด้วยเทคนิค Multiplex PCR เพื่อเป็นประโยชน์ในเชิงระบาดวิทยา และให้เกิดความตระหนัก รวมไปถึงเป็นแนวทางในการป้องกันการได้รับเชื้อ *S. suis* จากการรับประทานอาหารที่มีเนื้อสุกรดิบ และอวัยวะสุกรดิบเป็นส่วนประกอบ

ระเบียบวิธีวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อสุกรดิบ เนื้อสันใน อวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับ และเลือด แบบแบ่งเป็นกลุ่ม (cluster sampling) จากตลาดสดขนาดใหญ่ที่มีร้านขายเนื้อหมูจำนวน 2 แห่ง ในแต่ละอำเภอของจังหวัดพะเยา ได้แก่ เขตอำเภอเชียงคำ แม่ใจ ดอกคำใต้ จุน และเมืองพะเยา สำหรับอำเภอเมืองพะเยา ซึ่งมีพื้นที่ขนาดใหญ่ จำนวนประชากรหนาแน่น เลือกเก็บตัวอย่างตำบลละ 1 ตลาด จำนวน 8 ตำบล จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างที่จัดจำหน่ายในร้านขายเนื้อสุกร 1 ถึง 2 ร้าน ตัวอย่างละ 200 กรัม ใส่ถุงพลาสติกสะอาด ในกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่เดือน สิงหาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2567 ดำเนินการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการภายในวันที่เก็บตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างแต่ละชนิด โดยซังตัวอย่างเนื้อสันในสุกรและอวัยวะสุกรดิบ (ตับและหัวใจ) ตัวอย่างละ 100 กรัม หั่นให้ได้ชิ้นเล็ก ๆ เตรียมตัวอย่างแต่ละชนิดแยกไว้ในภาชนะปราศจากเชื้อโดยแยกตามชนิดตัวอย่าง และตามพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง จากนั้นผสม Saline solution ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 ปริมาตร 20-50 มิลลิลิตร ในแต่ละตัวอย่าง ผสมให้เข้ากันด้วยโถปั่น (blender) นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ 100 ไมโครลิตร

เติมลงใน Todd-Hewitt broth ที่มี Streptococcus Selective Supplement ปริมาตร 5 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างเลือด บีบตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมลงในอาหาร Todd-Hewitt broth ที่มี Streptococcus Selective Supplement (Himedia, India) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 - 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างจากการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Todd-Hewitt broth ที่มี Streptococcus Selective Supplement ปริมาตร 1 มิลลิลิตร สกัดสารพันธุกรรมชนิดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป PureDireX Genomic DNA Isolation Kit (Bio-Helix, Taiwan) ตามวิธีที่แนะนำโดยผู้ผลิต เก็บสารพันธุกรรมที่ได้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การตรวจหาเชื้อ *S. suis* ด้วย เทคนิค Multiplex PCR

ตรวจหาเชื้อ *S. suis* และจำแนก ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ด้วยเทคนิค Multiplex PCR โดยอาศัยไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อ 16S ไรโบโซมอล ดีเอ็นเอ (16S ribosomal DNA) ของเชื้อ *S. suis* (16S-195(s) และ 16S-489(as2) และไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *cps* ของเชื้อ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 (Cps2J-s และ Cps2J-as) (Marois et al., 2004) แสดงดังตารางที่ 1 โดยส่วนประกอบของปฏิกิริยาที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย DreamTaq Green PCR Master Mix (Thermo Scientific, USA) ปริมาตร 12.5 ไมโครลิตร ดีเอ็นเอต้นแบบ 1 ไมโครลิตรไพรเมอร์ความเข้มข้นไพรเมอร์ละ 20 ไมโครโมลาร์ ปริมาตรสุดท้าย 25 ไมโครลิตร สภาวะในการทำปฏิกิริยาคือ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที สำหรับ Initial denaturation ปฏิกิริยาทั้งหมด 40 รอบ ได้แก่ Denaturation 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที Annealing 60 องศาเซลเซียส 30 วินาที Extension 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และ Final extension 72 องศาเซลเซียส 5 นาที สำหรับ Positive control ที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่เชื้อ *S. suis* ซีโรไทป์ 1 (DMST26744), *S. suis* ซีโรไทป์ 1/2 (DMST26745) และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 (DMST18783) ซึ่งเป็นเชื้อสายพันธุ์มาตรฐานจากศูนย์รวบรวมสายพันธุ์แบคทีเรียทางการแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (Department of Medical Sciences Culture Collection: DMST) กระทรวงสาธารณสุข โดยได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ ดร.ทพ.เอกพจน์ พรหมพันธ์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้ด้วย Novel juice (Bio-HELIX, Taiwan) และร้อยละ 2 ของ Agarose Gel electrophoresis ตรวจสอบผลด้วยเครื่อง UV transilluminator หรือ Gel document (BIO-RAD, USA)

ตารางที่ 1 แสดงลำดับเบสของ Primer ที่ใช้ในการทดสอบ

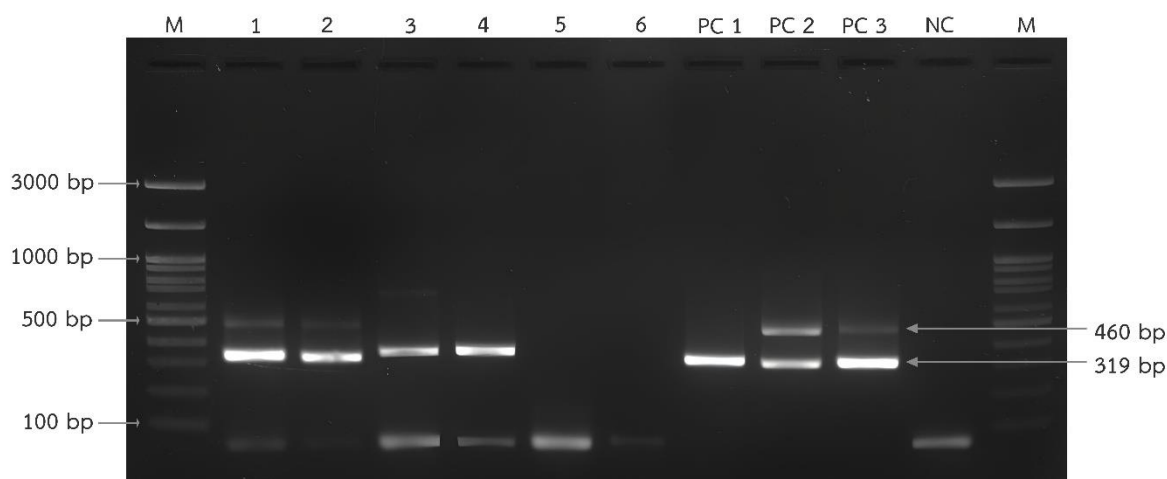
Primer	Sequences (5'-3')	PCR Product size (bp)
16S-195(s)	CAGTATTTACCGCATGGTAGATAT	319
16S-489(as2)	GTAAGATACCGTCAAGTGAGAA	
Cps2J-s	GTTGAGTCCTTATACACCTGTT	460
Cps2J-as	CAGAAAATTCATATTGTCCACC	

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์หาค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อแจกแจงความถี่ (Frequency) รายงานผลการศึกษาในรูปแบบของสถิติเชิงพรรณนา และใช้สถิติ Chi-square test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ $p < 0.05$ ด้วยโปรแกรม Graphpad Prism (version 9.3.0) และ STATA (version 18)

ผลการวิจัย

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อสุกรบด เนื้อสันใน และอวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับและเลือด จากตลาดค้าปลีกในจังหวัดพะเยา จำนวนทั้งหมด 66 ตัวอย่าง ทำการตรวจหาเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ด้วยเทคนิค Multiplex PCR พบเชื้อ *S. suis* คิดเป็นร้อยละ 62.1 และให้ผลบวกกับ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 เป็นร้อยละ 15.2 ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2 ภาพแสดงตัวอย่างการตรวจหาเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ด้วยเทคนิค Multiplex PCR แสดงดังภาพที่ 1



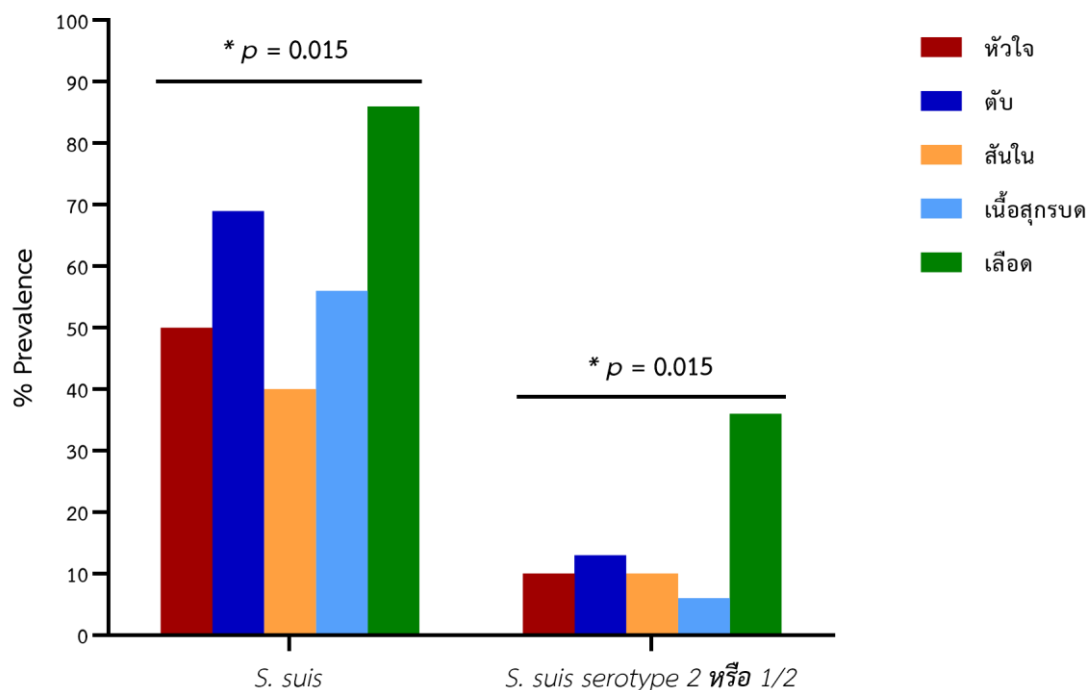
ภาพที่ 1 แสดงผลการตรวจหาเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 จากตัวอย่างเนื้อสุกรหรืออวัยวะสุกรดิบด้วยเทคนิค Multiplex PCR Lane M: DNA ladder marker, Lane 1 และ 2 แสดง ตัวอย่างที่ ให้ผลบวกต่อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2, Lane 3 ถึง 6 แสดงตัวอย่างที่ให้ผลลบต่อเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2, Lane PC1: Positive control *S. suis* ซีโรไทป์ 1, Lane PC2: Positive control *S. suis* ซีโรไทป์ 1/2, Lane PC3: Positive control *S. suis* ซีโรไทป์ 2 และ Lane NC: Negative control โดยขนาด 319 bp แสดงถึง *S. suis* และขนาด 460 bp แสดงถึง *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2

เมื่อพิจารณาอัตราร้อยละการพบเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 จากตัวอย่างแต่ละชนิดในการศึกษา พบอัตราการปนเปื้อนของ *S. suis* ในตัวอย่างเลือดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 85.7 รองลงมา ได้แก่ ตับ (ร้อยละ 68.8) เนื้อสุกรบด (ร้อยละ 56.3) หัวใจ (ร้อยละ 50.0) และสันใน (ร้อยละ 40.0) ตามลำดับ และพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.015$) เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ในตัวอย่างแต่ละชนิด อัตราการปนเปื้อนของ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 พบในตัวอย่างเลือดสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 35.7 รองลงมา ได้แก่ ตับ (ร้อยละ 12.5), สันใน (ร้อยละ 10.0), หัวใจ (ร้อยละ 10.0) และสุกรบด (ร้อยละ 6.3) ตามลำดับ และพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.015$) เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ในตัวอย่างแต่ละชนิด เมื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ในตัวอย่างแต่ละชนิด ผลการศึกษาแสดงอัตราการการปนเปื้อนในตัวอย่างเลือดสูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = 0.004$ แสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการปนเปื้อนของ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ตามชนิดตัวอย่าง

ชนิดตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง (n)	จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวก (ร้อยละ)		p - Value
		<i>S. suis</i>	<i>S. suis</i> ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2	
หัวใจ	10	5 (50.0)	1 (10.0)	0.910
ตับ	16	11 (68.8)	2 (12.5)	0.383
สันใน	10	4 (40.0)	1 (10.0)	0.276
เนื้อสุกรบด	16	9 (56.3)	1 (6.3)	0.044*
เลือด	14	12 (85.7)	5 (35.7)	0.004*
รวมทั้งหมด	66	41 (62.1)	10 (15.2)	0.015

หมายเหตุ * $p\text{-value} < 0.05$



ภาพที่ 2 แสดงร้อยละการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 จากตัวอย่างหัวใจ ตับ สันใน เนื้อสุกรสด และเลือด สัญลักษณ์ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

การอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ที่แยกได้จากเนื้อสุกรสด เนื้อสันใน และอวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับและเลือด จากตลาดสดในจังหวัดพะเยา ด้วยวิธี Multiplex PCR จากตัวอย่างทั้งหมด 66 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 สูงถึงร้อยละ 62.1 และ 15.2 ตามลำดับ โดยพบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ในตัวอย่างเลือดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.004$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในปี พ.ศ. 2557 (Noppon et al., 2014) ซึ่งรายงานการปนเปื้อนของ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ร้อยละ 12.8 จากตัวอย่างสุกรสด เนื้อสุกรสด เลือดสุกรสด ตับ ที่ไม่ผ่านการปรุงสุก ที่จำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยวิธี Multiplex PCR ในช่วงเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 และพบอัตราการปนเปื้อนสูงอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างเลือด (ร้อยละ 24.6) แต่อย่างไรก็ตามอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* จากการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่ารายงานก่อนหน้านี้ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 (Boonyong et al., 2019) ซึ่งทำการศึกษาดูตัวอย่าง เนื้อสุกรสด เนื้อสุกรสด ตับ ปอด และหัวใจ และพบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ร้อยละ 85.2 ด้วยวิธีเทคนิค Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) ในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560 โดยพบอัตราการปนเปื้อนของ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ร้อยละ 17.1 และการศึกษาก่อนหน้านี้ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ปี

พ.ศ. 2567 (Guntala et al., 2024) พบความชุกของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ร้อยละ 84 และ 34 ตามลำดับ จากตัวอย่าง อวัยวะสุกร ได้แก่ หัวใจ และปอด และ สันใน ด้วยเทคนิค LAMP จากอัตราการปนเปื้อนที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากความแตกต่างของชนิดของตัวอย่าง เทคนิคในการตรวจวิเคราะห์โดยเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ด้วย LAMP มีความไวในการตรวจวัดที่มากกว่าวิธี Multiplex PCR พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาในการศึกษาที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันเทคนิค Multiplex PCR ถูกนำมาใช้เป็นเทคนิคมาตรฐานที่รวดเร็วในการวินิจฉัยและจำแนกซีโรไทป์ของเชื้อ โดยทั่วไปการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการวินิจฉัยเชื้อได้แก่ การเพาะเลี้ยงเชื้อ และระบุชนิดของเชื้อด้วยการทดสอบคุณลักษณะทางชีวเคมี จากนั้นจำแนกซีโรไทป์ของเชื้อด้วยการทดสอบปฏิกิริยาการรวมกลุ่ม (agglutination) ระหว่างแอนติเจนบนผิวแคปซูลของเชื้อกับแอนติซีรัมที่จำเพาะกับแต่ละ serotype ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard method) แต่มีค่าใช้จ่ายสูง และใช้เวลานานในการเตรียมการทดสอบ (Gottschalk et al., 1993; Jiemsup et al., 2025) หากการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ในตัวอย่างมีปริมาณน้อยอาจจะมีโอกาสตรวจพบเชื้อได้น้อยและไม่สามารถแยกเชื้อได้ด้วยการเพาะเลี้ยง ดังนั้นการตรวจสอบแยกซีโรไทป์ของเชื้อด้วยวิธีอื่นๆ เช่น coagulation test จึงไม่สามารถทำได้ ในการศึกษาที่ไพรเมอร์ที่ใช้ไม่สามารถจำแนก ซีโรไทป์ 2 และ 1/2 ออกจากกันได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดหนึ่งของการศึกษา โดย *S. suis* ซีโรไทป์ 2 มักก่อโรคในสุกรสามารถติดต่อมนุษย์ได้มากกว่า จึงจัดเป็นซีโรไทป์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และสาธารณสุขของไทยมากกว่าซีโรไทป์ อื่น ๆ (Goyette-Desjardins et al., 2014) แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานพบการติดเชื้อ *S. suis* ซีโรไทป์อื่น เช่น ซีโรไทป์ 5, 14, 24 และ 31 ในผู้ป่วยจากการบริโภคเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุกในประเทศไทยเช่นกัน (Hatrongjit et al., 2015)

เชื้อ *S. suis* จัดเป็นเชื้อประจำถิ่นที่พบได้ในสุกรสุขภาพดี โดยเฉพาะบริเวณต่อมทอนซิล โพรงจมูก ทางเดินอวัยวะสืบพันธุ์ และทางเดินอาหารของสุกร เมื่อสุกรมีภูมิคุ้มกันลดลงจะแสดงอาการป่วยและก่อโรคขึ้น (Subuttamongkol & Theerawat, 2022) ซึ่งเชื้อสามารถอยู่รอดในเลือดและรุกรานอวัยวะต่างๆ ได้ ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนระหว่างอวัยวะสุกรและเนื้อสุกรผ่านกระบวนการฆ่าเพื่อการบริโภค (Segura et al., 2020) จากการศึกษาพบเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ในตัวอย่างทุกชนิดที่นำมาศึกษา และพบการปนเปื้อนของเชื้อมากที่สุดจากตัวอย่างเลือด การศึกษานี้เลือกใช้ตัวอย่างเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรที่นิยมใช้ในการประกอบอาหารพื้นบ้านของภาคเหนือคือ ลาบดิบ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ข้ามจากอวัยวะของสุกรที่มีเชื้อ *S. suis* ประจำถิ่น มายังเนื้อและอวัยวะสุกรเพื่อการบริโภค ซึ่งอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ *S. suis* ในมนุษย์ได้ ผ่านทางการสัมผัสหรือการบริโภคเนื้อและอวัยวะสุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุกได้ (Lunha et al., 2022) การพบการปนเปื้อนในระดับสูงอาจมีสาเหตุจากการขาดสุขลักษณะและมาตรฐานด้านสุขอนามัยในขั้นตอนการฆ่า การตัดแต่งเนื้อ การจัดการเนื้อ และการจำหน่ายในตลาดท้องถิ่น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าเนื้อและอวัยวะสุกรดิบเป็นแหล่งสำคัญของเชื้อ *S. suis* ที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อในมนุษย์ โดยเฉพาะในกลุ่มบุคคลที่ทำงานใกล้ชิดกับเนื้อและอวัยวะสุกรดิบ

การศึกษาในครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นช่วงเวลาเกิดอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดพะเยา โดยเฉพาะอำเภอเมืองพะเยา จุน เชียงคำ และดอกคำใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง พบน้ำท่วมขัง น้ำป่าไหลหลาก และสภาพอากาศร้อนขึ้นในฤดูฝน อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความเครียดในสุกรในฟาร์มหรือระหว่างการขนส่งไปยังโรงเชือด ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อหรือการแพร่กระจายของเชื้อมากขึ้น (Segura et al., 2020) จึงสามารถตรวจพบเชื้อได้จากตัวอย่างทุกชนิด ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่พบอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 ในตัวอย่างเนื้อและอวัยวะสุกรดิบในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่สูงในช่วงต้นฤดูฝน โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม (Guntala et al., 2024) แสดงถึงสภาพแวดล้อมในช่วงฤดูฝนอาจเอื้อต่อการแพร่กระจายของเชื้อ *S. suis* สอดคล้องกับรายงานอัตราการติดเชื้อในมนุษย์ ซึ่งพบการติดเชื้อ *S. suis* ในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน (Kerdsin, 2022) นอกจากนี้ข้อมูลจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่พบว่า มีจำนวนผู้ป่วยที่ติดเชื้อ *S. suis* เข้ารับการรักษาเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อน (เมษายนถึงมิถุนายน) และฤดูฝน (สิงหาคมถึงตุลาคม) (Rayanakorn et al., 2019) จากการเก็บตัวอย่างในแต่ละตลาดพบการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ร่วมกัน เช่น มีด เขียง ในการจำหน่ายเนื้อสุกร อวัยวะสุกร และเลือด รวมทั้ง อุณหภูมิสูง และความชื้นภายในตลาด ช่วยส่งเสริมการปนเปื้อนของเชื้อได้ (Guntala et al., 2024) แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเก็บตัวอย่างในการศึกษานี้มีระยะเวลาเพียง 2 เดือน จึงเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการศึกษา ดังนั้นจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมทุกฤดูกาลของประเทศไทย และในการเลือกสุ่มเก็บตัวอย่างในการศึกษานี้ทำการสุ่มตัวอย่างจากร้านค้าในตลาดค้าปลีกเพียง 1 ถึง 2 แห่งเท่านั้น ไม่ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างจากทุกตลาดที่มีในอำเภอนั้น ซึ่งยังไม่สามารถบอกการแพร่กระจายของเชื้อในพื้นที่ที่แท้จริงได้ จึงควรเก็บตัวอย่างจากตลาดสดเพิ่มเติมให้ครบทุกแห่งในแต่ละอำเภอ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ครอบคลุมทั่วจังหวัดพะเยา ซึ่งจะสามารถบอกความอัตราการปนเปื้อนที่แท้จริงในจังหวัดพะเยาได้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้แสดงถึงการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 จากตัวอย่างเนื้อสุกรดิบ เนื้อสันใน และอวัยวะภายในของสุกร ได้แก่ หัวใจ ตับและเลือด ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการประกอบอาหารประเภทลาบดิบทางภาคเหนือของประเทศไทย พบการปนเปื้อนของเชื้อ *S. suis* และ *S. suis* ซีโรไทป์ 2 หรือ 1/2 ในอัตราสูง โดยพบการปนเปื้อนมากที่สุดในตัวอย่างไม่เลือด รองลงมาคือ ตับ เนื้อสุกรดิบ หัวใจ และสันใน ตามลำดับ จากผลการศึกษาแสดงถึงความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของบุคคลที่เกี่ยวข้องได้แก่ ผู้ที่ทำงานในฟาร์มสุกรหรือโรงฆ่าสุกร ผู้ค้าและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์สุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุก จึงควรมีการณรงค์ด้านความปลอดภัย ส่งเสริมความตระหนักถึงอันตรายจากการติดเชื้อในงานที่เกี่ยวข้องและการบริโภคเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรที่ไม่ปรุงสุก ควรมีการให้ความรู้อย่างต่อเนื่องแก่ประชาชนผ่านการรณรงค์ไม่รับประทานเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรที่ไม่ผ่านการปรุงสุก การวางจำหน่ายเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้บริโภคและผู้สัมผัสกับเนื้อสุกรและอวัยวะสุกรในกระบวนการผลิต และควบคุมโรคในพื้นที่จังหวัดพะเยา

กิตติกรรมประกาศหรือคำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ทพ.เอกพจน์ พรหมพันธ์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความความอนุเคราะห์เชื่อมมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษา งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากจากมหาวิทยาลัยพะเยาและกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ประจำปีงบประมาณ 2567

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2567). สถานการณ์โรคสเตรปโตคอคคัสซูอิส (*Streptococcus suis*).

https://ddc.moph.go.th/disease_detail.php?d=107

ยุพิน ศุภทตมงคล, ปฐมาพร เอมะวิศิษฐ์, อนุพงศ์ สุจริยากุล และ รัตนา ชีระวัฒน์. (2565). แนวทางการป้องกันควบคุมโรคสเตรปโตคอคคัส ซูอิส. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: อักษรกราฟิกแอนด์ดีไซน์.

Boonyong, N., Kaewmongkol, S., Khunbutsri, D., Satchasataporn, K., & Meekhanon, N. (2019).

Contamination of *Streptococcus suis* in pork and edible pig organs in central

Thailand. *Vet World*, 12(1), 165-169. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.165-169>

Gottschalk, M., Higgins, R., & Boudreau, M. (1993). Use of polyvalent coagglutination reagents

for serotyping of *Streptococcus suis*. *Journal of Clinical Microbiology*, 31(8), 2192-

2194. <https://doi.org/10.1128/jcm.31.8.2192-2194.1993>

Goyette-Desjardins, G., Auger, J. P., Xu, J., Segura, M., & Gottschalk, M. (2014). *Streptococcus*

suis, an important pig pathogen and emerging zoonotic agent-an update on the

worldwide distribution based on serotyping and sequence typing. *Emerg Microbes*

Infect, 3(1), e45. <https://doi.org/10.1038/emi.2014.45>

Guntala, R., Khamai, L., Srisai, N., Ounjaijean, S., Khamduang, W., & Hongjaisee, S. (2024).

Contamination of *Streptococcus suis* and *S. suis* serotype 2 in raw pork and edible pig organs: A public health concern in Chiang Mai, Thailand. *Foods*, 13(13), 2119.

<https://doi.org/10.3390/foods13132119>

Hatrongjit, R., Kerdin, A., Gottschalk, M., Takeuchi, D., Hamada, S., Oishi, K., & Akeda, Y.

(2015). First human case report of sepsis due to infection with *Streptococcus suis*

serotype 31 in Thailand. *BMC Infect Dis*, 15, 392. [https://doi.org/10.1186/s12879-015-](https://doi.org/10.1186/s12879-015-1136-0)

1136-0

Jiemsup, S., Lunha, K., Chumpol, W., Meekhanon, N., Kerdin, A., & Yongkiettrakul, S. (2025).

Development of a high-throughput MassARRAY-based single assay for the

characterization of *Streptococcus suis* species and serotypes. *Scientific Reports*, 15,

7822. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92524-5>

- Kerdsin, A. (2022). Human *Streptococcus suis* Infections in Thailand: Epidemiology, clinical features, genotypes, and susceptibility. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(11), 359. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7110359>
- Lunha, K., Chumpol, W., Samngamnim, S., Jiemsup, S., Assavacheep, P., & Yongkiettrakul, S. (2022). Antimicrobial Susceptibility of *Streptococcus suis* Isolated from diseased pigs in Thailand, 2018-2020. *Antibiotics (Basel)*, 11(3), 410. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11030410>
- Marois, C., Bougeard, S., Gottschalk, M., & Kobisch, M. (2004). Multiplex PCR assay for detection of *Streptococcus suis* species and serotypes 2 and 1/2 in tonsils of live and dead pigs. *Journal of clinical microbiology*, 42(7), 3169-3175. <https://doi.org/10.1128/jcm.42.7.3169-3175.2004>
- Noppon, B., Khaeng, S., Sopa, A., Phuaram, P., Wongsan, R., & Laohasinnurak, T. (2014). *Streptococcus suis* serotypes 2 in uncooked pork meat products in Khon Kaen, Northeastern Thailand, and their antimicrobial profiles. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(9), 1130-1133.
- Rayanakorn, A., Katip, W., Goh, B. H., Oberdorfer, P., & Lee, L. H. (2019). Clinical manifestations and risk factors of *Streptococcus suis* mortality among northern Thai population: retrospective 13-year cohort study. *Infection and Drug Resistance*, 12, 3955-3965. <https://doi.org/10.2147/IDR.S233326>
- Segura, M., Aragon, V., Brockmeier, S. L., Gebhart, C., Greeff, A. D., Kerdsin, A., O'Dea, M. A., Okura, M., Saléry, M., Schultsz, C., Valentin-Weigand, P., Weinert, L. A., Wells, J. M., & Gottschalk, M. (2020). Update on *Streptococcus suis* research and prevention in the era of antimicrobial restriction: 4th International Workshop on S. suis. *Pathogens*, 9(5), 374. <https://doi.org/10.3390/pathogens9050374>
- Subuttamongkol Y, Amavisit, P., Sujariyakul, A., Theerawat, R. (2022). *Guidelines for prevention and control of Streptococcus suis*. Bangkok: Aksorn graphic and design publishing house limited partnership.
- Thongkamkoon, P., Kiatyingangsulee, T., & Gottschalk, M. (2017). Serotypes of *Streptococcus suis* isolated from healthy pigs in Phayao Province, Thailand. *BMC Res Notes*, 10(1), 53. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2354-2>

การพัฒนาารูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

Development of a Service Model for the Lending of Prosthetic Devices and Medical Equipment at Lopburi Provincial

สุชาญวัชร สมสอน

Suchanwat Somsorn

วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จังหวัดนนทบุรี

Boromarajonani College of Nursing Changwat Nonthaburi

E-mail : suchanwat.somsorn@bcnnon.ac.th

(Received: 26 March 2025, Revised: 9 October 2025, Accepted: 15 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1138>

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ พัฒนารูปแบบ และประเมินผลรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี โดยใช้เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เอ ไอ ซี กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่คณะกรรมการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี และเจ้าหน้าที่กองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี จำนวน 25 คน และผู้รับบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ จำนวน 85 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และชุดคำถามปลายเปิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ระหว่างเดือนตุลาคม 2566 ถึงกันยายน 2567 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการศึกษา พบว่า 1) ผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีไม่สามารถเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ได้อย่างครอบคลุม และหน่วยบริการขาดแคลนการอุปกรณ์และอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็น 2) รูปแบบที่พัฒนาขึ้นจากการศึกษา เป็นรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์ผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์และจัดการข้อมูลด้วยระบบดิจิทัล ให้คำแนะนำวิธีการใช้กายอุปกรณ์และการดูแลรักษา และประสานงานสหวิชาชีพในพื้นที่ในการดูแลต่อเนื่อง ภายใต้ศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี 3) นำรูปแบบไปใช้เป็นระยะเวลา 2 เดือน 4) ประเมินผล พบว่า ผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีสามารถเข้าถึงกายอุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง รวมถึงสามารถดำเนินชีวิตตามปกติได้อย่างมีคุณภาพยิ่งขึ้น และระดับความพึงพอใจภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด ข้อเสนอแนะ ควรเพิ่มรายการกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ให้มีความครอบคลุมกับความต้องการของผู้รับบริการ และควรเพิ่มช่องทางประชาสัมพันธ์ของบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ เพื่อสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: พัฒนารูปแบบบริการ ยืม กายอุปกรณ์ อุปกรณ์การแพทย์

Abstract

This participatory action research aims to analyze the current situation, develop a service model and evaluate the outcome for lending assistive devices and medical equipment in Lopburi Province. The study employs the AIC (Appreciation, Influence, and Control) participatory planning process. The sample group consists of 25 individuals, including committee members and staff of the Lopburi Provincial Rehabilitation Fund of 85 individuals. Data were collected using questionnaires, interviews, and open-ended questions developed by the researcher from October 2023 to September 2024. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, while qualitative data were analyzed using content analysis.

The study results indicate that: 1) Persons with disabilities, elderly individuals with dependency, and those in need of rehabilitation in Lopburi Province face limited access to assistive devices and medical equipment. Additionally, service units experience shortages of essential assistive devices and medical equipment. 2) The developed service model includes a lending system for assistive devices, guidance on their proper use and maintenance, and coordination with multidisciplinary teams in the area for continued care. This model operates under the Assistive Device and Medical Equipment Lending Center of the Lopburi Provincial Administrative Organization. 3) The model was implemented for two months. 4) The evaluation revealed that individuals in need could access assistive devices more comprehensively, enabling them to maintain a better quality of life. Overall satisfaction with the service was rated at the highest level. Recommendations this study suggests expanding the list of assistive devices and medical equipment to better meet the needs of service users. Additionally, increasing public awareness through various communication channels about the assistive device and medical equipment lending service is recommended to enhance operational efficiency.

Keywords: Development of service model, Lending, Prosthetic devices, Medical equipment

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงด้านประชากร ซึ่งในปี 2565 สัดส่วนผู้สูงอายุของไทยได้เพิ่มเป็นร้อยละ 20.00 ของประชากรทั้งหมด ทำให้สังคมไทยกลายเป็นสังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ และคาดการณ์ในปี 2583 ผู้สูงอายุไทยจะมีแนวโน้มเพิ่มเป็นร้อยละ 31.40 ของประชากรทั้งหมด การเข้าสู่สังคมสูงอายุได้ส่งผลกระทบต่อในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านสุขภาพ ปัญหาสุขภาพหลักของผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นภาวะที่เกิดจากโรคเรื้อรัง โรคเกี่ยวกับความผิดปกติของอวัยวะรับสัมผัส และโรคความผิดปกติทางระบบประสาท ผลกระทบจากโรคเหล่านี้ทำให้เกิดภาวะพึ่งพิงต่อครอบครัวและสังคม รวมถึงค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มสูงขึ้น (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2566; กองส่งเสริมศักยภาพผู้สูงอายุ, 2564) ซึ่งการลดปัญหาด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในประเทศไทยมีการมุ่งเน้นยกระดับคุณภาพชีวิตประชากรสูงอายุให้สามารถช่วยเหลือดูแลตนเองให้นานที่สุด รวมถึงส่งเสริมการดูแลและลดปัจจัยเสี่ยงทางสุขภาพก่อนเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ นอกจากนี้ ยังมีผู้พิการผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ ซึ่งต้องได้รับการสนับสนุนการฟื้นฟูสมรรถภาพ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถช่วยเหลือให้สามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ (กองส่งเสริมศักยภาพผู้สูงอายุ, 2564; สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2562)

จังหวัดลพบุรีได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์สอดคล้องกับสถานการณ์ด้านประชากรของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยพบว่า จำนวนผู้สูงอายุในจังหวัดลพบุรี ปี 2566 มีจำนวน 163,622 คน คิดเป็นร้อยละ 22.47 ของประชากรทั้งหมดในจังหวัดลพบุรี (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2566) สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง จำแนกเป็นกลุ่มติดสังคม จำนวน 105,404 คน กลุ่มติดบ้าน จำนวน 8,732 คน และกลุ่มติดเตียง จำนวน 1,209 คน (กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2567) ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพทางกาย นอกจากนี้ ผู้พิการในพื้นที่จังหวัดลพบุรี ปี 2556 พบว่า มีจำนวน 23,447 คน โดยแบ่งตามประเภทของผู้พิการ ได้แก่ พิการทางการมองเห็น ร้อยละ 7.20 พิการทางการได้ยินหรือสื่อความหมาย ร้อยละ 18.94 พิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกาย ร้อยละ 50.18 พิการทางจิตใจหรือพฤติกรรม ร้อยละ 7.73 พิการทางสติปัญญา ร้อยละ 6.48 พิการทางการเรียนรู้ ร้อยละ 0.85 พิการทางออทิสติก ร้อยละ 0.79 และพิการมากกว่า 2 ประเภท ร้อยละ 7.81 (กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ, 2566) สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อข้อจำกัดในการเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ในพื้นที่ห่างไกลซึ่งมีความจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิต การดำเนินการเดิมโรงพยาบาลสนับสนุนเพียงอย่างเดียว กายอุปกรณ์ได้รับเฉพาะผู้พิการและอุปกรณ์การแพทย์ได้รับเฉพาะผู้ป่วยที่มีภาวะรุนแรงของโรค ซึ่งการลดปัญหาดังกล่าวในพื้นที่องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี จึงมีการจัดตั้งกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรีขึ้นเพื่อสนับสนุนการฟื้นฟูสมรรถภาพ และจัดบริการยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ เพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการยืมกายอุปกรณ์สำหรับกลุ่มผู้พิการ กลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และกลุ่มผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ (องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี, 2566)

จากการทบทวนการศึกษาเกี่ยวกับการฟื้นฟูสมรรถภาพและบริการเยี่ยมกายอุปกรณ์ พบว่า ส่วนใหญ่ มุ่งเน้นผลลัพธ์การดำเนินงานและปัจจัยความสำเร็จของกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพระดับจังหวัด ยังขาด การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบบริการเยี่ยมกายอุปกรณ์ภายใต้กองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพระดับจังหวัด (อนันฐพงษ์ ประถมวงศ์, 2565; สุริยันต์ ปัญหาราช, 2560) นอกจากนี้ การนำเทคนิคกระบวนการวางแผน แบบมีส่วนร่วม (Appreciation-Influence-Control AIC) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกัน เพื่อจัดทำแผน โดยเป็นวิธีการที่เปิดโอกาส ให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้มีเวทีพูดคุยแลกเปลี่ยน มีการระดมสมอง วิเคราะห์พัฒนาทางเลือก เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาและพัฒนา เกิดการตัดสินใจร่วมกันต่อการพัฒนาท้องถิ่น (อรนภา วีระชุนย์ และ สุชาญวัชร สมสอน, 2566; ประชาสรรค์ แสนภักดี, 2565; สิ้นธุ์ สโรบล, 2552) การนำเทคนิค AIC มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ทำให้สามารถวิเคราะห์สถานการณ์การบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์ และอุปกรณ์การแพทย์ พัฒนารูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์และผลการดำเนินงาน โดยความร่วมมือของคณะกรรมการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี และเจ้าหน้าที่กองทุนฟื้นฟู สมรรถภาพจังหวัดลพบุรีที่ช่วยขับเคลื่อนการดำเนินงานเพื่อให้สามารถฟื้นฟูสมรรถภาพผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มี ภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนารูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และ อุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี โดยได้นำเทคนิค AIC มาใช้ในการพัฒนารูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และ อุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี โดยเน้นการพัฒนาแนวทางในบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ให้เหมาะสมกับจังหวัดลพบุรีมากที่สุด เพื่อให้การบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การ บริหารส่วนจังหวัดจังหวัดลพบุรีมีแนวทางการบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ให้ดียิ่งขึ้น ผู้วิจัย ได้ตระหนักและเล็งเห็นถึงความสำคัญปัญหาการเข้าถึงกายอุปกรณ์ของผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ จึงศึกษาว่า รูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์ การแพทย์จังหวัดลพบุรี จะสามารถส่งผลให้สามารถเพิ่มการเข้าถึงบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์ การแพทย์แก่กลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพให้ สามารถดำเนินชีวิตดูแลตนเองอย่างเหมาะสมและเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ พัฒนารูปแบบ และประเมินผลรูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และ อุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research) โดยใช้เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เอ ไอ ซี ภายใต้การดำเนินงานโครงการส่งเสริมฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ ผู้สูงอายุ ผู้ที่อยู่ในระยะที่จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในเขตจังหวัดลพบุรี ระหว่างเดือนตุลาคม 2566 ถึงกันยายน 2567 (องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี, 2567)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรสำหรับการศึกษานี้คือ ผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่คณะกรรมการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี และเจ้าหน้าที่กองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี จำนวน 48 คน

กลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1 -4 เป็นผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่คณะกรรมการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี และเจ้าหน้าที่กองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี จำนวน 25 คน ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. ผู้ที่มีอายุ 20 ปี ขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง
2. ปฏิบัติหน้าที่คณะกรรมการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี หรือเจ้าหน้าที่กองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี
3. สนใจเข้าร่วมโครงการ

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

ไม่สามารถร่วมกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 40

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีจำเพาะเจาะจง จำนวน 25 ซึ่งมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก

กลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 4 เป็นผู้รับบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ จำนวน 85 คน ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. ผู้ที่มีอายุ 20 ปี ขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง
2. เข้ารับบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์
3. สนใจเข้ารับบริการ

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

ไม่มี

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการสุ่มตัวอย่าง ในการศึกษานี้ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีจำเพาะเจาะจง จำนวน 85 คน ซึ่งมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย เป็นแบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ชุดคำถามปลายเปิด ประกอบด้วย 1) คำถามที่ใช้ในการระดมสมอง เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี การเข้าถึงบริการ และระบบการฟื้นฟูสมรรถภาพ 2) คำถามที่ใช้ในขั้นตอนทำการประเมินผลการดำเนินงาน ปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะ และผลการดำเนินงาน

ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์รายกลุ่ม ใช้ในขั้นตอนดำเนินงาน เป็นการสัมภาษณ์รายกลุ่ม เกี่ยวกับความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนปฏิบัติงาน ปัญหาอุปสรรค การแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุง

ส่วนที่ 3 แบบประเมินความพึงพอใจของบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดจังหวัดลพบุรี เป็นมาตรวัดชนิดประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ข้อคำถามประกอบด้วย 2 ด้านได้แก่ ด้านกายอุปกรณ์ จำนวน 4 ข้อ และด้านการบริการ จำนวน 4 ข้อ รวม 8 ข้อ โดยการแปลผลพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (ธีรศักดิ์ เลี้ยวโธสง , 2549) กำหนดระดับความคิดเห็นแบ่งเป็น 5 ระดับดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การหาความตรงของเนื้อหาของแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงและความสอดคล้องของเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ นักกายภาพบำบัดเชี่ยวชาญด้านฟื้นฟูสมรรถภาพ 1 ท่าน และพยาบาลวิชาชีพที่เชี่ยวชาญด้านฟื้นฟูสมรรถภาพ 2 ท่าน โดยแบบสอบถามส่วนที่ 1-3 มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 0.99, 1 และ 0.97 ตามลำดับ จากนั้นนำเครื่องมือมาแก้ไขปรับปรุงแล้วไปไปทดสอบใช้กับกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย แล้ววิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามส่วนที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาคอนบาค เท่ากับ 0.97 แล้วนำมาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมมากที่สุด ก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2566 ถึงกันยายน 2567 ภายใต้การดำเนินงานโครงการส่งเสริมฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ ผู้สูงอายุ ผู้ที่อยู่ในระยะที่จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในเขตจังหวัดลพบุรี โดยประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เอ ไอ ซี ประกอบด้วย 4 ระยะ 5 ขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การทบทวนสถานการณ์

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยได้จัดประชุม 1 วัน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างร่วมวิเคราะห์สถานการณ์การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี โดยนำเสนอผลการดำเนินงานและปัญหาอุปสรรคในการ

ดำเนินงานที่ผ่านมา จากนั้นกลุ่มตัวอย่างร่วมกันระดมความคิดโดยใช้คำถามที่ใช้ในการระดมสมอง เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี การเข้าถึงบริการระบบการดูแลรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพ การมีส่วนร่วมในการฟื้นฟูสมรรถภาพ จากนั้นระดมสมองเพื่อสร้างแผนปฏิบัติการในการบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของจังหวัดลพบุรี โดยมีแผนปฏิบัติการสำหรับศูนย์ให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรีในการดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดลพบุรีต่อไป

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบ

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการประชุม 1 วัน เพื่อสรุปและทำแผนปฏิบัติการที่ได้จากผลการระดมสมอง และแนวทางที่ได้รับไปปฏิบัติตามแผนปฏิบัติการที่กำหนดไว้โดยผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือศูนย์ให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรีเพื่อนำแผนไปใช้ตามที่ตั้งไว้

ระยะที่ 3 การนำรูปแบบไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการกำกับติดตามแผนปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยติดตามแผนปฏิบัติการ จำนวน 1 ครั้ง โดยผู้วิจัยสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์รายกลุ่มและสังเกตระหว่างที่กลุ่มตัวอย่างพูดคุยถึงการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการ ปัญหาอุปสรรค และวิธีการแก้ไข

ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยจัดประชุม 1 วัน เพื่อทบทวนแผนปฏิบัติงานที่ได้ดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างทบทวนแผนที่ดำเนินงานไปแล้ว สรุปปัญหาอุปสรรค และให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นปรับปรุงแผนปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ให้เหมาะสมที่สุด

ระยะที่ 4 ประเมินผล

ขั้นตอนที่ 5 ผู้วิจัยจัดประชุม 1 วัน เพื่อประเมินผล โดยอภิปรายในขั้นการทำการประเมินผลการดำเนินงาน ด้วยคำถามที่ใช้ในขั้นตอนทำการประเมินผล โดยให้กลุ่มตัวอย่างสรุปปัญหาอุปสรรค ข้อเสนอแนะ และผลการดำเนินงาน รวมถึงผู้รับบริการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการเข้ารับบริการ จากนั้นผู้วิจัยสรุปรูปแบบที่ได้รับการพัฒนาสรุปผลการดำเนินงาน

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้การดำเนินงานโครงการส่งเสริมฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ ผู้สูงอายุ ผู้ที่อยู่ในระยะที่จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในเขตจังหวัดลพบุรี โดยผู้วิจัยได้พิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ รวมทั้งความเสี่ยง อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้น ตลอดจนประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ให้กลุ่มตัวอย่างรับทราบอย่างละเอียดและชัดเจนก่อนเข้าร่วมการวิจัย ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิในการตัดสินใจเข้าร่วมหรือปฏิเสธการเข้าร่วมโครงการโดยสมัครใจ ปราศจากการบังคับหรือการขู่ใดๆ และสามารถยกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยได้ตลอดเวลาโดยไม่เสียสิทธิหรือได้รับผลกระทบทางใดทางหนึ่ง นอกจากนี้ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างจะถูกเก็บรักษาอย่างเป็นความลับ ปกปิดชื่อและรายละเอียดที่สามารถระบุตัวบุคคลได้ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยเฉพาะในลักษณะข้อมูลภาพรวม เพื่อป้องกันมิให้เกิดการ

ระบุตัวตนของผู้เข้าร่วมการวิจัย อันเป็นไปตามหลักการคุ้มครองสิทธิ ความเป็นส่วนตัว และศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ของกลุ่มตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ แจกแจงความถี่ ร้อยละ และข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 ผลการทบทวนสถานการณ์การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

จากการศึกษาพบว่า จังหวัดลพบุรีมีผู้สูงอายุในจังหวัดลพบุรี ปี 2566 มีจำนวน 163,622 คน ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงอยู่ในกลุ่มติดสังคม จำนวน 105,404 คน กลุ่มติดบ้าน จำนวน 8,732 คน และกลุ่มติดเตียง จำนวน 1,209 คน และผู้พิการ จำนวน 23,447 คน โดยจากการสำรวจความต้องการการอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์สำหรับผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรี ปี 2566 จำนวน 12 รายการ รวมทั้งสิ้น 3,803 ชิ้น จากการระดมสมองของผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ผลกระทบของสถานการณ์การติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลทำให้การดำเนินการฟื้นฟูสมรรถภาพในกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก ทำให้กลุ่มดังกล่าวไม่สามารถเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ที่จำเป็นเพื่อนำไปใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพที่บ้านได้ จึงทำให้เกิดความพิการหรือภาวะแทรกซ้อนที่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังพบว่าหน่วยบริการในพื้นที่จังหวัดลพบุรียังมีปัญหาในการขาดแคลนการอุปกรณ์และอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็น เช่น ที่นอนลม เตียงผู้ป่วยเครื่องดูดเสมหะ เป็นต้น และประชาชนในพื้นที่ห่างไกลยังไม่ได้รับการดูแลและการฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างทั่วถึง รวมถึงขาดข้อมูลการฟื้นฟูสมรรถภาพและการเข้าถึงแหล่งกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ในพื้นที่จังหวัดลพบุรีผู้วิจัยและกลุ่มตัวอย่างได้ร่วมกันสร้างรูปแบบบริการที่จะเห็นถึงการสนับสนุนบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี เพื่อให้กลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีมีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น โดยการจัดตั้งศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดจังหวัดลพบุรี ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

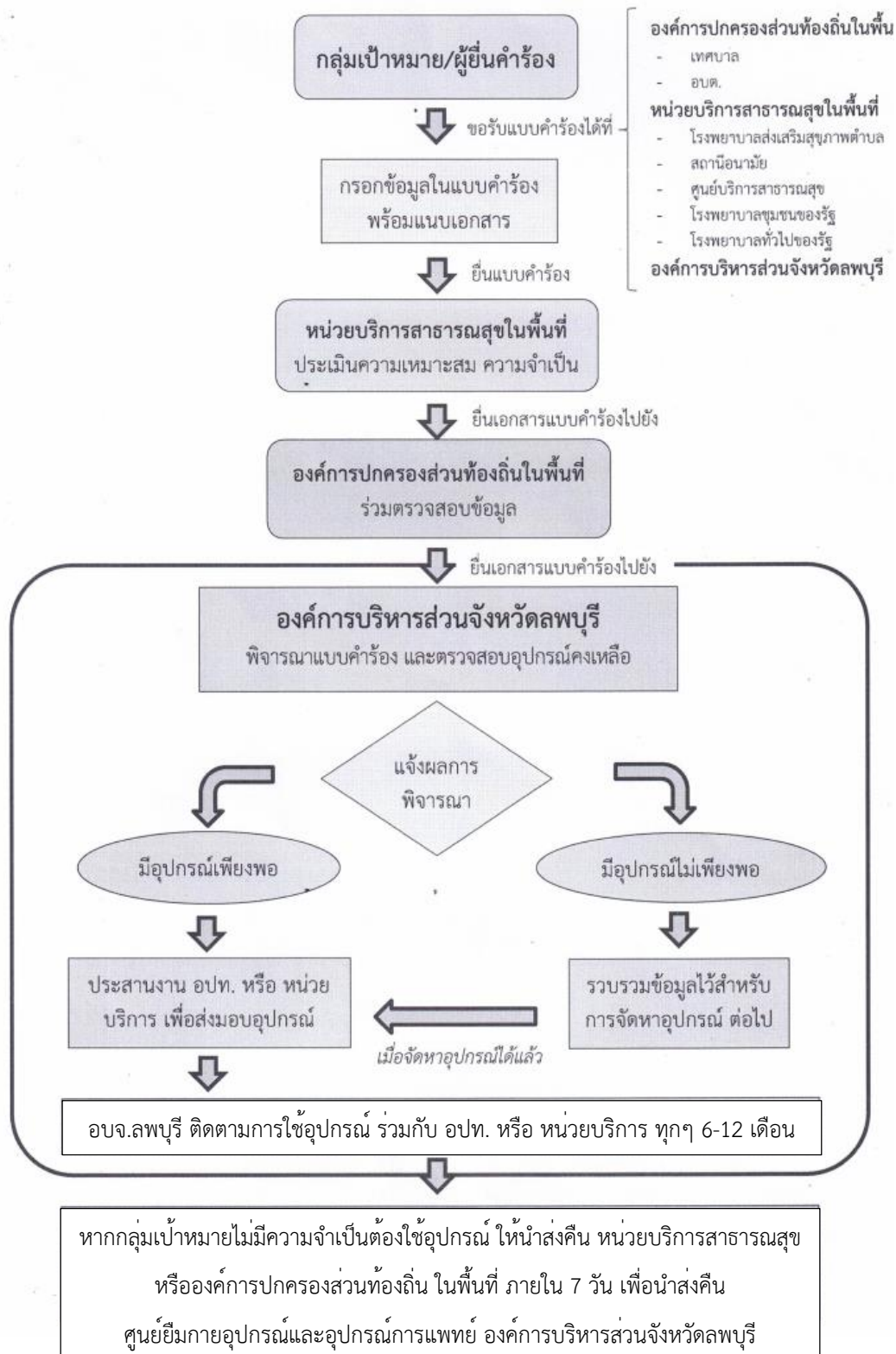
โดยใช้เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เอ ไอ ซี เพื่อนำมาสู่แนวทางที่เหมาะสมกับพื้นที่จังหวัดลพบุรีมากที่สุด มีแผนการดำเนินงานดังนี้ 1) แผนการเตรียมความพร้อมบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ โดยวางแผนจัดตั้งศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ขึ้น รวมถึงการจัดหากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์สำหรับการจัดบริการฯ ภายใต้การดำเนินงานของคณะกรรมการศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี 2) แผนการจัดบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ โดยมีเจ้าหน้าที่

สำหรับให้บริการศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ และจัดทำรายงานการบริการเฝ้ากายอุปกรณ์ฯ รวมถึงประชาสัมพันธ์การให้บริการ 3) ติดตามการใช้งานกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ทุก 6 - 12 เดือน โดยการมีส่วนร่วมของศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยบริการในพื้นที่ และ 4) การนำส่งคืนกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์เมื่อไม่มีความจำเป็นในการใช้กายอุปกรณ์ฯ โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยบริการในพื้นที่ นำส่งคืนมายังศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์

ระยะที่ 3 การปฏิบัติการตามแผนการดำเนินงาน

โดยศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี ได้ดำเนินการเตรียมความพร้อมบริการให้เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ โดยวางแผนจัดตั้งศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ขึ้น ภายใต้การดูแลของกองสาธารณสุข องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี ซึ่งมีคณะกรรมการศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์เป็นผู้นำกับดูแล และเตรียมเจ้าหน้าที่สำหรับให้บริการ ประกอบด้วย พยาบาลวิชาชีพ 2 คน นักกายภาพบำบัด 1 คน และเจ้าหน้าที่กองทุน 2 คน รวมจำนวน 5 คน รวมถึงการจัดหาอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ตามประกาศตามประกาศสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เรื่อง รายการ หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการสนับสนุนค่าใช้จ่ายสำหรับการจัดบริการฟื้นฟูสมรรถภาพ และการจัดหาอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการในกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพ ระดับจังหวัด พ.ศ. 2562 (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2562) จำนวน 7 รายการ ได้แก่ ไม้เท้าค้ำยัน รัดแบริ่งแบบอลูมิเนียม ไม้เท้าอลูมิเนียมแบบสามขา ไม้เท้าสำหรับคนตาบอดพับได้ รถนั่งคนพิการชนิดพับได้ทำด้วยโลหะแบบปรับให้เหมาะสมกับความพิการได้ รถนั่งคนพิการชนิดพับได้ทำด้วยโลหะแบบปรับไม่ได้ เบาะรองนั่งสำหรับคนพิการ และรถสามล้อโยกมาตรฐานสำหรับคนพิการ ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดลพบุรี จากนั้นมีการจัดบริการให้เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ในวันทำและเวลาการราชการ ณ ที่ทำการกองสาธารณสุข องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี ซึ่งการยื่นแบบคำร้องผ่านทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยบริการในพื้นที่ จากนั้นหน่วยบริการประเมินความจำเป็นในการใช้กายอุปกรณ์ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ตรวจสอบข้อมูล แล้วนำส่งมายังองค์การบริหารส่วนจังหวัด เมื่อศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ได้รับแบบคำร้องแล้ว ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถรับกายอุปกรณ์ฯ มีการบริการให้คำแนะนำวิธีการใช้กายอุปกรณ์และการดูแลรักษาอย่างละเอียดแก่ผู้รับบริการ และการประสานงานสหวิชาชีพในพื้นที่ในการดูแลต่อเนื่อง ภายหลังส่งมอบกายอุปกรณ์ฯ แล้ว จากนั้นจัดทำรายงานการเฝ้า - คืบ ทุกเดือน และมีประชาสัมพันธ์การให้บริการผ่านองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยบริการในพื้นที่ จากนั้นเป็นการติดตามการใช้งานกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ทุก 6 เดือน โดยการมีส่วนร่วมของศูนย์เฝ้ากายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยบริการในพื้นที่ ซึ่งเจ้าหน้าที่จะมีการประสานติดตามการใช้งานของกายอุปกรณ์ที่เฝ้าในแต่ละพื้นที่ในการตรวจสอบสภาพการใช้งาน ทั้งนี้เมื่อไม่มีความจำเป็นในการใช้กายอุปกรณ์ฯ แล้ว ภายใน 7 วัน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือหน่วยบริการในพื้นที่ได้นำส่งคืนกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ มายังศูนย์

เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จากนั้นร่วมระดมสมองในการประชุมติดตามการดำเนินงานผ่านการประชุมกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพระดับจังหวัด โดยมีการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกในการจัดประชุมติดตามการดำเนินงาน และมีการสังเกตขณะดำเนินงาน ซึ่งจากการสัมภาษณ์เชิงลึก พบว่า ตลอด 2 เดือนที่ให้บริการ มีผู้รับบริการที่เป็นกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรี จำนวน 85 ราย โดยบริการมีการให้เยี่ยมมอกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ยังมีการให้ความรู้และสาธิตการใช้การอุปกรณ์ โดยพยาบาลวิชาชีพ และการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกายจากนักกายภาพบำบัด ซึ่งผู้รับบริการมีความเข้าใจและสามารถเข้าถึงกายอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง นอกจากนี้มีการสะท้อนผลของการปฏิบัติตามแผน สามารถแก้ไขปัญหาของการเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ในพื้นที่จังหวัดลพบุรีได้ ทำให้กลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพสามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติได้มากที่สุด ทั้งนี้ในการประชุมได้ทำการสรุปให้มีการติดตามการใช้กายอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นพื้นที่ได้สะท้อนผลการดำเนินงานว่า กลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพสามารถใช้กายอุปกรณ์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งกายอุปกรณ์ที่ได้รับนั้นสามารถทำให้ช่วยให้ดำเนินชีวิตได้ดีมากขึ้น ซึ่งจากการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการดังกล่าว ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยได้สรุปรูปแบบบริการให้เยี่ยมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี ได้ตั้งแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 รูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

ระยะที่ 4 การประเมินผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการนำไปปฏิบัติประเมินโดยการประชุมระดมสมอง การสังเกต และการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ผู้รับบริการกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพภายหลังได้รับกายอุปกรณ์สามารถดำเนินชีวิตได้ดีขึ้น เจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นท่านหนึ่งกล่าวว่า “หลังชาวบ้านของเราได้อุปกรณ์ บางคนเดินไปไหนมาไหนได้ด้วยไม้เท้า บางคนญาติพาเข็นรถออกมาสูดอากาศนอกบ้าน เห็นรอยยิ้มพวกเขาเหมือนเขาได้กลับมาใช้ชีวิตที่อยากทำได้เหมือนเดิมแล้ว” เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่านหนึ่งกล่าวว่า “การให้ยืมกายอุปกรณ์นี้เป็นสิ่งที่สามารถให้คนไข้มากลับมาดำเนินชีวิตได้ดีกว่าเดิม จากที่ต้องอยู่กับบ้านก็สามารถเดินไปคุยกับเพื่อนบ้านได้อย่างก่อน มีอุปกรณ์ช่วยเหลือแบบนี้ดีมาก” นอกจากนี้ยังสามารถทำให้ลดความวิตกกังวลต่อผู้ดูแลในด้านสังคมเศรษฐกิจได้เป็นอย่างดี อาสาสมัครสาธารณสุขท่านหนึ่งกล่าวว่า “ก่อนหน้านี้ญาติก็ช่วยดูแลตลอด คิดว่าต้องซื้อไม้เท้า แต่ราคาแพง พอได้ไม้เท้าสามขาให้ยืมมาช่วยเขาก็ได้ไหนมาไหนได้ ญาติก็ไม่ต้องห่วงว่าจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น” นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่านหนึ่งกล่าวว่า “หลังจากคนไข้ได้รถเข็นมา ญาติก็พามากายภาพที่อนามัยได้สะดวก” จากการสัมภาษณ์เชิงลึกทำให้เห็นรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี สามารถส่งเสริมผู้รับบริการกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ ให้มีการเข้าถึงกายอุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง รวมถึงสามารถดำเนินชีวิตตามปกติวิถีได้อย่างมีคุณภาพยิ่งขึ้น

4.2 การประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี หลังการดำเนินงานได้ดำเนินการประเมินความพึงพอใจ พบว่า ผู้รับบริการกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ มีระดับความพึงพอใจด้านกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ได้แก่ วัสดุมีความแข็งแรง ทนทาน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.88, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.39) ความเหมาะสมของสภาพการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.88, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.49) ความเหมาะสมของวิธีการใช้งาน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.84, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.53) และสามารถนำไปใช้งานได้จริง อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.89, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.49) ส่วนระดับความพึงพอใจด้านการบริการศูนย์ฯ ได้แก่ การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์ อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.93, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.26) การบริการให้คำแนะนำวิธีการใช้กายอุปกรณ์และการดูแลรักษา อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.98, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.15) การประสานงานสหวิชาชีพ อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.93, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.26) และความพึงพอใจภาพรวม อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.99, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.11) รายละเอียดดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ผู้รับบริการได้ให้ข้อเสนอแนะ มีประเด็นดังต่อไปนี้ 1) ควรเพิ่มรายการกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ และ 2) ควรเพิ่มช่องทางประชาสัมพันธ์ของศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจต่อรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี (n = 85)

ความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
ด้านกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์			
1. วัสดุมีความแข็งแรง ทนทาน	4.88	0.39	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของสภาพการใช้งาน	4.88	0.49	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของวิธีการใช้งาน	4.84	0.53	มากที่สุด
4. สามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.89	0.49	มากที่สุด
ด้านการบริการศูนย์ยืมมา			
5. การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์	4.93	0.26	มากที่สุด
6. การบริการให้คำแนะนำวิธีการใช้กายอุปกรณ์และการดูแลรักษา	4.98	0.15	มากที่สุด
7. การประสานงานสหวิชาชีพ	4.93	0.26	มากที่สุด
8. ความพึงพอใจภาพรวม	4.99	0.11	มากที่สุด

การอภิปรายผล

ระยะที่ 1 ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ยังพบปัญหาของพื้นที่ในกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในพื้นที่จังหวัดลพบุรีไม่สามารถเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ที่จำเป็นเพื่อนำไปใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพที่บ้านได้ จึงทำให้เกิดความพิการหรือภาวะแทรกซ้อนที่เพิ่มมากขึ้น และหน่วยบริการในพื้นที่จังหวัดลพบุรียังมีปัญหาในการขาดแคลนการอุปกรณ์และอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็น เช่น ที่นอนลม เตียงผู้ป่วยเครื่องดูดเสมหะ เป็นต้น และประชาชนในพื้นที่ห่างไกลยังไม่ได้รับการดูแลและการฟื้นฟูสมรรถภาพได้อย่างทั่วถึง รวมถึงขาดข้อมูลการฟื้นฟูสมรรถภาพและการเข้าถึงแหล่งกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี (องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี, 2566) จากสถานการณ์ดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการดำเนินงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยบริการสาธารณสุขขาดการประสานงานเพื่อให้เกิดความช่วยเหลือกลุ่มเป้าหมายรวมถึงการบริหารจัดการงบประมาณที่ขาดความบูรณาการระหว่างหน่วยงานซึ่งปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ อดิษฐ์พงษ์ ประถมวงศ์ (2565) ที่พบว่า การดำเนินงานโครงการขององค์การบริหารส่วนจังหวัดตราด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 กลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพประสบปัญหาการดูแลและการเข้าถึงบริการของรัฐเป็นไปด้วยความยากลำบาก ได้แก่ การคมนาคมที่ยากลำบาก ด้านสถานะทางการเงินที่ขาดแคลน ด้านอุปกรณ์ทางการแพทย์ไม่พร้อม ด้านสภาพที่อยู่อาศัยที่ไม่เหมาะสม และขาดความต่อเนื่องในการร่วมมือระหว่างหน่วยงานของรัฐ

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี สามารถทำให้ศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ มีแนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจน เนื่องจากเป็นการสนับสนุนให้เกิดความร่วมมือในการวางแผนปฏิบัติงานระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานสาธารณสุข ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการปฏิบัติงานด้านสาธารณสุขในระดับพื้นที่ระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และกระทรวงสาธารณสุข (กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2562) ที่ว่า หน่วยงานระดับพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีอำนาจหน้าที่ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกฎหมายที่ให้อำนาจท้องถิ่นในการดำเนินงานด้านการฟื้นฟูสุขภาพเป็นอำนาจหน้าที่โดยตรงที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์นำไปสู่การฟื้นฟูสมรรถภาพในกลุ่มเป้าหมายฯ ซึ่งเป็นไปตามตามประกาศคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เรื่อง หลักเกณฑ์การดำเนินงานและบริหารจัดการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพระดับจังหวัด พ.ศ.2562 ข้อ 9 (2) (ก) ที่มีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการให้ยืมอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่จำเป็นสำหรับผู้มีสิทธิได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ ซึ่งรวมถึงค่าใช้จ่ายในการจัดหา ซ่อมแซม และเคลื่อนย้ายอุปกรณ์เพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นตามสภาพของบุคคลนั้น (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2563) ดังนั้นแนวทาง ระเบียบ กฎหมาย และข้อบังคับเหล่านี้สามารถพัฒนาแผนการดำเนินงานที่ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจากการระดมสมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่ายในการบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี

ระยะที่ 3 การปฏิบัติตามแผนโดยรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี สามารถทำให้เกิดการเข้าถึงกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์อย่างทั่วถึง และส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถภาพในกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพให้สามารถดำเนินชีวิตได้ดียิ่งขึ้น อาจเนื่องมาจากรูปแบบนี้เพิ่มการเข้าถึงบริการ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณที่ต่อเนื่อง กายอุปกรณ์มีความพร้อมให้บริการ และมีความต่อเนื่องในการร่วมมือระหว่างองค์กรบริหารส่วนจังหวัดและหน่วยบริการสาธารณสุขในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา (2565) ที่ได้จัดตั้งศูนย์ยืม-คืน และรับบริจาคกายอุปกรณ์ในจังหวัดสงขลา เพื่อมอบให้กับคนพิการ ผู้สูงอายุติดเตียงและผู้ที่มีภาวะพึ่งพิงที่มีความจำเป็นในการใช้กายอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการเพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพอย่างต่อเนื่องที่บ้าน และเพิ่มการเข้าถึงบริการยืมกายอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการได้อย่างทั่วถึงและครอบคลุมทุกพื้นที่

ระยะที่ 4 การประเมินผลรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี สามารถส่งเสริมผู้รับบริการกลุ่มผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ ให้มีการเข้าถึงกายอุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง รวมถึงสามารถดำเนินชีวิตตามปกติได้อย่างมีคุณภาพยิ่งขึ้น อาจเนื่องมาจากนอกเหนือจากบริการยืมกายอุปกรณ์แล้ว ยังมีการบริการให้คำแนะนำวิธีการใช้กายอุปกรณ์และการดูแลรักษาอย่างละเอียดแก่ผู้รับบริการ และการประสานงานสหวิชาชีพในพื้นที่ในการดูแลต่อเนื่องด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ สุริยันต์ ปัญหาราช (2560) ที่ศึกษาผลลัพธ์การดำเนินการของกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพที่จำเป็นต่อสุขภาพ จังหวัดหนองบัวลำภู พบว่า การให้ความสำคัญกับผู้รับบริการและ

ผู้มีส่วนได้เสียและการจัดการกระบวนการมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์การดำเนินงานของกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพที่จำเริญต่อสุขภาพ จังหวัดหนองบัวลำภู นอกจากนี้ยังมีการประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี โดยความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องมาจากรูปแบบนี้สามารถทำให้กลุ่มเป้าหมายสามารถเข้าถึงบริการอย่างทั่วถึงทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ภัทรปภา เสงวทรัพย์ และคณะ (2564) ที่ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการโรงพยาบาลจุฬารัตน์ 3 อินเตอร์เนชั่นแนล พบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด เป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ ลลิตา หลอดแก้ว และ พัทธนา เสงวีบุรณพงศ์ใจดี (2568) ความพึงพอใจของผู้รับบริการสุขภาพแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ระดับความพึงพอใจภาพรวมในระดับสูง

อย่างไรก็ตามรูปแบบดังกล่าวนี้มีจุดเด่นในการเชื่อมโยงระหว่าง องค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.), องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยบริการสาธารณสุขในพื้นที่ ซึ่งช่วยให้กระบวนการยืม-คืนอุปกรณ์ครบวงจร ลดความซ้ำซ้อน และเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการกายอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังมีการบันทึกและจัดการข้อมูลด้วยระบบดิจิทัล ทำให้การติดตาม ตรวจสอบ และรายงานผลเป็นระบบและโปร่งใสสามารถตรวจสอบได้ อย่างไรก็ตามรูปแบบนี้ยังมีข้อจำกัดในขอบเขตการให้บริการและจำนวนอุปกรณ์ยังจำกัดซึ่งมีเพียง 7 รายการอุปกรณ์เท่านั้นจึงยังไม่ครอบคลุมความต้องการที่หลากหลายของกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ รวมถึงผู้รับบริการบางส่วนอาจยังไม่ทราบช่องทางการเข้าถึงบริการ เนื่องจากการสื่อสารยังไม่แพร่หลายผ่านเพียงหน่วยบริการเท่านั้น ดังนั้นรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี ทำให้ผู้พิการ ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง และผู้ที่มีความจำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพ ให้มีการเข้าถึงกายอุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง รวมถึงสามารถดำเนินชีวิตตามปกติวิถีได้อย่างมีคุณภาพยิ่งขึ้น และรูปแบบนี้สามารถนำไปใช้ได้จริงทั้งจังหวัดลพบุรี รวมถึงสามารถสร้างแนวทางที่ชัดเจนและเหมาะสมกับบริบทพื้นที่ของจังหวัดลพบุรีมากที่สุดในการส่งเสริมการฟื้นฟูสมรรถภาพ ซึ่งในอนาคตรูปแบบนี้จะผลักดันให้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดลพบุรีต่อไป

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปการศึกษาครั้งนี้ได้กระบวนการการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมร่วมกับเทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม เอ ไอ ซี สามารถทำให้เกิดความสำเร็จในการดำเนินงานโดยทำให้เกิดผลการวิเคราะห์สถานการณ์การบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี พัฒนารูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี และประเมินผลการใช้รูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรีโดยระดับความพึงพอใจต่อรูปแบบบริการให้ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์จังหวัดลพบุรี ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนข้อเสนอแนะ หน่วยงานในระดับจังหวัด ควรเพิ่มรายการกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ให้มีความครอบคลุมกับความต้องการของผู้รับบริการ และควรเพิ่มช่องทางประชาสัมพันธ์ของศูนย์ยืมกายอุปกรณ์และอุปกรณ์การแพทย์ ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรนำรูปแบบไปใช้ในบริบทอื่นๆ เช่น จังหวัดที่มีบริบทเขตเมืองที่คล้ายคลึงกัน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2566). ข้อมูลผู้สูงอายุจังหวัดลพบุรี ปี 2566. <https://www.dop.go.th/th/know/1>
- กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ. (2566). สถานการณ์ด้านคนพิการ. <https://dep.go.th/th/law-academic/knowledge-base/disabled-person-situation>
- กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2567). ข้อมูลผู้สูงอายุ ตามตัวชี้วัดกระทรวงสาธารณสุข (HDC – Dashboard). <https://dashboard.anamai.moph.go.th/>
- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2562). แนวทางการปฏิบัติงานด้านสาธารณสุขในระดับพื้นที่ระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท. เทศบาล)และกระทรวงสาธารณสุข (รพ.สต.). นนทบุรี: กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข.
- กองส่งเสริมศักยภาพผู้สูงอายุ. (2564) สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2564. https://www.dop.go.th/download/knowledge/th1663828576-1747_0.pdf
- ธีรศักดิ์ เลื่อยไธสง. (2549). การบริหารวิชาการของสถานศึกษาขั้นพื้นฐานที่เป็นนิติบุคคลเรื่องที่ 7: การนิเทศการศึกษา (Educational Supervision) สารสนิเทศการศึกษาศึกษา (Educational Supervision Message: ESM). กรุงเทพฯ.
- ประชาสรรค์ แสนภักดี. (2565). เทคนิคกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม : Mind Map® & AIC for Participatory Planning. <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/aic.html>
- ภัทรปภา เสงฆทรัพย์, ปฐิมา รุ่งเรือง และ ภูษิตย์ วงษ์เล็ก. (2564). คุณภาพการให้บริการที่สัมพันธ์กับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ โรงพยาบาลจุฬารัตน์ 3 อินเตอร์เนชั่นแนล. วารสารวิชาการเชาธอีสานท์ บางกอก (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 7(2), 64–81. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/SB_Journal/article/view/249512
- ลลิตา หลอดแก้ว และ พัทธนา เฮ้งบริบูรณ์พงศ์ใจดี. (2568). ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้รับบริการสุขภาพแผนกผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดลพบุรี. วารสารสาธารณสุขมูลฐาน (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ), 40(2), e15574. <https://thaidj.org/index.php/pjne/article/view/15574>
- สินธุ์ สโรบล. (2552). วิธีวิทยาวิจัยเพื่อการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาชุมชน: บทสังเคราะห์งานวิจัยเพื่อท้องถิ่นในประเทศไทยและประสบการณ์จากต่างประเทศ. เชียงใหม่: หจก.วนิดาการพิมพ์.
- สุริยันต์ ปัญหาราช. (2560). ผลลัพธ์การดำเนินการของกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพที่จำเป็นต่อสุขภาพ จังหวัดหนองบัวลำภู. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร, 27(3), 108-114. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/aseanjrm/article/view/108061>

- สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2563). คู่มือปฏิบัติงานกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพ ระดับจังหวัด (ตามประกาศคณะกรรมการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติเรื่อง หลักเกณฑ์การดำเนินงานและบริหารจัดการกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพระดับจังหวัด พ.ศ.2562). กรุงเทพฯ: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดสงขลา. (2565). อบจ.สงขลา ร่วมกับกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพจังหวัดสงขลา ลงพื้นที่มอบอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการฯ. <https://www.ahsouth.com/paper/1149>
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี. (2566). ผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน ปีงบประมาณ 2566. ลพบุรี: สำนักเลขานุการองค์การบริหารส่วนจังหวัด องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี. (2567). ผลการดำเนินงานโครงการส่งเสริมฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ ผู้สูงอายุ ผู้ที่อยู่ในระยะที่จำเป็นต้องได้รับการฟื้นฟูสมรรถภาพในเขตจังหวัดลพบุรี. ลพบุรี: กองสาธารณสุข องค์การบริหารส่วนจังหวัดลพบุรี.
- อนัษฐพงษ์ ประถมวงศ์. (2565). การถอดบทเรียนปัจจัยแห่งความสำเร็จของกองทุนฟื้นฟูสมรรถภาพที่จำเป็นต่อสุขภาพจังหวัดตราดที่นำไปสู่การได้รับรางวัลความโปร่งใสและส่งเสริมการมีส่วนร่วมกับประชาชนขององค์การบริหารส่วนจังหวัดตราด. วารสารรัฐศาสตร์รอบรู้และสหวิทยาการ, 5(1), 127-40. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/WPSMS/article/view/254889>
- อรณา วีระขุนย์ และ สุชาญวัชร สมสอน. (2566). แนวทางการพัฒนารูปแบบการติดตามผู้ป่วยวัณโรคปอดในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน, 1(1), 19-34. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/509>

ประสิทธิผลของโปรแกรมการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัว
ต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพ ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง
The Result of Health Literacy Development for Health Outcomes,
Hang Chat District, Lampang Province

มนเทียร ทาคำ

Montien Takhum

สำนักงานสาธารณสุขอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง

Hang Chat District Public Health Office, Lampang Province

จันทร์จิรา ยานะชัย*

Janjeera Yanachai*

คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Faculty of Nursing, Uttaradit Rajabhat University

E-mail : ten2390@hotmail.com and janjeera905@gmail.com*

*Corresponding author

(Received: 28 October 2024, Revised: 12 October 2025, Accepted: 15 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.989>

บทคัดย่อ

การวิจัยแบบกึ่งทดลอง แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพ โดยทีมหมอครอบครัวต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันไม่ได้ ใช้การเลือกแบบเจาะจง เข้ากลุ่มทดลอง 60 คน เข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวจำนวน 4 ครั้ง และกลุ่มควบคุม 60 คน ได้รับการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพด้วยวิธีปกติ เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย โปรแกรมการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวแบบสอบถามความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง แบบประเมินระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง และแบบบันทึกข้อมูลทั่วไป การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติ Independent t-test และ Dependent t-test

ผลการศึกษา พบว่า ภายหลังเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มทดลองความรอบรู้ด้านสุขภาพสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (P-value = 0.001) พฤติกรรมสุขภาพสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (P-value = 0.001) ระดับความดันโลหิตซิสโตลิกดีกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 (P-value = 0.004) และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองดีกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (P-value = 0.024) สรุปผลการศึกษาแสดงว่าโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีผลในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง การพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ ด้วยการให้ความรู้ที่เหมาะสม การติดตามและการประเมินผลอย่างต่อเนื่องโดยทีมหมอครอบครัว และการสนับสนุนจากครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีและลดความเสี่ยงของโรคในระยะยาว

คำสำคัญ: ความรอบรู้ด้านสุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ ทีมหมอครอบครัว โรคหลอดเลือดสมอง

Abstract

This quasi-experimental study with two group pretest-posttest design aimed to evaluate the effectiveness of a health literacy improvement program conducted by family doctors on health outcomes in hypertensive patients in Hang Chat District, Lampang Province. The sample consisted of patients with uncontrolled hypertension through purposive sampling. The experimental group (60 participants) attended the health literacy improvement program by family doctors four times, while the control group (60 participants) received routine health literacy education. Research tools included the health literacy improvement program by family doctors, a health literacy and behavior questionnaire for hypertensive patients, a stroke risk assessment form, and a general information record. Quantitative data analysis utilized descriptive statistics, Independent t-test, and Dependent t-test.

Results indicated that the experimental group showed significant the experimental group's health literacy significantly improved after participating in the program, compared to before and compared to the control group (P-value = 0.001). Health behaviors also significantly improved in the experimental group compared to before and compared to the control group (P-value = 0.001). Systolic blood pressure levels were significantly better in the experimental group compared to before and compared to the control group (P-value = 0.004). The risk of stroke was also significantly reduced in the experimental group compared to before and compared to the control group (P-value = 0.024). The study concluded that the health literacy improvement program by family doctors effectively reduced stroke risk in hypertensive patients. The program's success in enhancing health literacy and promoting health behavior changes was attributed to appropriate knowledge dissemination, continuous monitoring and evaluation by family doctors, and family support, which play crucial roles in long-term health improvement and risk reduction.

Keywords: Health literacy, Health behaviors, Family doctors, Stroke hypertension

บทนำ

ความดันโลหิตสูงเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี องค์การสหประชาชาติได้ตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวและกำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development goals: SDGs) มีจุดมุ่งหมายจะลดอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรจากกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังลงให้ได้หนึ่งในสามภายในปี พ.ศ. 2573 จากรายงานขององค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2566 พบว่า ผู้ใหญ่ที่มีอายุระหว่าง 30-79 ปี มีภาวะความดันโลหิตสูงจำนวน 1.28 พันล้านคนทั่วโลก สองในสามอาศัยอยู่ในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ผู้ใหญ่ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงประมาณร้อยละ 46 ไม่ทราบว่าตนเองมีภาวะดังกล่าว ผู้ใหญ่ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงได้รับการวินิจฉัยและรักษาร้อยละ 42 เป็นภาวะความดันโลหิตสูงสามารถควบคุมได้ร้อยละ 21 ภาวะความดันโลหิตสูงเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทั่วโลกหนึ่งในเป้าหมายทั่วโลกสำหรับโรคไม่ติดต่อคือการลดความชุกของภาวะความดันโลหิตสูงลงร้อยละ 33 ระหว่างปี ค.ศ. 2010 และ 2030 ความชุกของโรคความดันโลหิตสูงแตกต่างกันไปตามภูมิภาคและกลุ่มรายได้ของประเทศ โดยพบว่า ภูมิภาคแอฟริกา มีความชุกของโรคความดันโลหิตสูงสูงสุดที่ร้อยละ 27 ขณะที่ภูมิภาคอเมริกามีความชุกของโรคความดันโลหิตต่ำสุดที่ร้อยละ 18 (World health organization, 2023) ในประเทศไทยจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (Health data center : HDC) ในปี พ.ศ. 2565-2567 พบอัตราป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มสูงขึ้น ร้อยละ 15.11, 15.67 และ 16.37 ตามลำดับ (จำนวนประชากร 45,308,938, 45,238,933 และ 44,846,065 ตามลำดับ) อัตราป่วยรายใหม่ของโรคความดันโลหิตสูงต่อแสนประชากร ปี พ.ศ. 2565-2567 มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยพบอัตรา 1160.44, 1243.07 และ 1362.15 รายต่อแสนประชากร ตามลำดับ และอัตราการป่วยตายด้วยโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2565-2567 มีแนวโน้มลดลง คือ 2.05, 2.03 และ 1.85 รายต่อแสนประชากร

ความรู้ด้านสุขภาพ (Health literacy) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูแลสุขภาพและการป้องกันโรคของประชากร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง การให้ความรู้และการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยลดความเสี่ยงและผลกระทบของโรคดังกล่าวได้อย่างมีนัยสำคัญ ทีมหมอครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการดำเนินโปรแกรมพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพ เนื่องจากสามารถเข้าถึงและให้คำแนะนำเชิงลึกแก่ผู้ป่วยได้อย่างต่อเนื่อง การปรึกษาเชิงสุขภาพและการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย และการใช้ยาตามคำแนะนำทางการแพทย์ จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและความตระหนักในความสำคัญของการดูแลสุขภาพให้แก่ผู้ป่วย การที่ผู้ป่วยมีความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับโรคความดันโลหิตสูง จะช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลลัพธ์ที่ตามมา คือ ระดับความดันโลหิตที่ลดลงและคงที่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ การมีความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงและการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยในระยะยาว และจากการศึกษาของ ปวีตรา ทองมา (2563) กล่าวว่า การเสริมสร้างความรู้ด้านสุขภาพปัจจุบันมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพบุคคล กลุ่มคนและชุมชน เพื่อให้ประชาชนมีความสามารถในการค้นหาคำตอบ

แหล่งข้อมูลที่เป็นตรวจสอบและทำความเข้าใจข้อมูลที่ได้รับและประพจน์ปฏิบัติจากประโยชน์ของข้อมูลด้านสุขภาพได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยดำเนินการพัฒนาระบบจัดการและเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารสุขภาพ ส่งเสริมการประกอบกิจการที่รับผิดชอบต่อสังคม และขับเคลื่อนนโยบายเสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพผ่านกลไกและกองทุนทั้งระดับประเทศและพื้นที่ เช่น คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพชีวิตระดับอำเภอ (พชอ.) ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพจะไม่เข้าใจเกี่ยวกับอาการและอาการแสดงของตนเอง มีการรับรู้ในความสามารถของตนเอง และความร่วมมือในการรักษาต่ำ

คลินิกหมอครอบครัว หมายถึงระบบบริการที่มีทีมหมอครอบครัว ดูแลประชาชนจำนวน 10,000 คนต่อทีม มีบทบาทในการให้บริการทุกคน บริการทุกอย่าง บริการทุกที่และทุกเวลาด้วยเทคโนโลยี การดูแลประชาชนให้มีสุขภาพดีจำเป็นต้องอาศัยหน่วยบริการปฐมภูมิที่ใช้แนวคิดเวชศาสตร์ครอบครัวเนื่องจากหน่วยบริการปฐมภูมิที่ตั้งอยู่ในชุมชนมีความใกล้ชิดกับประชาชนมากที่สุด อำเภอห้วยฉัตร ได้นำนโยบายทีมหมอครอบครัวมาดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2558 โดยได้มีการจัดตั้งทีมหมอครอบครัวระดับอำเภอ ตำบล และชุมชน เพื่อให้เป็นหน่วยบริการที่ใกล้ชิดประชาชน มีประชากรในความรับผิดชอบที่ชัดเจน มีพื้นที่รับผิดชอบทั้งหมด 7 ตำบล 73 หมู่บ้าน 10 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ (รพ.สต.) มีประชากรในความรับผิดชอบ จำนวน 50,085 คน มีหน่วยบริการปฐมภูมิจำนวน 5 แห่ง หมอครอบครัวที่ปฏิบัติงานประจำที่โรงพยาบาลห้วยฉัตรจำนวน 12 คน หมอครอบครัวที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 46 คน รวมทั้งสิ้น 58 คน ทีมหมอครอบครัวประกอบด้วยบุคลากรสหวิชาชีพที่มีบทบาทหน้าที่ร่วมกันในการดูแลประชาชน ได้แก่ แพทย์เวชศาสตร์ครอบครัว เป็นผู้นำทีม มีบทบาทในการวินิจฉัย รักษา และวางแผนการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม พยาบาลวิชาชีพ ปฏิบัติการพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพ ให้คำปรึกษา และติดตามดูแลผู้ป่วย เภสัชกรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ยาอย่างปลอดภัยและเหมาะสม นักวิชาชีพสาธารณสุขทำหน้าที่ดำเนินกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันโรค และพัฒนาสุขภาพชุมชน นักกายภาพบำบัด นักจิตวิทยา นักโภชนาการให้บริการเฉพาะทางตามความจำเป็นของประชาชน และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เป็นผู้เชื่อมโยงระหว่างชุมชนกับระบบบริการสุขภาพ และสนับสนุนการดำเนินงานของทีมหมอครอบครัวในพื้นที่

อำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง รายงานข้อมูลจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า สถานการณ์ของโรคความดันโลหิตสูงของอำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง เป็นปัญหาสุขภาพมีแนวโน้มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงรายใหม่เพิ่มขึ้นทุกๆ ปีอย่างต่อเนื่อง โดยพบอัตราป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มสูงขึ้นเป็น ร้อยละ 23.08, 23.16 และ 24.54 ตามลำดับ (จำนวนประชากร 40157, 41093, และ 39277 ตามลำดับ) โดยมีอัตราป่วยรายใหม่ปี 2565-2567 เป็น 1225.30, 1343.74 และ 1634.68 ต่อแสนประชากรตามลำดับ และอัตราการป่วยตายด้วยโรคความดันโลหิตสูง ปี พศ. 2565-2567 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ 2.20, 2.23 และ 2.26 รายต่อแสนประชากร ตามลำดับ และจำนวนผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ควบคุมไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คือ ร้อยละ 15.50, 20.25 และ 27.23 ตามลำดับ ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (Health data center : HDC) จากข้อมูลที่ปรากฏชี้ให้เห็นว่า ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงในเขตอำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง มีความชุกและอุบัติการณ์

โรคความดันโลหิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยในระดับประเทศ และอัตราการตายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่สะท้อนปัญหาด้านสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จากการดำเนินการที่ผ่านมา มีการส่งเสริมสุขภาพผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงโดยการให้ความรู้แก่ผู้ป่วย การอบรมแก่อาสาสมัครสาธารณสุข แก่นนำสุขภาพ บุคลากรด้านสาธารณสุขเพื่อการดูแลผู้ป่วยและการติดตามเยี่ยมบ้านเพื่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพและการดูแลตนเองด้านสุขภาพ มีการดำเนินการแบบภาคีเครือข่ายโดยชุมชนมีส่วนร่วมในการสนับสนุนกิจกรรมการส่งเสริมสุขภาพด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมในการออกกำลังกาย แต่ผลลัพธ์ทางสุขภาพยังไม่บรรลุค่าเป้าหมาย โดยเฉพาะในด้านการควบคุมระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และการลดอัตราการป่วยตายจากโรคดังกล่าว อีกทั้งยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้ ยังพบว่าผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงจำนวนมากยังขาดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการจัดการสุขภาพของตนเองอย่างเหมาะสม ซึ่งสะท้อนถึงระดับความรู้ด้านสุขภาพที่ยังไม่เพียงพอ ส่งผลต่อพฤติกรรมสุขภาพและการควบคุมโรคในระยะยาว แม้ว่าจะมีการกล่าวถึงบทบาทของทีมงานครอบครัวในการส่งเสริมสุขภาพและให้คำปรึกษาแก่ผู้ป่วย แต่ยังคงงานวิจัยที่ศึกษาเชิงประจักษ์เกี่ยวกับ ประสิทธิภาพของโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพที่ดำเนินการโดยทีมงานครอบครัว ต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงโดยตรง ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมงานครอบครัวต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพ ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง อำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นการสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพที่มุ่งเน้นการส่งเสริมบทบาทหน้าที่การดำเนินงานของทีมงานครอบครัว ร่วมกับ ภาควิชาเครือข่ายสุขภาพและผู้ป่วยความดันโลหิตสูงเพื่อการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพ จนเกิดความรู้ ความเข้าใจ ความมั่นใจในความสามารถในการดูแลสุขภาพตนเองได้ และตัดสินใจปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในการควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในระดับเป้าหมายและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบระดับความรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมงานครอบครัวในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. เปรียบเทียบระดับพฤติกรรมด้านสุขภาพ ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมงานครอบครัวในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. เปรียบเทียบระดับความดันโลหิตซิสโตลิก ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมงานครอบครัวในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
4. เปรียบเทียบระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมงานครอบครัวในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยระดับความรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยหมอครอบครัว สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. ค่าเฉลี่ยระดับพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยหมอครอบครัว สูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. ค่าเฉลี่ยระดับความดันโลหิตซิสโตลิก ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีความแตกต่างกันในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
4. ค่าเฉลี่ยระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีความแตกต่างกันในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental) แบบสองกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Two group pre-posttest design)

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ คือ ประชากรเป็นผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์และได้รับการรักษาด้วยยาปรับความดันโลหิต อายุ 18-59 ปี จำนวน 354 ราย อยู่ในเขตอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง ระหว่าง วันที่ 30 ตุลาคม 2566 – วันที่ 7 พฤษภาคม 2567

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแบบกึ่งทดลองมาจากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 2 กลุ่มแตกต่างกัน การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรม G*power 3.1.9.2 โดยกำหนดค่าของ Input parameters ดังนี้ ค่า Effect size d เท่ากับ 0.5 ค่า α err probability เท่ากับ 0.05 ค่า Power (1- β error probability) เท่ากับ 0.8 และค่า Allocation ratio N2/N1 เท่ากับ 1 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 51 คนต่อกลุ่ม เพื่อป้องกันการสูญหายระหว่างการทดลองร้อยละ 20 จึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มทดลองเป็น จำนวน 60 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 60 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 120 คน โดยมีเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง คือ 1) เป็นผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้ (ความดันโลหิตซิสโตลิก > 140 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป) 2) ไม่มีข้อจำกัดด้านการสื่อสาร 3) อาศัยอยู่กับครอบครัว ครอบครัวเป็นผู้ดูแลหลักและมาด้วยทุกครั้งขณะเข้าร่วมการวิจัย และยินดีเข้าร่วมการวิจัย สามารถเข้าร่วมกิจกรรมทุกครั้งจนเสร็จสิ้นการทดลอง

เกณฑ์ในการคัดออกกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่แพทย์วินิจฉัยว่าป่วยเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย ศึกษาสถานการณ์ความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพและการจัดการสุขภาพของผู้ป่วยที่มีภาวะความดันโลหิตสูงในบริบทคลินิกหมอครอบครัวดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้แบบสอบถามความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและแบบบันทึกข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ เพศ อาชีพ การศึกษา รายได้ และข้อมูลด้านสุขภาพ ได้แก่ ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง การศึกษาครั้งนี้ใช้การตรวจหาค่าระดับความดันโลหิตซิสโตลิก วิเคราะห์สถานการณ์จากข้อมูล และประชุมชี้แจงคืนข้อมูลให้กับประชากรที่มีโรคความดันโลหิตสูงเพื่อรับทราบสถานการณ์ และตระหนักรับรู้ปัญหาสุขภาพของตนเอง ร่วมกันวางแผนการจัดการสุขภาพกับทีมหมอครอบครัว ดำเนินการในสัปดาห์แรกของการดำเนินการ

ระยะที่ 2 การดำเนินกิจกรรมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย การเสริมสร้างความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ การให้ความรู้ และวิธีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2-8 โดย

กิจกรรมที่ 1 ดำเนินการอบรมให้ความรู้ประชากรกลุ่มทดลอง เรื่องความรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมดูแลสุขภาพที่เหมาะสม เพื่อการควบคุมระดับระดับความดันโลหิต จำนวน 1 ครั้ง ประกอบด้วยความรู้ทั่วไปเรื่อง โรคความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมอง การรับประทานอาหาร การจัดการความเครียด การใช้ยารักษาโรค และวิธีการออกกำลังกาย และการกำหนดเป้าหมายและผลลัพธ์ทางสุขภาพด้วยตนเองและลงบันทึกข้อมูลสุขภาพด้วยตนเอง และให้บุคคลในครอบครัวมีบทบาทในการสนับสนุน ดูแลและคอยกำกับผู้สูงอายุในประเด็นเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร การออกกำลังกายและเพิ่มกิจกรรมทางกาย การใช้ยา การจัดการความเครียดและการดูแลตนเองอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงดูแลตนเองได้ดีขึ้น ครอบครัวมีความอบอุ่น บุคคลที่มีบทบาทในการดูแลผู้ป่วยควรได้รับการอบรมหลักสูตรอาสาสมัครประจำครอบครัวเพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้และสร้างความมั่นใจและได้ทำงานเชื่อมโยงกับ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเชิงวิชาชีพ ทำให้เกิดเครือข่ายในการทำงานร่วมกัน กิจกรรมให้ความรู้ดำเนินการโดยทีมหมอครอบครัว ดำเนินการในสัปดาห์ที่ 2

กิจกรรมที่ 2 การปฏิบัติกิจกรรมการตามโปรแกรมการทดลอง ประกอบด้วย การออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร การจัดการความเครียด การเลือกใช้สื่อสารสนเทศทางด้านสุขภาพ ช่องทางการสื่อสารสุขภาพ แหล่งบริการด้านสุขภาพ ทักษะการตัดสินใจเลือกปฏิบัติกิจกรรมเพื่อควบคุมระดับความดันโลหิตเพื่อการสร้างการรับรู้ ความรู้ความเข้าใจ และการเข้าถึงแหล่งข้อมูลทางสุขภาพที่สำคัญ การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป้าหมายกับผลลัพธ์ทางสุขภาพจากการปฏิบัติกิจกรรม และตัดสินใจในการเลือกหรือปรับปรุงวิธีการจัดการสุขภาพของตนเอง ดำเนินการโดยทีมหมอครอบครัวและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านเป็นผู้ควบคุมและติดตามการดำเนินงานให้เป็นไปตามโปรแกรมการทดลองและลงบันทึกข้อมูลสุขภาพ ดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 - 8

กิจกรรมที่ 3 การพัฒนาศักยภาพอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านให้สามารถเป็นนักจัดการสุขภาพรายกรณีโรคความดันโลหิต ติดตามเยี่ยมบ้านและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการกำกับตนเอง โดยการอบรมให้ความรู้แก่ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านและมีการสร้างกลุ่มแบ่งกันดูแลตามจำนวนหลังคาเรือน (อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน 1 คน/ 5 ครัวเรือน) และหมู่บ้าน คณะกรรมการพัฒนาคุณภาพชีวิตระดับอำเภอ (พชอ.) และเน้นความสำคัญกับประเด็นผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังให้มากขึ้น เช่น ความดันโลหิตสูง และโรคหลอดเลือดสมองในชุมชน ดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2

กิจกรรมที่ 4 การขอความอนุเคราะห์ห้องครัวการบริหารส่วนตำบลและผู้นำชุมชนสนับสนุนร้านค้าร้านอาหารที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์หรืออาหารที่ลดความหวานมัน เค็มสำหรับผู้ที่ไม่สะดวกในการปรุงอาหารทานเองได้มีทางเลือกในการเลือกบริโภคอาหารที่เหมาะสมกับภาวะความดันโลหิตสูง จัดพื้นที่ออกกำลังกายให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโดยมี Trainer อยู่ประจำในศูนย์ออกกำลังกายในชุมชนให้ทันสมัยและได้มาตรฐาน ออกกำลังกายเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับสุขภาพดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2-3

กิจกรรมที่ 5 การติดตามและประเมินผล การแลกเปลี่ยนเรียนรู้และการถอดบทเรียน โดยติดตามการปฏิบัติกิจกรรมตามโปรแกรมการทดลอง ตรวจสอบสุขภาพและบันทึกข้อมูลสุขภาพ ค้นข้อมูลด้านสุขภาพให้กับประชากรผู้สูงอายุเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ทางสุขภาพกับเป้าหมายที่กำหนดไว้และทีมหมอครอบครัวดำเนินการ สัมภาษณ์โดยการสนทนากลุ่ม และสัมภาษณ์แบบเจาะลึก เกี่ยวกับการจัดการสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงและแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับความรู้ด้านสุขภาพในการจัดการสุขภาพผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ถอดบทเรียนความสำเร็จในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่บรรลุเป้าหมาย และดำเนินกิจกรรมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มประชากรสูงอายุ และออกแบบ ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ และเปิดโอกาสให้ผู้ป่วยที่ประสบความสำเร็จในการควบคุมระดับความดันโลหิตสูงเป็นต้นแบบ ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกมีคุณค่าเมื่อได้เล่าประสบการณ์ในการจัดการสุขภาพตนเองให้แก่ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงคนอื่นที่ยังไม่สามารถควบคุมระดับความดันโลหิตสูงได้รับฟัง โดยบุคลากรสาธารณสุขอาจติดตามพฤติกรรมจัดการสุขภาพเป็นระยะๆ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและยั่งยืนของพฤติกรรมดูแลสุขภาพตนเองจนเกิดเป็นวิถีชีวิตปกติของผู้สูงอายุ ดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 -10

กิจกรรมที่ 6 การติดตามและประเมินผล การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และค้นหาบุคคลต้นแบบ ติดตามการปฏิบัติกิจกรรมตามโปรแกรมการทดลอง ตรวจสอบสุขภาพและบันทึกข้อมูลสุขภาพ เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ทางสุขภาพกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ ประเมินความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ และประกวดบุคคลต้นแบบที่มีการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ และการจัดการสุขภาพที่ดี ดำเนินการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 11 - 12

เครื่องมือที่ใช้

แบบสอบถามความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ผู้วิจัยใช้แบบประเมินของกองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (2566) ทั้งฉบับ ลักษณะของเครื่องมือประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา สถานะ

ทางสังคม ตอนที่ 2 ความรอบรู้ด้านสุขภาพ ประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 ทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ องค์ประกอบที่ 2 ด้านการเข้าใจข้อมูลและบริการสุขภาพ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ องค์ประกอบที่ 3 ด้านการตัดสินใจข้อมูลและบริการสุขภาพประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ และองค์ประกอบที่ 4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลและบริการสุขภาพประกอบด้วยคำถามจำนวน 4 ข้อ แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.762 ตอนที่ 3 พฤติกรรมสุขภาพ ตอนที่ 3.1 พฤติกรรมสุขภาพการบริโภคอาหาร การออกกำลังกาย การจัดการความเครียด การสูบบุหรี่ และการดื่มสุรา ประกอบด้วยคำถามการบริโภคอาหาร ประกอบด้วยคำถามจำนวน 6 ข้อ การออกกำลังกาย ประกอบด้วยคำถามจำนวน 2 ข้อ และการจัดการความเครียดประกอบด้วยคำถามจำนวน 2 ข้อ ตอนที่ 3.2 พฤติกรรมการรับประทานยาและมาตรวจตามนัดเพื่อควบคุมและป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากโรคความดันโลหิตสูง ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.616

แบบประเมินระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง โดยใช้แบบประเมินระดับคะแนน ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Thai CV risk score) ของมหาวิทยาลัยมหิดล (2567) การศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องมือเฉพาะกรณีไม่ใช้ผลการตรวจเลือด โดยใช้ตัวแปรในการคำนวณความเสี่ยงโอกาสเกิด CVD ใน 10 ปีข้างหน้า ได้แก่ อายุ เพศ การสูบบุหรี่ การเป็นโรคเบาหวาน ค่าความดันโลหิตตัวบน การวัดรอบเอว และส่วนสูง การแปลผลมีดังนี้ ระดับความเสี่ยงต่ำหมายถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในระยะเวลา 10 ปี มีค่าคะแนน < 10 % ระดับความเสี่ยงปานกลาง มีค่าคะแนน 10 % - <20% ระดับความเสี่ยงสูง มีค่าคะแนน 20 % - <30% ระดับความเสี่ยงสูงมาก มีค่าคะแนน 30 % - <40% และระดับความเสี่ยงสูงอันตราย มีค่าคะแนน > 40% (จุรีพร คงประเสริฐ สุมณี และคณะ, 2558)

แบบบันทึกข้อมูลทั่วไป ได้แก่ อายุ เพศ อาชีพ การศึกษา บทบาท/ตำแหน่ง/สถานะทางสังคมและข้อมูลด้านสุขภาพ ได้แก่ ระดับความดันโลหิต ประวัติโรคประจำตัว เบาหวาน ความดันโลหิตสูง พฤติกรรม การสูบบุหรี่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เส้นรอบเอว ระดับความดันโลหิต

การหาคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่พัฒนาแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์และสาธารณสุข จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบประเมินทั้งชุด ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองและผู้ช่วยนักวิจัย การแต่งตั้งทีมผู้ช่วยนักวิจัยได้รับการประชุมชี้แจงเรื่องวิธีการทดลอง การใช้เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบความแตกต่างค่าคะแนนเฉลี่ยความรอบรู้ด้านสุขภาพ พฤติกรรมด้านสุขภาพ ระดับความดันโลหิต ของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการทดลองใช้ ค่าสถิติ dependent t-test เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ย พฤติกรรมด้านสุขภาพ ความรอบรู้ด้านสุขภาพ ระดับความดันโลหิต ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้สถิติ independent t-test

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ อาสาสมัคร/ กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัย การศึกษาครั้งนี้ ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครลำปาง

คณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก เลขที่รับรอง E 2566-091 วันที่ 25 สิงหาคม 2566 – 25 สิงหาคม 2567 ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม (การวิจัยเชิงปริมาณ) ขออนุญาตผู้ให้ข้อมูลในการบันทึกเสียงการสนทนาและในการเผยแพร่ข้อมูล การดำเนินการวิจัยเริ่มหลังได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

ข้อมูลทั่วไปพบว่ากลุ่มทดลองเป็นเพศชาย จำนวน 12 คน (ร้อยละ 20.00) เพศหญิง จำนวน 48 คน (ร้อยละ 80.00) กลุ่มควบคุมเป็นเพศชายจำนวน 17 คน (ร้อยละ 28.30) เพศหญิง จำนวน 43 คน (ร้อยละ 71.30) เพศของกลุ่มตัวอย่างของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ระดับการศึกษาของกลุ่มทดลอง พบว่า ประถมศึกษา จำนวน 40 คน (ร้อยละ 66.67) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.จำนวน 10 คน (ร้อยละ 16.67) มัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 8 คน (ร้อยละ 13.33) และไม่ได้เรียนหนังสือ จำนวน 2 คน (ร้อยละ 3.33) ตามลำดับ กลุ่มควบคุม พบว่า ประถมศึกษา จำนวน 42 คน (ร้อยละ 70.00) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. จำนวน 10 คน (ร้อยละ 16.67) มัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 7 คน (ร้อยละ 11.67) และไม่ได้เรียนหนังสือ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 1.67) ตามลำดับ กลุ่มทดลองเป็นประชาชนในชุมชน จำนวน 41 คน (ร้อยละ 68.30) และ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 19 คน (ร้อยละ 31.70) และกลุ่มควบคุมเป็นประชาชนในชุมชน จำนวน 38 คน (ร้อยละ 63.30) และ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 13 คน (ร้อยละ 21.70) และผู้ใหญ่บ้าน/กำนัน/กรรมการชุมชนจำนวน 9 คน (ร้อยละ 15.00) ตามลำดับ

2. ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมด้านสุขภาพ ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และ CV Risk Score ของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง

แสดงการเปรียบเทียบค่าแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความรอบรู้ด้านสุขภาพ พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และ CV Risk Score ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าแตกต่างคะแนนเฉลี่ยความรอบรู้ด้านสุขภาพ พฤติกรรมการดูแลสุขภาพ ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก และ CV Risk Score ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		$\bar{d}$	S _d	t	P - value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
1. ความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวม								
ก่อนทดลอง	62.27	6.48	61.37	4.90				
หลังทดลอง	66.35	5.35	62.42	3.49	3.933	0.825	4.765	0.000*b
	t= -4.185		t= -1.527					
	P-value < 0.001*a		P-value <0.132a					
1.1 ทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ								
ก่อนทดลอง	14.97	2.32	14.72	2.44				
หลังทดลอง	16.08	1.73	15.45	1.21	0.633	0.272	2.322	0.022*b
	t= -3.520,		t= -2.189,					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.033*a					
1.2 ด้านการเข้าใจข้อมูลและบริการสุขภาพ								
ก่อนทดลอง	16.07	2.31	15.72	1.43				
หลังทดลอง	16.55	1.49	15.60	1.49	0.950	0.272	3.495	0.001*b
	t= -1.328		t= 0.708,					
	P-value < 0.189a		P-value < 0.482 a					
1.3 ด้านการตัดสินใจข้อมูลและบริการด้านสุขภาพ								
ก่อนทดลอง	14.50	3.09	15.25	1.57				
หลังทดลอง	17.03	2.41	15.40	1.11	1.050	0.359	4.763	0.000*b
	t= -4.759		t= -0.772					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.443a					
1.4 การประยุกต์ใช้ข้อมูลและบริการสุขภาพ								
ก่อนทดลอง	16.73	2.45	15.68	1.32				
หลังทดลอง	17.88	2.24	15.97	1.13	1.916	0.324	5.912	0.000*b
	t= -2.935		t= -1.837,					
	P-value < 0.005*a		P-value < 0.071a					

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		$\bar{x}$	S _d	t	P - value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.				
2. พฤติกรรมสุขภาพโดยรวม								
ก่อนทดลอง	63.17	6.29	65.00	4.13				
หลังทดลอง	68.93	2.85	42.25	16.87	3.933	0.825	4.765	0.000*b
	t= -2.921		t= 9.948,					
	P-value < 0.005*a		P-value < 0.001*a					
2.1 พฤติกรรมการบริโภคอาหาร								
ก่อนทดลอง	23.50	4.68	24.23	3.37				
หลังทดลอง	25.91	2.49	15.25	6.99	10.667	0.958	11.129	0.000*b
	t= -3.668		t= 2.801,					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.007*a					
2.2 พฤติกรรมการออกกำลังกาย								
ก่อนทดลอง	6.72	2.59	6.55	2.18				
หลังทดลอง	9.00	1.07	5.73	1.89	3.267	0.281	11.621	0.000*b
	t= -6.375		t= 10.453,					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.001*a					
2.3 พฤติกรรมการจัดการความเครียด								
ก่อนทดลอง	8.48	2.13	9.35	0.99				
หลังทดลอง	9.37	0.97	4.77	3.34	4.600	0.448	10.252	0.000*b
	t= -3.118		t= 10.309,					
	P-value < 0.003*a		P-value < 0.001*a					
2.4 พฤติกรรมการรับประทานยาและมาตรวจตามนัด								
ก่อนทดลอง	24.47	1.77	24.87	0.47				
หลังทดลอง	24.65	0.76	16.50	6.17	8.150	0.800	10.185	0.000*b
	t= -0.777		t= 10.470,					
	P-value < 0.440a		P-value < 0.001*a					
3. ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก								
ก่อนทดลอง	143.92	7.91	140.88	7.27				
หลังทดลอง	129.28	11.67	136.70	10.11	4.033	1.388	-3.718	0.004*b
	t= 9.334		t= 2.143					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.036*a					
4. ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง								
ก่อนทดลอง	11.06	8.67	9.80	8.25				
หลังทดลอง	5.30	3.64	7.13	4.98	-1.826	0.796	-2.293	0.024*b
	t=6.548,		t=2.844,					
	P-value < 0.001*a		P-value < 0.006*a					

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า 0.05, a = Dependent t-test, b = Independent t-test

ความรอบรู้ด้านสุขภาพ

กลุ่มทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบ ได้แก่ ทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การเข้าใจข้อมูลและบริการสุขภาพ การตัดสินใจข้อมูลและบริการด้านสุขภาพ และการประยุกต์ใช้ข้อมูลและบริการสุขภาพ ของกลุ่มทดลองหลังการเข้าร่วมโปรแกรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบหลังการเข้าร่วมโปรแกรมเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการศึกษเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พฤติกรรมสุขภาพ

กลุ่มทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมโดยรวมและรายองค์ประกอบ ได้แก่ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร พฤติกรรมออกกำลังกาย พฤติกรรมการจัดการความเครียด หลังการเข้าร่วมโปรแกรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นด้านพฤติกรรมมารับประทานยาและมาตรวจตามนัด หลังการเข้าร่วมโปรแกรมเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กลุ่มควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบหลังการเข้าร่วมโปรแกรมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเฉพาะด้านการบริโภคอาหารและการรับประทานยา สรุปผลการศึกษเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก

กลุ่มทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตซิสโตลิกหลังเข้าร่วมโปรแกรมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มควบคุมพบว่าค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตซิสโตลิกหลังการเข้าร่วมโปรแกรมของกลุ่มควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 สรุปผลการศึกษเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง

กลุ่มทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองหลังเข้าร่วมโปรแกรมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองหลังการเข้าร่วมโปรแกรมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของกลุ่มทดลองภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล

โปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวต่อผลลัพธ์ทางสุขภาพในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย 1) การศึกษาสถานการณ์ความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ โดยการวิเคราะห์สถานการณ์ การค้นหาข้อมูลทำให้ผู้ป่วยรับทราบสถานการณ์ เกิดความตระหนัก การรับรู้ปัญหาสุขภาพของตนเอง ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง ความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูงและอุปสรรคของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และ 2) การจัดการสุขภาพของผู้ป่วยที่มีภาวะความดันโลหิตสูงในบริบทคลินิกหมอครอบครัว โดยการร่วมกันวางแผนการจัดการสุขภาพร่วมกับบุคลากรด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัว ประกอบด้วยบุคลากรในหน่วยบริการปฐมภูมิ คือ พยาบาลวิชาชีพ นักวิชาการสาธารณสุข แพทย์เวชศาสตร์ครอบครัว เจ้าหน้าที่สาธารณสุขอื่นๆ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ซึ่งมีบทบาทในการแก้ไขปัญหาสุขภาพ การส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคโดยการควบคุมความดันโลหิตสูง การลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วย การเพิ่มพลังอำนาจในการพึ่งพาตนเองทางสุขภาพ และการรับการสนับสนุนจากครอบครัว ทำให้ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพในการควบคุมความดันโลหิตและป้องกันความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ การให้ความรู้ วิธีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การติดตามและประเมินผล การใช้เทคโนโลยีในการติดตามผลสุขภาพของผู้ป่วย และการได้รับคำปรึกษาอย่างสม่ำเสมอ การรับรู้เกี่ยวกับสุขภาพและการดูแลสุขภาพตัวเองที่เพิ่มขึ้นจากการได้รับข้อมูลและการสนับสนุนจากทีมหมอครอบครัว ช่วยให้ผู้ป่วยมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดีขึ้น และการค้นหาต้นแบบที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวเพื่อขยายผลความสำเร็จ การถอดบทเรียน การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การแบ่งปันความรู้และประสบการณ์จากบุคคลต้นแบบ มีการถ่ายทอดการสื่อสารและการให้คำปรึกษาที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยให้โปรแกรมมีผลลัพธ์ทางสุขภาพที่ดีขึ้นและกลุ่มผู้ป่วยที่เข้าร่วมโปรแกรมสามารถควบคุมระดับความดันโลหิตได้ดีขึ้น และสามารถขยายผลความสำเร็จได้อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับการศึกษาของอลิสรา อยู่เลิศลบ (2566) การรับรู้อุปสรรค แรงสนับสนุนทางสังคมจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขและครอบครัว ความรู้เกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมองสามารถทำนายพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองได้ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่อายุน้อยกว่า 60 ปี ควรมุ่งเน้นการรับรู้อุปสรรค การให้ความรู้ การให้แรงสนับสนุนจากครอบครัวและเจ้าหน้าที่สาธารณสุข สอดคล้องกับการศึกษาของปวีตรา ทองมา (2563) ความรู้ด้านสุขภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยควบคุมระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์เป้าหมายรวมถึงผลลัพธ์ด้านอื่นทางสุขภาพในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โดยเป็นตัวกำหนดแรงจูงใจและความสามารถของบุคคลในการที่จะเข้าถึง เข้าใจ และใช้ข้อมูลต่างๆ เพื่อเป้าหมายในการส่งเสริมและธำรงรักษาสุขภาพของตนให้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ แพรวพรรณ ฐิริปัญญา และคณะ (2560) การประเมินความต้องการจำเป็น การใช้เครื่องมือประเมินโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดโดยการสื่อสารนโยบายการใช้เครื่องมือประเมินโอกาสเสี่ยงฯ และการพัฒนาศักยภาพบุคลากรทุกระดับและทีมสหวิชาชีพที่เกี่ยวข้องให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือประเมินโอกาสเสี่ยง ควรมีการพัฒนาโปรแกรมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมในกลุ่มที่

มีภาวะเสี่ยง และรูปแบบการบริหารจัดการกลุ่มที่มีภาวะเสี่ยงด้านการจัดการฐานข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการคืนข้อมูล

ความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่า ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมค่าเฉลี่ยของคะแนนความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยรวมและรายองค์ประกอบ ได้แก่ ทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การเข้าใจข้อมูลและบริการสุขภาพ การตัดสินใจข้อมูลและบริการด้านสุขภาพ และการประยุกต์ใช้ข้อมูลและบริการสุขภาพ ของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มควบคุม อธิบายได้ว่าการพัฒนาทักษะการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพด้วยกิจกรรมที่หลากหลายช่วยส่งเสริมให้กลุ่มทดลองมีความสามารถในการค้นหาและเข้าถึงข้อมูลสุขภาพและบริการสุขภาพมากขึ้น การให้คำแนะนำ การให้ความรู้ การมอบคู่มือและการสนับสนุนจากทีมหมอครอบครัวช่วยเสริมสร้างทักษะให้กับผู้ป่วย ส่งผลให้สามารถเข้าถึงทรัพยากรที่จำเป็นได้ง่ายขึ้น การให้ข้อมูลอย่างละเอียดและการตอบคำถามที่ชัดเจนจากทีมหมอครอบครัวช่วยเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจช่วยให้ผู้ป่วยสามารถตัดสินใจได้อย่างมีความรู้ การติดตามเพื่อการประเมินปัจจัยเสี่ยงต่างๆและอุปสรรคต่อการป้องกันโรคและให้คำแนะนำช่วยให้ผู้ป่วยสามารถประเมินทางเลือกต่างๆและเลือกวิธีที่เหมาะสมกับสถานการณ์ของตนเอง ซึ่งเป็นผลจากการให้คำปรึกษาที่เน้นการมีส่วนร่วมของบุคลากรด้านสุขภาพโดยเฉพาะพยาบาลวิชาชีพซึ่งเป็นผู้ดูแลปฏิบัติการพยาบาลอย่างใกล้ชิด การให้คำแนะนำ การติดตามประเมินภาวะสุขภาพอย่างต่อเนื่อง และการประสานงานด้านการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยกับภาคีเครือข่ายสุขภาพ การประยุกต์ใช้ข้อมูลและบริการสุขภาพในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยกลุ่มทดลองสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการปรับปรุงพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ยา การออกกำลังกาย และการดูแลสุขภาพตนเอง

สรุปได้ว่าการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีผลทางบวกต่อความรอบรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงในทุกด้านที่ประเมิน การสนับสนุนจากทีมหมอครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างทักษะและความสามารถในการดูแลสุขภาพของผู้ป่วย ทำให้สามารถจัดการกับโรคความดันโลหิตสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับการศึกษาของ เรืองศิริ เจริญพงษ์ (2567) กล่าวว่า เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงของคลินิกหมอครอบครัว ดำเนินการส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้ป่วยมีความรู้ โดยการให้คู่มือการปฏิบัติตัวเพื่อการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมความดันโลหิตได้ การสอนการใช้คู่มือ การมีระบบการติดตามประเมินภาวะเสี่ยง การพัฒนาความเข้มแข็งให้ชุมชนสามารถจัดการเฝ้าระวังและป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในชุมชนทำให้ผู้ป่วยมีความมั่นใจในการดูแลตนเองมากขึ้น เป็นแรงสนับสนุนที่ดีจากเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ สอดคล้องกับการศึกษาของ สมจิตต์ สินธูชัย และคณะ (2564) พบว่า รูปแบบการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมจัดการตนเองของผู้สูงอายุโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีความดันโลหิตสูง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) มั่นใจที่จะเปลี่ยนแปลง 2) เข้าถึงและเข้าใจโรคของเรา 3) สื่อสารและตัดสินใจทางสุขภาพ 4) กำหนดทิศทางปรับเปลี่ยนตนเอง และ 5) ปฏิบัติต่อเนื่องสู่ผลลัพธ์สุขภาพดี พบว่า ภายหลังการทดลอง คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมจัดการตนเองของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .001 ความดัน

โลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .001 สอดคล้องกับการศึกษาของ ซินตา เตชะวิจิตรจารุ (2561) กล่าวว่าความรอบรู้ทางสุขภาพเป็นปัจจัยสำคัญของประชาชนทุกช่วงวัยทั้งใน ภาวะสุขภาพปกติและผิดปกติ ส่งผลต่อพฤติกรรมสุขภาพและผลลัพธ์ทางสุขภาพ หากประชาชนได้รับการ พัฒนาความรอบรู้ทางสุขภาพก็จะมีพฤติกรรม的自我ดูแลตนเองที่ดีขึ้น

พฤติกรรมสุขภาพ การศึกษาแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการพัฒนาความรอบรู้ด้านสุขภาพมีผลอย่าง ชัดเจนต่อพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง พบว่า ค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมสุขภาพโดยรวมและราย องค์ประกอบของกลุ่มทดลองภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมสูงกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและกลุ่มควบคุม อธิบายว่า การดำเนินการโดยทีมหมอครอบครัวเกี่ยวกับการให้คำแนะนำเรื่องโภชนาการ การให้ความรู้ เกี่ยวกับประโยชน์ของการออกกำลังกายและการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการเคลื่อนไหว การออกกำลังกายการ ติดตามอย่างต่อเนื่องช่วยให้มีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง การฝึกสติและเทคนิคการผ่อนคลายที่ได้รับช่วยให้ สามารถรับมือกับความเครียดในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น และการให้ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของการ รับประทานยาและการมาตรวจตามนัดอย่างสม่ำเสมอจากทีมหมอครอบครัว ส่งผลเพื่อการเสริมสร้างความ รับผิดชอบในการดูแลตนเองของผู้ป่วย กิจกรรมดังกล่าวเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ป่วยกลุ่มทดลอง โดยความเชื่อมั่นจะมีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติตนเพื่อควบคุมโรค เมื่อบุคคลมีการรับรู้โอกาส เสี่ยงต่อการเกิดโรค และรับรู้ความรุนแรงของโรคที่จะส่งผลกระทบต่อร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจ จะ เกิดแรงผลักดันให้ปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อป้องกันหรือลดความรุนแรงไม่ให้ตนเองเกิดโรค และปฏิบัติพฤติกรรมได้ มากขึ้นเมื่อเกิดการรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรมป้องกันโรคมกกว่าผลเสีย หรือมีการรับรู้อุปสรรคของ พฤติกรรมป้องกันโรคที่ก่อให้เกิดความไม่สบาย การสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาจะทำให้เกิดพฤติกรรม การป้องกันโรคหากได้รับสิ่งกระตุ้นจำเป็น กระบวนการตัดสินใจหรือสิ่งชักนำให้เกิดการปฏิบัติเป็นสิ่งที่กระตุ้น หรือเป็นแรงจูงใจให้เกิดการแสดงพฤติกรรมป้องกันโรค กลุ่มทดลองเลือกที่จะไปพบแพทย์หรือเจ้าหน้าที่ สาธารณสุขทันทีเมื่อเกิดการเจ็บป่วยแล้วอาการไม่ดีขึ้น การหมั่นสังเกตความผิดปกติของร่างกายและอารมณ์ เพื่อเฝ้าระวังความเจ็บป่วยที่อาจเกิดขึ้นได้และสามารถนำความรู้ด้านสุขภาพไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพของ ตนเองให้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ นรเศรษฐ น้อยทัน (2567) กล่าวว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพมี ความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การ ตัดสินใจเลือกปฏิบัติมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับ อรุมา พลหา และ อมรศักดิ์ โพธิ์อำ (2567) กล่าวว่าด้านการตัดสินใจ ปฏิบัติที่ถูกต้องมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมสุขภาพประชาชนกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} = 0.043$) และสอดคล้องกับ จุลลดา เหมโส (2567) กล่าวว่าความรอบรู้ด้าน สุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรม自我ดูแลตนเองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} < 0.001$)

ระดับความดันโลหิตซิสโตลิก ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลอง ภายหลังการเข้าร่วมโปรแกรมต่ำกว่าก่อนการทดลองและต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อธิบายได้ว่า การให้ข้อมูลและ

คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจงต่อผู้ป่วยในระดับปัจเจกบุคคลช่วยให้ผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามแนวทางการดูแลตนเองได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการแนะนำวิธีการลดความดันโลหิตโดยทีมหมอครอบครัว เช่น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหารและยา การจัดการความเครียด การออกกำลังกายที่เหมาะสม และพฤติกรรมมารตรวจตามนัดอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ป่วยมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพ การติดตามและประเมินผลการดูแลผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องช่วยโดยทีมหมอครอบครัวร่วมกับอสม.ที่ผ่านการฝึกอบรมให้สามารถเป็นนักจัดการสุขภาพรายกรณีโรคความดันโลหิต สามารถติดตามเยี่ยมบ้านและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการกำกับตนเองช่วยให้การปรับเปลี่ยนแผนการดูแลให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้ดีขึ้น การได้รับคำแนะนำและการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง สม่่าเสมอ ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจในการดูแลตนเองและลดความกังวลเกี่ยวกับโรค และการมีส่วนร่วมของครอบครัวในการดูแลสุขภาพจะช่วยสร้างแรงจูงใจและสนับสนุนในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การสร้างเครือข่ายสนับสนุนจากชุมชนโดยองค์การบริหารส่วนตำบล และผู้นำชุมชนเป็นปัจจัยกระตุ้นทางบวก และจากการสนับสนุนที่เพียงพอจะทำให้เกิดความรอบรู้ทางสุขภาพดีเพียงพอที่จะสามารถจัดการสุขภาพตนเอง เกิดการพึ่งพาตนเองทางสุขภาพและลดความดันโลหิตได้ ซึ่งทั้งหมดนี้มีส่วนช่วยลดระดับความดันโลหิตซิสโตลิกได้ สรุปการเข้าร่วมโปรแกรมพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีผลต่ออย่างชัดเจนต่อการลดระดับความดันโลหิตซิสโตลิกในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง สอดคล้องกับการศึกษาของ อัจฉรวาดี ศรียะศักดิ์ และคณะ (2564) กล่าวว่าบุคลากรด้านสาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในคลินิกหมอครอบครัวเห็นบทบาทที่บุคคลในครอบครัวผู้ป่วย และอาสาสมัครสาธารณสุขในพื้นที่ร่วมมือกันในการช่วยเหลือสนับสนุนการจัดการตนเองในทุกขั้นตอนที่สอดคล้องกับบริบทสังคมชนบท โดยครอบครัวมีส่วนสำคัญทำให้ผู้ป่วยและครอบครัวมีความเชื่อมั่นในการจัดการสุขภาพกับภาวะโรคเรื้อรังด้วยตนเอง การมีความรอบรู้ด้านสุขภาพสูงส่งผลให้ลดความดันโลหิตได้ดีกว่าการดูแลแบบปกติ พบว่าค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ค่าเฉลี่ยคะแนนการจัดการสุขภาพและค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ด้านสุขภาพของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิก การจัดการสุขภาพและความรอบรู้ด้านสุขภาพของกลุ่มทดลองภายหลังได้รับโปรแกรมพบว่าดีกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สองคล้องกับ เรียมใจ พลเวียง และ มิ่งขวัญ ภูหงส์ทอง (2565) กล่าวว่าผลลัพธ์การพัฒนารูปแบบการควบคุมระดับความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน คือ 1) มีรูปแบบการควบคุมโรคความดันโลหิตสูงในชุมชนส่งเสริมหลักการควบคุมความดันโลหิตตามแนวทางเวชศาสตร์ป้องกัน เวชศาสตร์วิถีชีวิต เวชศาสตร์ครอบครัว และการมีส่วนร่วมของชุมชน 2) เกิดภาคีเครือข่าย คณะกรรมการควบคุมโรคความดันโลหิตสูงระดับอำเภอเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย 3) ผู้ป่วยได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะในการดูแลตนเองโรคความดันโลหิตสูง การได้รับบริการสุขภาพจากบุคลากรทางการแพทย์ที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของผู้ป่วย พบว่า ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการพัฒนารูปแบบ ค่าความดันโลหิตซิสโตลิก ระดับความเครียดปานกลาง และระดับความเครียดสูง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระดับค่าคะแนนเฉลี่ย ความรู้ พฤติกรรมการป้องกันความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง ผลการศึกษาโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพมีผลอย่างมีนัยสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง อธิบายได้ว่าการให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองจากทีมหมอกรอบครัว ทำให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามแนวทางการดูแลตนเองได้ดีขึ้น การให้ผู้ป่วยกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระบวนการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองรวมกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพอย่างต่อเนื่อง การติดตามผลและการประเมินสถานะสุขภาพของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้สามารถปรับแผนการดูแลตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคลได้ ทำให้การจัดการโรคและการป้องกันมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการได้รับการสนับสนุนจากครอบครัวและทีมหมอกรอบครัวช่วยให้ผู้ป่วยมีแรงจูงใจและความมั่นใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ การมีเครือข่ายสนับสนุนที่ดีทำให้ผู้ป่วยสามารถรับมือกับความท้าทายในการดูแลสุขภาพได้ดียิ่งขึ้น สรุปโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอกรอบครัวมีผลในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ การให้ความรู้ที่เหมาะสม การติดตามและการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการสนับสนุนจากครอบครัว ล้วนมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีและลดความเสี่ยงของโรคได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ฉัตรชัย สมานมิตร และคณะ (2563) กล่าวว่า รูปแบบประกอบด้วยกระบวนการหลัก ดังนี้ 1) การเตรียมความพร้อมและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้บริหารทีมสุขภาพและภาคีเครือข่ายในหน่วยบริการปฐมภูมิ ได้แก่ วิเคราะห์ความต้องการในการพัฒนาการดำเนินงานการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในชุมชน เสริมสร้างทัศนคติที่ดีในการดูแลผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงในชุมชน พัฒนาศักยภาพทีมสุขภาพและภาคีเครือข่ายในหน่วยบริการปฐมภูมิ 2) เสริมสร้างความรู้ทางสุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง โดยประเมินปัญหาและความต้องการของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูง พัฒนาความรู้และทักษะโดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น ได้แก่ การฝึกความสามารถเชิงกระบวนการคิด การสื่อสารความรู้ทั่วไปและการพัฒนาความรู้ทางสุขภาพเฉพาะโรค 3) ส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงอย่างต่อเนื่อง 4) เยี่ยมบ้านติดตามผลอย่างต่อเนื่อง และ 5) ให้คำปรึกษาและประเมินผลเพื่อปรับปรุงพัฒนาระดับจังหวัด อำเภอและตำบล ผลการศึกษา พบว่า ความรู้ทางสุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมอง พฤติกรรมสุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองและการรับรู้ภาวะเสี่ยง การรู้จักอาการเตือนโรคและการประเมินภาวะเสี่ยงเบื้องต้นต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง ของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ สุจินดา คงเนียม (2567) กล่าวว่ากิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการในการพัฒนาศักยภาพเชิงกระบวนการคิด พัฒนาการสื่อสารความรู้ทั่วไป พัฒนาความรู้เฉพาะโรค และการติดตามการปฏิบัติตัวโดยอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน การมอบคู่มือความรู้ด้านสุขภาพสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดสมอง ผลการศึกษพบว่าหลังเข้าร่วมโปรแกรมกลุ่มทดลองมีความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมดูแลตนเองดีกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองน้อยกว่าก่อนเข้าร่วมโปรแกรมและน้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวมีผลในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงอย่างมีนัยสำคัญ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ การให้ความรู้ที่เหมาะสม การติดตามและการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการสนับสนุนจากครอบครัว ล้วนมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพที่ดีและลดความเสี่ยงของโรคในระยะยาว ข้อเสนอแนะ สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินความยั่งยืนของผลลัพธ์ทางสุขภาพ การนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นๆ และการศึกษาเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดในการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง

งานวิจัยนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับประสิทธิผลของโปรแกรมการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยทีมหมอครอบครัวโดยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพสามารถเพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการดูแลสุขภาพตนเอง การพึ่งตนเองทางสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงได้อย่างมีนัยสำคัญ โปรแกรมที่ดำเนินการโดยทีมหมอครอบครัวอันประกอบด้วยทีมสหสาขาวิชาชีพ ภาคเครือข่ายสุขภาพและชุมชน โดยเฉพาะพยาบาลวิชาชีพมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการดำเนินงานของทีมหมอครอบครัวมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยในด้านการบริโภคอาหาร การออกกำลังกาย การจัดการความเครียด และการใช้ยาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ระดับความดันโลหิตลดลง และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดสมองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพโดยใช้ทีมหมอครอบครัวเป็นกลไกหลักในการดำเนินงานในระดับพื้นที่ ร่วมกับการบูรณาการความร่วมมือกับภาคีเครือข่ายในชุมชนเพื่อขยายผลการดำเนินงาน การสนับสนุนงบประมาณและทรัพยากรสำหรับการพัฒนาศักยภาพบุคลากรและการพัฒนาเครื่องมือในการส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพอย่างต่อเนื่อง

ผลที่เกิดขึ้นต่อสังคม ชุมชน และท้องถิ่น ได้แก่

ระดับบุคคล ส่งผลให้ผู้ป่วยมีความรู้และทักษะในการดูแลสุขภาพตนเองดีขึ้น สามารถควบคุมโรคได้ดีขึ้น ลดภาวะแทรกซ้อนและการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร และสามารถพึ่งพาตนเองทางสุขภาพได้

ระดับครอบครัวและชุมชน ส่งเสริมให้ครอบครัวและชุมชนมีส่วนร่วมในการดูแลสุขภาพมากขึ้น เกิดการเรียนรู้ร่วมกันและสร้างเครือข่ายสนับสนุนที่เข้มแข็ง

ระดับระบบบริการสุขภาพ ส่งผลให้ทีมหมอครอบครัวมีบทบาทชัดเจนในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรค ทำให้ระบบบริการสุขภาพปฐมภูมิมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ท้องถิ่น ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพจากโรคเรื้อรัง และส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการ. (2566). แบบสอบถามความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง. <https://hia.anamai.moph.go.th/th/hl-form>
- จรีพร คงประเสริฐ, สุนัน วัชรสินธุ์ และ ณัฐฉิรธรณ พันธ์มุง. (2558). การประเมินโอกาสเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดในผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จุลลดา เหมโส. (2567). ความรอบรู้ด้านสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้ อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อมและสุขภาพชุมชน*, 9(1), 114-152. <https://he03.tci-thaijo.org/index.php/ech/article/view/2031>
- ฉัตรชัย สมานมิตร, อุไรรัชต์ บุญแท้ และ นงนภัทร รุ่งเนย. (2563). รูปแบบการพัฒนาความฉลาดทางสุขภาพในการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงสูงในหน่วยบริการปฐมภูมิ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารแพทย์เขต 4-5*, 39(3), 344-363. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/reg45/article/view/246184>
- ชินตา เตชะวิจิตรจารุ. (2561). ความรอบรู้ทางสุขภาพ : ภูมูจสำคัญสู่พฤติกรรมสุขภาพและผลลัพธ์สุขภาพที่ดี. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 19(1), 1-11. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JRTAN/article/view/130366>
- นรรธศ น้อยทัน. (2567). ความรอบรู้ด้านสุขภาพที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุดรธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอินทร์*, 5(3), 52-64. <https://he03.tci-thaijo.org/index.php/scintc/article/view/3321>
- ปวีตรา ทองมา. (2563). ความรอบรู้ด้านสุขภาพและผลลัพธ์ทางสุขภาพในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง. *วารสารพยาบาลสภากาชาดไทย*, 13(1), 50-62. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/trcnj/article/view/243809>
- แพรรณ ภูริบัญชา, บุญทนต์ พรหมภักดี และ สุปรียา จรทะผา. (2560). การประเมินความต้องการจำเป็นเพื่อพัฒนาบริการประเมินโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ในกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง. *วารสารควบคุมโรค*, 43(3), 244-254. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/DCJ/article/view/150179>
- มหาวิทยาลัยมหิดล. (2567). *Thai CV risk score: Mahidol University*. https://www.rama.mahidol.ac.th/cardio_vascular_risk/thai_cv_risk_score/
- ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2567). *ความชุกของโรคความดันโลหิตสูง*. <https://hdc.moph.go.th/center>

- เรียมใจ พลเวียง และ มิ่งขวัญ ภูหงส์ทอง. (2565). การพัฒนารูปแบบการควบคุมระดับความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อำเภอเปือยน้อย จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 31(Supplement 1), 26-35.
<https://thaidj.org/index.php/JHS/article/view/12391>
- เรืองศิริ เจริญพงษ์. (2567). การพัฒนาแนวทางการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองในผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ควบคุมระดับความดันโลหิตไม่ได้ในคลินิกหมอครอบครัวท่าวังหิน โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ อุบลราชธานี. *วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษาการแพทย์และสุขภาพ*, 9(3), 277-290. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/hej/article/view/277465>
- สมจิตต์ สินธูชัย, นุสราน นามเดช, ประไพ กิตติบุญฉวี, สุดา เดชพิทักษ์ศิริกุล, จีราภรณ์ ชื่นฉ่ำ, กันยารัตน์ อุบล วรรณ และ ปัญญาวัชร ปรากฏผล. (2564). *คู่มือการพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพของผู้สูงอายุโรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง สำหรับบุคลากรสุขภาพ*.
<https://kb.hsri.or.th/dspace/handle/11228/5385>
- สุจินดา คงเนียม. (2567). *ประสิทธิผลของโปรแกรมพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดอำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง*. (วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช).
- อรอุมา พลชา และ อมรศักดิ์ โพธิ์อ่ำ. (2567). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านสุขภาพกับพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนกลุ่มเสี่ยงโรคความดันโลหิตสูง ในเขตพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลหนองกะท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์ทเทิร์น*, 5(2), 196-207. <https://he03.tci-thaijo.org/index.php/scintc/article/view/2782>
- อลิสรา อยู่เลิศลบ. (2566). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่อายุน้อยกว่า 60 ปี ในพื้นที่จังหวัดตาก*. (วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- อัจฉรวาทิ ศรียะศักดิ์, อติญาณ ศรีเกษตริน, จินตนา ทองเพชร, วารุณี เกตุอินทร์, ณิชพร อุทัยธรรม, สุปราณี หมู่คุ้ม และ ทิพวัลย์ มีทรัพย์. (2564). การพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพเพื่อจัดการสุขภาพผู้สูงอายุที่มีภาวะเบาหวานและความดันโลหิตสูงในบริบทคลินิกหมอครอบครัว: กรณีศึกษาในจังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 15(2), 155-173.
<https://kb.hsri.or.th/dspace/handle/11228/5371>
- World Health Organization. (2023). *Hypertension: Key facts*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่าน เมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่

Development of 3D Metaverse-Based Learning Media on Computer Components to Improve Learning Achievement of Vocational Students

ปณิดา ถาหล้า และ ปิยะพัฒน์ ผ่องวิลัย

Panida Tala and Piyaphat Phongwilai

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University

พิมพ์ชนก สุวรรณศรี*

Pimchanok Suwannasri*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

E-mail : 65121809@g.cmru.ac.th, 65121838@g.cmru.ac.th and pimchanok_tham@cmru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 5 February 2025, Revised: 30 July 2025, Accepted: 7 August 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1061>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อ่อนเรียนและหลังเรียน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานสื่อดังกล่าว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อ่อนเรียนและหลังเรียน 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่1 สาขา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัย พบว่า 1) การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด

6 บท คือ บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การใช้งานและติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ และฮาร์ดแวร์ ผู้เรียนสามารถเลือกเข้าถึงเนื้อหาได้ผ่านปุ่มควบคุม สามารถใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โน้ตบุ๊ก ไอแพด และแท็บเล็ต 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนและหลังเรียนพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3) ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังจากใช้งานสื่อพบว่า มีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 จัดอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: สื่อเมตาเวิร์ส คอมพิวเตอร์ องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์

Abstract

This research aimed to: 1) develop a 3D learning medium through the metaverse on the topic of computer components to enhance the learning achievement of vocational certificate students in Business Computer at Chiang Mai Vocational College; 2) compare students' learning achievement before and after using the medium; and 3) study students' satisfaction with the learning experience. The research instruments included: a 3D learning medium designed for the metaverse environment, a pre-test and post-test to assess learning achievement, and a satisfaction questionnaire. The sample group consisted of 20 first-year vocational certificate students majoring in Business Computer at Chiang Mai Vocational College, selected through purposive sampling. The developed learning medium consisted of six lessons: 1) roles and benefits of computers, 2) computer components, 3) information and communication technology, 4) internet use and communication, 5) computer system components, and 6) hardware. The medium allowed learners to interact with the content via control buttons and was accessible on desktop computers, laptops, iPads, and tablets. The results showed that: 1) the developed 3D learning medium could be effectively integrated into the learning process; 2) students' learning achievement after using the medium was significantly higher than before at the 0.01 level of significance; and 3) the students reported a high level of satisfaction with the learning medium, with an average score of 4.67 and a standard deviation of 0.50, indicating a very high level of satisfaction.

Keywords: Metaverse media, Computer, Components of computer

บทนำ

ในยุคของการเปลี่ยนผ่านสู่สังคมดิจิทัล เทคโนโลยีทางการศึกษาได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual reality: VR) และความเป็นจริงเสริม (Augmented reality: AR) มาประยุกต์ใช้ในระบบเมตาเวิร์ส (Metaverse) เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สมจริงและมีปฏิสัมพันธ์ การเรียนรู้ผ่านสื่อ 3 มิติในเมตาเวิร์สช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น (กรกช ชันบุญ, 2565; ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2565)

ทั้งนี้เนื้อหาเกี่ยวกับ “องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์” เป็นหัวข้อพื้นฐานที่สำคัญในรายวิชาคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องเข้าใจหน้าที่ของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยความจำ (RAM) อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Storage) และองค์ประกอบอื่นๆ อย่างชัดเจน เพื่อสามารถประยุกต์ใช้งานในสาขาวิชาชีพได้จริง อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมา พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อนี้อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน อันเนื่องมาจากการเรียนการสอนแบบบรรยายที่ขาดสื่อเสริมที่เหมาะสมและไม่สามารถสื่อสารภาพรวมของระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม (สุรพล บุญลือ, 2565) จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่าการเรียนรู้ผ่านเมตาเวิร์ส สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ เช่น งานวิจัยของ วไลพร เมฆไตรรัตน์ และ สุชานาฏ ไชยวรรณะ (2563) แสดงให้เห็นว่าสื่อ 3 มิติที่ผู้เรียนสามารถหมุน ชม และแยกชิ้นส่วนของฮาร์ดแวร์ได้ ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในระบบคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังช่วยลดความเบื่อหน่ายจากการเรียนแบบเดิม โดยผสมผสานความสนุกสนานคล้ายการเล่นเกม เช่น การจำลองให้ผู้เรียนประกอบคอมพิวเตอร์หรือแก้ปัญหาเฉพาะหน้า (ธนศ มนต์น้อย และคณะ, 2565) ขณะเดียวกันงานวิจัยของ ญัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม และคณะ (2567) ยังแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกผ่านบทเรียนในจักรวาลเสมือน (Metaverse) ช่วยเพิ่มความพึงพอใจในการเรียนรู้ได้ในระดับมาก แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่นำระบบเมตาเวิร์สมาศึกษาในหัวข้อ “องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์” โดยตรงในระดับ ปวช. ซึ่งเป็นระดับที่มีความจำเป็นต้องวางรากฐานความเข้าใจทางเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างชัดเจน การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านระบบเมตาเวิร์สสำหรับหัวข้อ “องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์” จึงเป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีและการเรียนรู้ที่สร้างสรรค์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้และสร้างความเข้าใจผ่านสื่อที่ทันสมัยและน่าสนใจ การใช้สื่อการเรียนการสอนเมตาเวิร์ส (Metaverse) จักรวาลเสมือน ในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนสามารถใช้จักรวาลเสมือนในการศึกษาเรียนรู้ค้นคว้าด้วยตัวเองและนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2565) โดยห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลเสมือนใช้สภาพแวดล้อมออนไลน์ในอินเทอร์เน็ตนำเอานักเรียนและครูมาพบกันทำการเรียนการสอนและสื่อสารกันได้ในรูปแบบเสมือนจริง ทำให้นักเรียนกล้าถามกล้าตอบมากยิ่งขึ้น การนำมาปรับใช้กับการศึกษาก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ สามารถเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเองได้มากขึ้นจากความหลากหลายของเนื้อหา ในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (ยุภาวดี พรหมเสถียร และธีรชัย เนตรนอมศักดิ์, 2564) ในการนำห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลเสมือนไปใช้ในชั้นเรียนจำเป็นต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้

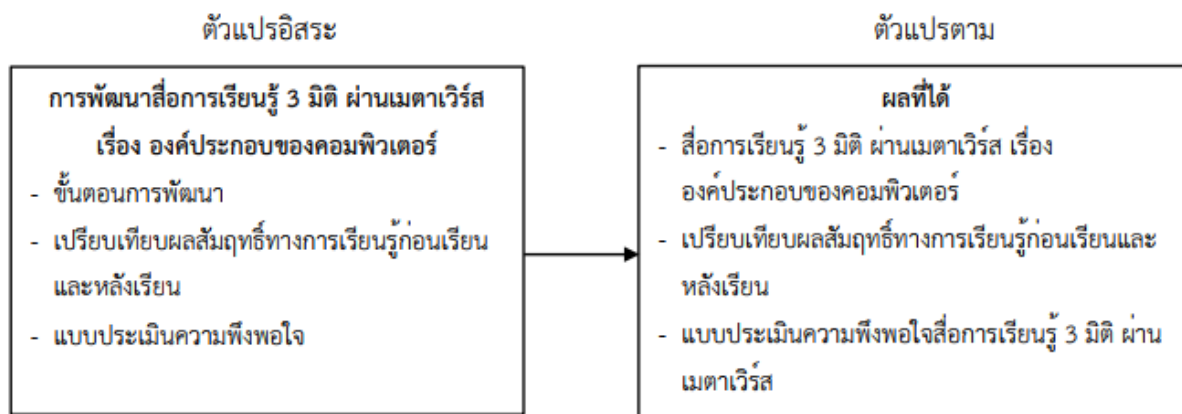
ที่เอื้ออำนวย เป็นรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพราะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและการคิดแก้ปัญหาได้ ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม และคณะ (2567) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลนฤมิตร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยี เรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบสร้างสื่อในรูปแบบของ Metaverse spatial หรือแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง “องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์” เป็นสื่อการสอนที่ใช้เทคโนโลยี AR หรือ Augmented reality โดยการนำเทคโนโลยีมาผสานโลกแห่งความจริงและวัตถุต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นภาพ 3 มิติ และใช้เทคนิค VR (Virtual reality) การจำลองภาพให้เสมือนจริงแบบ 360 องศา ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนรู้ ผู้จัดทำคิดว่า สื่อ Metaverse spatial 3 มิติ เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เป็นสื่อเสริมสำหรับนักเรียนและผู้สนใจ ในรายวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น สื่อที่พัฒนา ออกแบบสื่อโดยคำนึงถึงหลักการด้านการเรียนรู้และจิตวิทยาการศึกษา สามารถช่วยกระตุ้นผู้เรียนอย่างหลากหลาย ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ดังที่ใจทิพย์ ณ สงขลา (2565) กล่าวว่า เมตาเวิร์สช่วยให้สิ่งที่เป็นนามธรรม จับต้องและเข้าใจยาก กลายมาเป็นภาพเสมือนจริงที่สัมผัสและจับต้องได้ การเรียนรู้เรื่องราวต่างๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ก็จะเข้าใจได้ง่ายขึ้น และเกิดความคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ ได้เร็วขึ้น ผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะใช้บทเรียนออนไลน์รูปแบบของ Metaverse spatial หรือแบบจำลอง 3 มิติ เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ ผ่านการจัดการเรียนรู้เชิงรุก Active learning มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อีก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อดังกล่าว
3. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

(ที่มา : ผู้วิจัย, 2568)

ระเบียบวิธีวิจัย

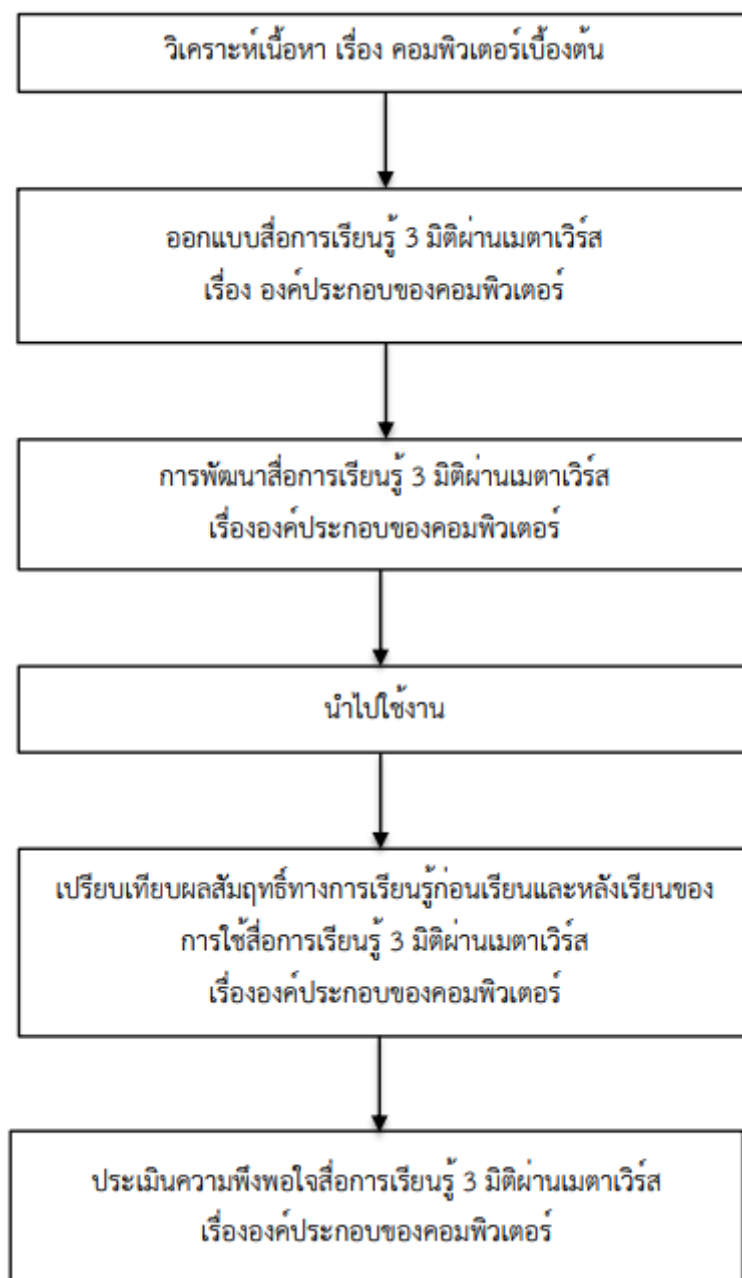
ขอบเขตการวิจัย

สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ มีการนำเสนอเนื้อหา ทั้งหมด 6 บทเรียน ดังนี้ (บทที่ 1 เรื่อง บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ บทที่ 2 เรื่อง ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ บทที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร บทที่ 4 เรื่อง การใช้ งานและติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต บทที่ 5 เรื่อง องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ บทที่ 6 เรื่อง ฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วย สื่อนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบข้อความ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน และเกมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถใช้งานหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) โน้ตบุค (Notebook) มือถือ (Mobile phone) ไอแพด (Ipad) และแท็บเล็ต (Tablet) ทั้งในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และไอโอเอส (iOS) โดยไม่ต้องใช้แว่น VR (Virtual reality) ในการศึกษา ซึ่งทุกระบบสามารถใช้งานโดยมีประสิทธิภาพของสื่อ Metaverse spatial 3 มิติ เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ไม่แตกต่างกัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่1 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่1 สาขา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 คน วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

(ที่มา : ผู้วิจัย, 2568)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนจำนวน 10 ข้อ

3. แบบประเมินคุณภาพสื่อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ต (ละเอียด ศิลาโนย และกันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ, 2562) มีรายการประเมิน 3 ด้าน จำนวน 10 ข้อ คือ ด้านการนำเสนอเนื้อหา ด้านการนำเสนอเกมและแบบฝึกหัด และด้านการใช้งานระบบ ซึ่งแบบประเมินผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรง (IOC)

4. แบบประเมินความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของ บุญชม ศรีสะอาด (2560) มีรายการประเมิน 4 ด้าน จำนวน 12 ข้อ คือ ด้านเนื้อหา ด้านภาษา ด้านภาพประกอบสื่อ และด้านเวลา ซึ่งแบบประเมินผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรง (IOC)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ Paired Sample T-test ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีการแปลความหมายของแบบประเมินโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

5.00 – 4.50 หมายถึง มากที่สุด

4.50 – 3.50 หมายถึง มาก

3.49 – 2.50 หมายถึง ปานกลาง

2.49 – 1.50 หมายถึง น้อย

1.49 – 1.00 หมายถึง น้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้กระบวนการ ADDIE model (พิตรี โตะกิจจิ และคณะ, 2561) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ วิเคราะห์เนื้อหาในการออกแบบสื่อการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหาพื้นฐานเกี่ยวกับวิชาคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะเรื่อง "องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์" จากเอกสาร หนังสือเรียน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดสาระสำคัญและลำดับเนื้อหาที่เหมาะสมกับผู้เรียน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยวิเคราะห์รายละเอียดของรายวิชา “องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์” เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์รายวิชาและผลลัพธ์การเรียนรู้ตามหลักสูตร ผู้วิจัยได้สำรวจสภาพปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน ความพร้อมของสถานศึกษาในการใช้เทคโนโลยีเมตาเวิร์ส ตลอดจนประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์สให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน โดยคำนึงถึงทั้งเนื้อหา ความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยี และประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน

2. การออกแบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบเนื้อหาสำหรับสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ กระบวนการออกแบบเริ่มต้นด้วยการสร้างสตอรี่บอร์ดเพื่อกำหนดโครงสร้างและลำดับเนื้อหา จากนั้นจึงออกแบบบทเรียนทั้งหมด 6 บท ได้แก่

- 2.1 บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์
- 2.2 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์
- 2.3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- 2.4 การใช้งานอินเทอร์เน็ต
- 2.5 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์
- 2.6 ฮาร์ดแวร์

สื่อได้รับการออกแบบให้อยู่ในรูปแบบ 3 มิติ ประกอบด้วยเสียงบรรยาย กิจกรรมโต้ตอบ โมเดลจำลอง และแบบฝึกหัดเพื่อทบทวนความรู้ โดยใช้โปรแกรม Blender สำหรับสร้างโมเดล 3 มิติ ใช้ Canva สำหรับออกแบบกราฟิกประกอบ และนำเสนอผ่านแพลตฟอร์ม Spatial.io ซึ่งรองรับการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมเมตาเวิร์สแบบเสมือนจริง

3. การพัฒนา สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ตามที่ออกแบบไว้ โดยพัฒนาด้วยโปรแกรม Spatial ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มหนึ่งที่สามารถใช้งานได้ง่าย เป็นเทคโนโลยีที่จำลองโลกเสมือนจริงเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสื่อสาร ทำกิจกรรมและมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันได้อย่างไร้ขอบเขต ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อกันผ่านคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือ สมาร์ทโฟน (กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย, 2565)

4. การนำไปใช้ ก่อนการนำสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ไปใช้จริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของสื่อโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านทำการประเมิน พบว่า คุณภาพของสื่ออยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.09 แสดงว่าสื่อมีความเหมาะสมและพร้อมสำหรับการนำไปใช้ในการเรียนการสอน จากนั้นจึงนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ปีที่ 1 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนและหลังการเรียนด้วยสื่อดังกล่าว รวมทั้งเพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้อุปกรณ์การเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์สในการเรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์

5. การประเมินผล การวัดผลประกอบด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์โดยใช้ t-test แบบ Dependent แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านภาษา ด้านภาพประกอบ และด้านเวลา โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการประเมินคุณภาพสื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ ดำเนินการโดยใช้แบบประเมินจำนวน 12 รายการ ครอบคลุมด้านเนื้อหา ความถูกต้องทางวิชาการ

ความเหมาะสมของเทคโนโลยี และความน่าสนใจของรูปแบบสื่อ โดยสรุปผลการประเมินเป็นระดับคุณภาพตามเกณฑ์ 5 ระดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนโดยการทดสอบค่าที (T-test) และการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจในการเรียนรู้โดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลความหมาย

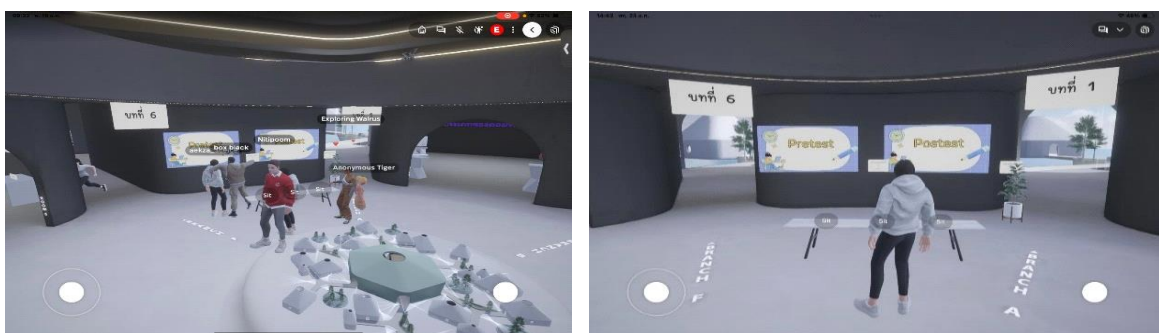
ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม Spatial สามารถจำลองเนื้อหาในรูปแบบโลกเสมือนจริง (Metaverse) ได้อย่างครบถ้วน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทเรียน ได้แก่

- บทที่ 1 บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์
- บทที่ 2 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์
- บทที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- บทที่ 4 การใช้งานและติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต
- บทที่ 5 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์
- บทที่ 6 ฮาร์ดแวร์

ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาได้ตามความต้องการและความเหมาะสมของตนเอง รวมทั้งสามารถโต้ตอบกับโมเดล 3 มิติ เช่น การหมุน การแยกชิ้นส่วน และทำแบบฝึกหัดทบทวนได้ผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก ไอแพด และแท็บเล็ตในระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ดังภาพที่ 3 -4



ภาพที่ 3 แสดงสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์
(ที่มา : ผู้วิจัย, 2568)

ผลจากการทดลองใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลจากการทดลองใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ดังนี้



ภาพที่ 4 การทดลองใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส
(ที่มา : ผู้วิจัย, 2568)

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนนทดสอบ	n	mean	S.D.	t	df	sig	Conhen's d
ก่อนเรียน	20	3.90	1.67	12.46	19	0.00**	3.99
หลังเรียน	20	9.50	1.07				

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางแสดงให้เห็นว่าคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มนักเรียนตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 3.90 (S.D. = 1.67) ในขณะที่คะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 9.50 (S.D. = 1.07) เมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของกลุ่มนักเรียนตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($t(19) = 12.46$, $p < .01$) นอกจากนี้ ขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่คำนวณโดยใช้ Cohen's d มีค่าเท่ากับ 3.99 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ใหญ่มาก ตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) แสดงให้เห็นว่าการใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส มีอิทธิพลสูงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ผลประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายที่มีต่อ สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานสื่อ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 องค์ประกอบนำเสนอเนื้อหาเหมาะสม เข้าใจง่าย	4.83	0.39	มากที่สุด
1.2 เนื้อหามีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และครบถ้วนกับหัวข้อที่สอน	4.74	0.45	มากที่สุด
1.3 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	4.70	0.47	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.76	0.44	มากที่สุด
2. ด้านภาษา			
2.1 ภาษาที่ใช้สื่อความหมายและเข้าใจได้ง่าย	4.70	0.56	มากที่สุด
2.2 ภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน ทั้งคำศัพท์ได้ถูกต้อง	4.65	0.57	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.68	0.56	มากที่สุด
3. ด้านภาพประกอบ / สื่อ			
3.1 สื่อการเรียนรู้มีคุณค่าต่อผู้เรียน	4.61	0.50	มากที่สุด
3.2 สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ และดึงดูดผู้เรียน	4.78	0.42	มากที่สุด
3.3 สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยหรือระดับชั้นของผู้เรียน	4.74	0.45	มากที่สุด
3.4 สื่อการเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ	4.46	0.46	มาก
เฉลี่ย	4.64	0.45	มากที่สุด
4. ด้านเวลา			
4.1 ความเหมาะสมของเวลา กับจำนวนเนื้อหา	4.48	0.67	มาก
4.2 แบบทดสอบความรู้มีการใช้เวลาที่เหมาะสม	4.74	0.45	มากที่สุด
4.3 ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	4.61	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.61	0.54	มากที่สุด
เฉลี่ยภาพรวม	4.67	0.50	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่าผลประเมินความพึงพอใจ ในด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.76 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านภาษา มีค่าเฉลี่ย 4.68 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านด้านภาพประกอบ / สื่อ มีค่าเฉลี่ย 4.64 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในด้านเวลา มีค่าเฉลี่ย 4.61 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการประเมินความความพึงพอใจโดยรวมของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส มีค่าเฉลี่ย 4.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความพึงพอใจของนักเรียน

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าสหสัมพันธ์ Pearson Correlation (r _{xy})
ความพึงพอใจ	4.61	0.54	0.32
ผลสัมฤทธิ์	9.50	1.07	-

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนไม่มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.322$, $p = 0.166$, $p > 0.05$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ภายในตัวแปรความพึงพอใจ พบว่า ความพึงพอใจ ด้านเนื้อหา, ด้านภาษา, ด้านสื่อ และด้านเวลา มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยเฉพาะ ความพึงพอใจด้านสื่อ มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ($r = 0.925$) อยู่ในระดับสูงมาก ขณะที่ ความพึงพอใจ ด้านเวลา มีค่าสหสัมพันธ์ต่ำที่สุด ($r = 0.703$) อยู่ในระดับปานกลาง

การอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบ 3 มิติ ผ่านระบบเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท ได้แก่ บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การใช้งาน และติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ และฮาร์ดแวร์ การออกแบบสื่อ อาศัยแนวคิดการเรียนรู้เชิงโต้ตอบ (Interactive learning) และการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual environment) ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนตามทฤษฎี Constructivism ซึ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เทคโนโลยีเมตาเวิร์สที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับเนื้อหา 3 มิติ ได้อย่างเสมือนจริง ผู้เรียนจึงมีแรงจูงใจและความสนใจในการเรียนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กษิติศ ปิยะนราพิบูล และคณะ (2566) และ พัทรี วรรณพานิช (2565) ที่พบว่า เทคโนโลยี VR และเมตาเวิร์สช่วยกระตุ้นความสนใจและพัฒนาทักษะการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อาจารย์พบว่า คะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเนื้อหา โดยเฉพาะเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เช่น องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ และฮาร์ดแวร์ ซึ่งอาจเป็นเรื่องที่ยากจะเข้าใจผ่านการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม สื่อ 3 มิติในเมตาเวิร์สช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีประสบการณ์ตรง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ วิจารย์ พานิช (2556) และ ทรงพล วงษ์กาญจนกุล (2563) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อและสิ่งเร้าต่างๆ

3. ความพึงพอใจของผู้เรียนนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับสูงมากต่อการเรียนรู้ด้วยสื่อ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส โดยให้คะแนนเฉลี่ย 4.69 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเหมาะสมของสื่อในแง่ของความน่าสนใจและความสะดวกในการใช้งาน การเรียนรู้ผ่านโลกเสมือนจริงช่วยลดความเบื่อหน่าย เพิ่มแรงจูงใจ และทำให้บรรยากาศการเรียนรู้มีความสุขมากขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ณัฐนนท์ เกษตรเอี่ยม และคณะ (2567) ที่พบว่าเมตาเวิร์สช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพสามารถจำลองสถานการณ์ในโลกเสมือนจริงได้สำหรับครูที่ต้องการใช้เมตาเวิร์สในการศึกษา จำเป็นต้องเข้าใจและออกแบบชั้นเรียนให้เหมาะสม

4. ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความพึงพอใจ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าการมีความพึงพอใจของผู้เรียนมีความสัมพันธ์ในทางบวกและมีนัยสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนที่พึงพอใจในการใช้สื่อมาก มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น การวิเคราะห์นี้ช่วยยืนยันว่าคุณภาพของสื่อและความเหมาะสมในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส เรื่ององค์ประกอบของคอมพิวเตอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 6 บท คือ บทบาทและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร การใช้งานและติดต่อสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ต องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์ และฮาร์ดแวร์ ผู้เรียนสามารถเลือกเข้าถึงเนื้อหาได้ผ่านปุ่มควบคุม สามารถใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โน้ตบุ๊ก ไอแพด และแท็บเล็ต ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูีก่อนและหลังเรียนพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังจากใช้งานสื่อพบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ในการใช้งานสื่อการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบเมตาเวิร์ส ควรมีคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้ โดยคุณภาพของอุปกรณ์และสัญญาณอินเทอร์เน็ตควรมีความคงที่และมีความเร็วที่เหมาะสม

2. รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้สื่อการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบเมตาเวิร์สสามารถตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้ แต่ทั้งนี้ สื่อการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบเมตาเวิร์สเป็นเพียงสื่อหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนต้องมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

3. การใช้งานระบบเมตาเวิร์ส แม้ว่าจะรองรับการใช้งานพร้อมกันสำหรับผู้ใช้หลายคน แต่หากมีจำนวนผู้ใช้งานมากจะส่งผลต่อความเสถียรในการแสดงผลของระบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งานด้วย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้สื่อทันที โดยยังไม่ได้ติดตามผลในระยะยาว ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาผลกระทบระยะยาว (Longitudinal study) เพื่อประเมินว่าผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติผ่านเมตาเวิร์ส สามารถคงอยู่และมีผลต่อเนื่องในระยะเวลายาวนานหรือไม่ ซึ่งจะช่วยให้เห็นภาพรวมของประสิทธิภาพสื่อในแง่ของการสร้างความรู้และทักษะที่ยั่งยืนมากขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรกช ชันธบุญ. (2565). รูปแบบการสื่อสารผ่านเมตาเวิร์สเพื่อการเรียนการสอนสาขาวิชานิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. *วารสารมนุษยสังคมสาร (มสส.)*, 20(3), 123-144.
<https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jhusoc/article/view/264140>
- กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2565). *การสร้างจักรวาลอนมิติ Spatial Metaverse*.
<https://touchpoint.in.th/spatial-metaverse>
- กษิดิศ ปิยะนราพิบูล, สิทธิศักดิ์ จันทิมา และ พิมพ์ชนก สุวรรณศรี. (2566). สื่อการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์ผ่านระบบเมตาเวิร์ส เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(1), 60-73. <https://doi.org/10.57260/stc.2023.510>
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2565). สะท้อนทัศนะและข้อห่วงใยต่อการศึกษาในอนาคตที่ Metaverse จะเข้ามามีบทบาทเชื่อมการเรียนรู้ระหว่างโลกจริงและโลกเสมือน.
<https://www.chula.ac.th/highlight/64690/>
- ณัฐนันท์ เกษตรเอี่ยม, ภาสกร เรืองรอง และ ชีรชัย เรืองบัณฑิต. (2567). การพัฒนาบทเรียนออนไลน์รูปแบบจักรวาลอนมิติรวมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) รายวิชาออกแบบและเทคโนโลยี เรื่องเทคโนโลยีแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Education Naresuan University Online*, 26(1), 152-162. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/262572
- ทรงพล วงษ์กาญจนกุล. (2563). *ความท้าทายในการสอนออนไลน์ของระดับประถมศึกษา: กรณีศึกษาครูโรงเรียนรุ่งอรุณ*. (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทั่วไป, มหาวิทยาลัยสยาม).

- ธเนศ มนต์น้อย, ถาวรีย ทิววงศ์ และ พิมพ์ชนก สุวรรณศรี. (2565). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยระบบจักรวาลนฤมิตร เพื่อส่งเสริมการใช้เหตุผลเชิงตรรกะและการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ "ราชภัฏกรุงเก่า"* ครั้งที่ 5 (น. 139-149). 15- 16 ธันวาคม, 2565. อุยธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พัชรี วรรณพานิช. (2565). *การพัฒนาแหล่งเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (VR) เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).
- พิตรี โต๊ะกือจิ, โซเฟีย เปาะจิ, อัสมะ มะเร๊ะ และ มูนีเราะ ผดุง. (2561). การพัฒนาหนังสือนิทานอิเล็กทรอนิกส์มาตรฐาน EPUB 3 เพื่อส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมการใช้โซเชียลมีเดีย สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. ใน *การประชุม วิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 3* (น. 376-383). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ยุวดี พรหมเสถียร และ ชีรชัย เนตรถนอมศักดิ์. (2564). เทคโนโลยีสารสนเทศช่วยพัฒนาการเรียนการสอนได้จริงหรือ?. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 15(3), 1-13. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/rmuj/article/view/256210>
- วไลพร เมฆไตรรัตน์ และสุชานาฏ ไชยวรรณะ. (2563). ผลการใช้นวัตกรรมการอ่านแบบกระบวนการ 3R โดยพ่อแม่ ผู้ปกครอง เพื่อพัฒนาทักษะ EF สำหรับเด็กปฐมวัย. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 14 (3), 134-137. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JournalGradVRU/article/view/242642>
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.
- สุรพล บุญลือ. (2565). เมตาเวิร์สสำหรับการศึกษา: การเชื่อมต่อระหว่างจักรวาลนฤมิตรกับโลกความจริงของการเรียนรู้ที่จะก่อให้เกิดการเรียนรู้แบบเต็มตัว. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนอร์ท กรุงเทพ*, 11(1), 9-16. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/NBU/article/view/258310>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

การพัฒนาระบบจัดการการเรียนรู้อักษรเบรลล์สำหรับสาขาวิชาการศึกษาพิเศษ

Development of a Braille Learning Management System for Special Education Programs

กัญญาวีร์ ปู่เงิน, กุลวดี จอมวรรณ, ปิยะดา สระทองคัม และ ศิริกรณ์ กันขัติ*

Kanyawee Poongoen, Kunlawadee Jomwan, Piyada Srathongkhum and Sirikorn Kankhat*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

E-mail : 65121860@g.cmru.ac.th, 65121835@g.cmru.ac.th, 65121805@g.cmru.ac.th and sirikorn@g.cmru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 11 February 2025, Revised: 25 October 2025, Accepted: 28 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1070>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ โดยยึดหลักการทำงานวงจรการพัฒนาระบบ เอสดีแอลซี โดย ประชากร คือ อาจารย์และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ประกอบด้วย อาจารย์และนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาพิเศษ จำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ ออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล มายเอสคิวเอล เขียนโปรแกรมด้วยภาษา เอชทีเอ็มแอล , พีเอชพี และจัดการทำเว็บด้วยโปรแกรม วิวูล สตูดิโอ โค้ด 2) แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งมีผลวิจัยดังนี้ 1) ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1.1) ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการและออกรายงานการเข้าใช้งานของผู้ใช้ระบบได้ 1.2) อาจารย์สามารถสร้างชั้นเรียน สร้างงานอักษรเบรลล์ และตรวจงานอักษรเบรลล์ได้ 1.3) นักศึกษาสามารถเข้าร่วมชั้นเรียน และทำงานอักษรเบรลล์ส่งได้ 2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าระบบมีความเหมาะสมทั้งด้านการใช้งาน ความสะดวก และการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ โดยเฉพาะในด้านการจัดการข้อมูลและการสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ซึ่งเป็นจุดเด่นที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบในการสนับสนุนการเรียนการสอนอักษรเบรลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อักษรเบรลล์ ระบบจัดการชั้นเรียน ฐานข้อมูล

Abstract

This research has the following objectives: 1) to develop a Braille classroom management system, and 2) to evaluate the satisfaction of using the Braille classroom management system. The research is based on the working principle of the SDLC system development cycle. The population consists of instructors and students of Chiang Mai Rajabhat University. The sample group was selected by purposive sampling, consisting of 33 instructors and students of the Special Education Program. The research instruments consist of: 1) the Braille classroom management system, which was designed and developed using the MySQL database management program, programmed with HTML and PHP languages, and developed as a website using Visual Studio Code and 2) the satisfaction evaluation form for the use of the Braille classroom management system. The data were analyzed using the mean and standard deviation. The findings are as follows 1) The Braille classroom management system consists of three parts: 1.1) administrators can manage and generate user access reports, 1.2) instructors can create classes, create Braille assignments, and evaluate Braille works, and 1.3) students can join classes and submit Braille assignments. 2) The results of the system user satisfaction evaluation showed that the overall satisfaction level was at the highest level. This indicates that the system is appropriate in terms of usability, convenience, and responsiveness to user needs, especially in data management and communication between instructors and students, which is a distinctive feature that reflects the efficiency of the system in supporting Braille teaching and learning effectively.

Keywords: Braille, Classroom management system, Database

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการบริหารจัดการภายในห้องเรียนอย่างต่อเนื่อง (Bachova, 2022) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อช่วยลดช่องว่างทางการเรียนรู้ระหว่างผู้พิการทางสายตาและผู้ที่มีสายตาปกติ อักษรเบรลล์ถือเป็นระบบการอ่านและการเขียนที่สำคัญสำหรับผู้พิการทางสายตา ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้พิการทางสายตาคว่า 2 ล้านคน (กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ, 2566) ซึ่งในจำนวนนี้ นักเรียนและนักศึกษามีความจำเป็นต้องใช้สื่อการเรียนรู้และระบบการจัดการที่สามารถเข้าถึงได้ แต่การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในระบบจัดการชั้นเรียนยังมีข้อจำกัดและความท้าทายที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ในยุคดิจิทัล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เปิดสอนสาขาวิชาการศึกษาพิเศษที่มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับอักษรเบรลล์และอาจารย์เป็นผู้ตรวจข้อสอบเกี่ยวกับอักษรเบรลล์และเกิดปัญหาในการตรวจสอบข้อสอบที่ทำให้ยากและใช้เวลานาน ซึ่งกระบวนการตรวจข้อสอบเบรลล์ในปัจจุบันยังเป็นแบบแมนนวล ต้องอาศัยการอ่านจากอุปกรณ์หรือเอกสารเบรลล์โดยตรง ทำให้ใช้เวลานานกว่า 2-3 เท่าของการตรวจข้อสอบทั่วไป ส่งผลให้การประเมินผลล่าช้าและไม่สามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนได้แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ยังไม่มีระบบที่ช่วยจัดเก็บ วิเคราะห์ หรือแสดงผลข้อมูลการเรียนรู้ของนักศึกษาในรูปแบบดิจิทัล จึงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น การพัฒนาระบบชั้นเรียนอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับเทคนิค Deep Learning ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลภายในห้องเรียน (ณัฐติยา ศรสุภาพ, 2562) ทำให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการระบบการศึกษาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการรองรับความต้องการที่หลากหลายของนักเรียนได้ (มหาวิทยาลัยมหิดล, 2566) พัฒนาระบบช่วยนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตาโดยใช้เทคโนโลยี AI และอุปกรณ์สวมใส่ เพื่อส่งเสริมการเข้าถึงการเรียนรู้และการใช้ชีวิตอย่างอิสระของผู้พิการทางสายตา (รัตนสุตา สุคนธ์สร และคณะ, 2564) ในขณะเดียวกัน งานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาระบบแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางและขอความช่วยเหลือผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สำหรับผู้พิการทางสายตา โดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกและไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นตัวอย่างของการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยและความสะดวกในการเรียนรู้ แม้ว่าการวิจัยที่ผ่านมาเหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่การใช้เทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ ของการจัดการชั้นเรียนและการช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา แต่ยังคงมีความท้าทายในการนำระบบอักษรเบรลล์มาประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการจัดการชั้นเรียนในรูปแบบที่ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ที่เหมาะสม การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์เพื่อให้เกิดการสื่อสารที่ราบรื่นและทันสมัย (นันทยา ยะประดิษฐ์, 2554)

ดังนั้นคณะวิจัยมีความมุ่งมั่นในการพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนในสาขาการศึกษาพิเศษ ภาควิชาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ โดยระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์มีฟังก์ชันสำคัญ ได้แก่ การจัดการชั้นเรียนสำหรับเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขรายวิชาที่เปิดสอน และจัดการรายชื่อนักศึกษา การติดตามความก้าวหน้าของนักศึกษาที่บันทึกผลการเรียนรู้

ของนักศึกษาแบบเรียลไทม์ การตรวจสอบข้อสอบอักษรเบรลล์ที่ช่วยให้อาจารย์สามารถตรวจและให้คะแนนได้รวดเร็ว ลดความคลาดเคลื่อนจากการตรวจด้วยตนเอง และการประเมินผล นอกจากนี้ ระบบยังช่วยให้นักศึกษาสามารถเข้าถึงบทเรียน เปิดโอกาสให้นักศึกษาฝึกฝนทักษะการอ่านเขียนอักษรเบรลล์และเขียนอักษรเบรลล์ผ่านสื่อดิจิทัลในรูปแบบโต้ตอบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว (เกศสินี แซ่ม้า และคณะ, 2567) ด้วยการผสมรวมเทคโนโลยีเข้ากับการจัดการชั้นเรียน และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากร คือ อาจารย์ 1 คน และนักศึกษา 32คน ภาควิชาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ รวมทั้งหมด 33 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ อาจารย์และนักศึกษา จากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 33 คน

เครื่องมือวิจัย ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ มีเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ ประกอบไปด้วย 3 ระบบย่อย คือ
 - 1.1 ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการ และออกรายงานข้อมูลผู้ใช้ระบบได้
 - 1.2 อาจารย์ สามารถจัดการชั้นเรียนได้ เช่น สร้างชั้นเรียน สร้างงานอักษรเบรลล์ มอบหมายงาน และตรวจงานได้
 - 1.3 นักศึกษา สามารถเข้าร่วมชั้นเรียน ทำงานชั้นเรียน และส่งงานได้
2. แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

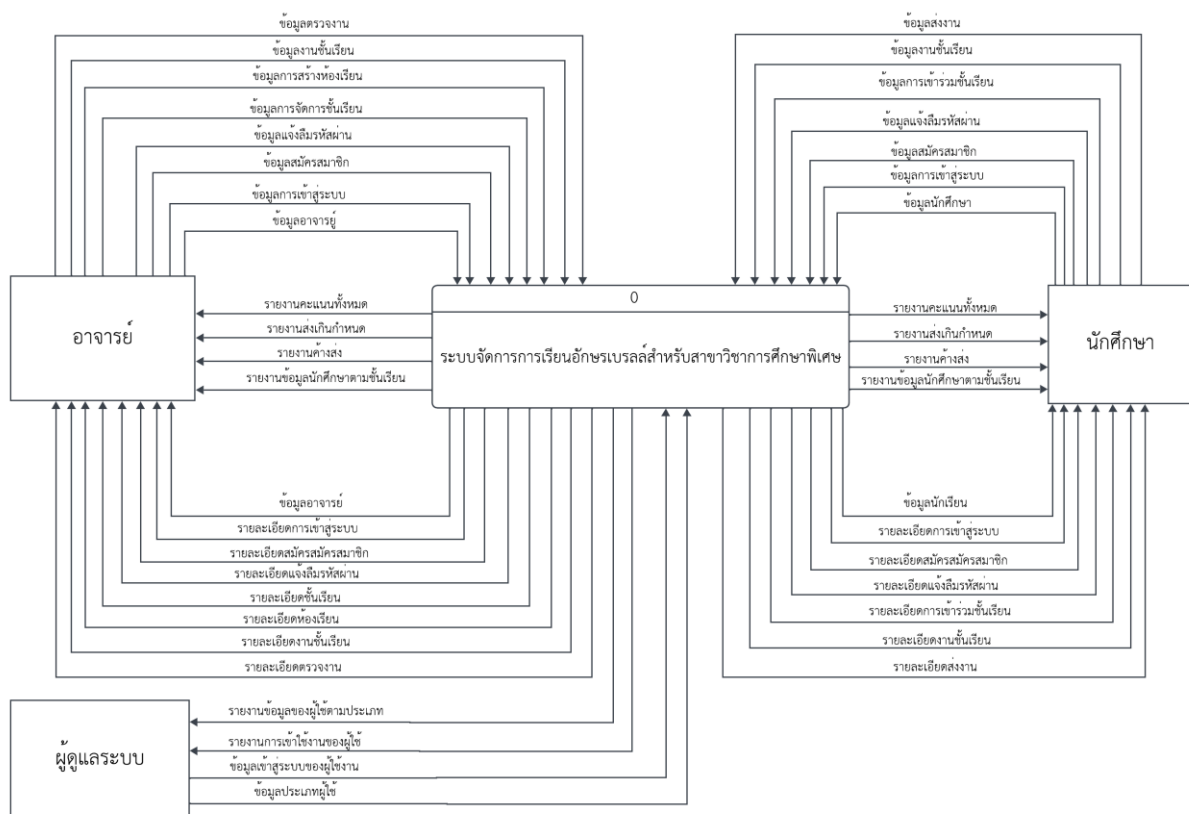
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลระบบฐานข้อมูล จะยึดหลักวงจรการพัฒนาแบบ (System development life cycle: SDLC) (สุทธินันท์ บุญกาวิณ และคณะ, 2566) มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. เข้าใจปัญหา (Problem recognition) ปัญหาในการตรวจงานของอาจารย์ประจำสาขาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เนื่องจากต้องรับผิดชอบการตรวจงานของนักศึกษาจำนวนมาก และภาษาเบรลล์เป็นภาษาที่มีความซับซ้อน ทำให้กระบวนการตรวจสอบเป็นไปอย่างล่าช้า อาจารย์ต้องใช้เวลาอย่างมากในการประเมินผล

2. ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study) โดยได้ผลลัพธ์ว่าในปัจจุบัน การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ ช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลผู้เรียน

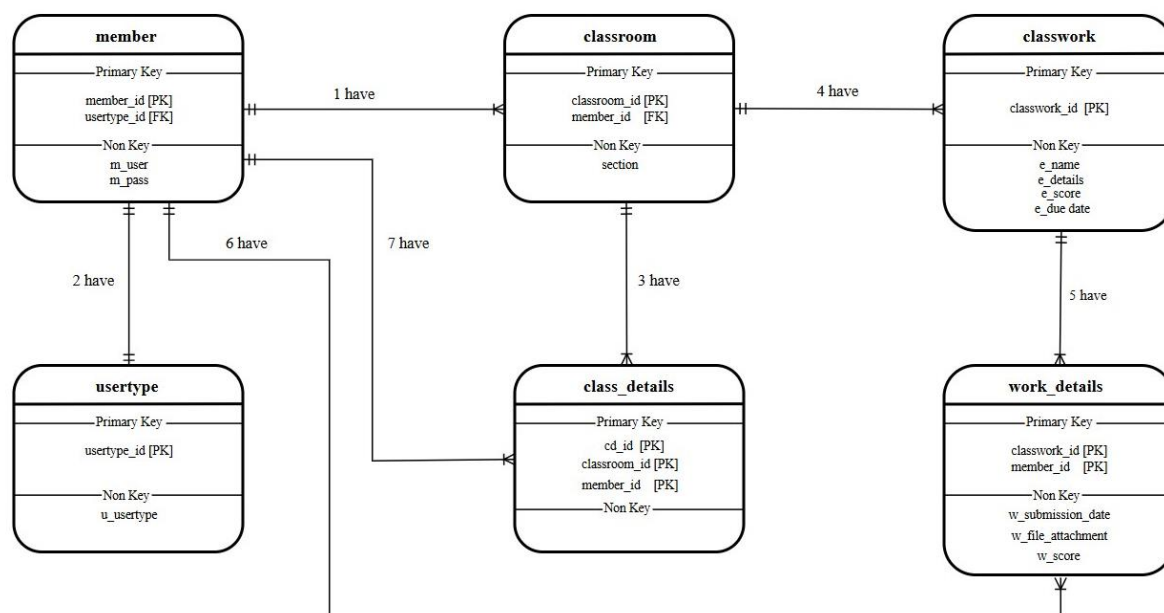
3. วิเคราะห์ (Analysis) การวิเคราะห์ระบบใช้แผนภาพการไหลของข้อมูลเพื่อให้มองเห็นภาพการทำงานของระบบได้ชัดเจนขึ้น แผนภาพการไหลของข้อมูลจะเริ่มต้นจากการมองภาพรวมของระบบ แล้วจึงแยกส่วนการทำงานออกเป็นส่วนย่อย จาก Context diagram ไปสู่ Data flow diagram level 0 และ Level 1 ซึ่งในระบบจะมี 3 External entity คือ ผู้ดูแลระบบ อาจารย์ และนักศึกษา โดยมีแผนภาพแสดงการทำงานดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังระบบ Context Diagram ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์



4. ออกแบบ (Design) ดำเนินการออกแบบระบบฐานข้อมูล โดยกำหนดรายการจัดการข้อมูล เช่น จัดการข้อมูลผู้ใช้ จัดการชั้นเรียน การออกรายงานสำหรับผู้ดูแลระบบ อาจารย์ นักศึกษา เป็นต้น โดยคำนึงถึงความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล ความถูกต้อง ความง่ายต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อข้อมูล ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 The Fully-Attribute Model ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

5. พัฒนาระบบ (Construction) ออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL จากนั้นจัดการทำเว็บไซต์ด้วยโปรแกรม Visual Studio เขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP, HTML ควบคุมการจัดเก็บข้อมูลลงในระบบจัดการฐานข้อมูลใช้งานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows และเรียกใช้งานผ่านโปรแกรม Web browser ประกอบด้วยฟังก์ชันการรับข้อมูล การเพิ่มข้อมูล การลบข้อมูล การปรับปรุงแก้ไขข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล

6. ทดสอบการติดตั้ง (Conversion) หลังการพัฒนาระบบแปลอักษรเบรลล์เป็นอักษรปกติบนเซิร์ฟเวอร์ จำลอง (Localhost) phpMyAdmin แล้วจึงทำการติดตั้งระบบฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ (Web server) phpMyAdmin เพื่อทดลองใช้งานระบบและประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ และนำเสนอข้อเสนอแนะมาแก้ไขระบบต่อไป

7. บำรุงรักษา (Maintenance) วางแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ รวมถึงการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน การเก็บข้อมูลผลการใช้งานและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้ผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาระบบในอนาคต นอกจากนี้ยังได้จัดทำคู่มือการใช้งานระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ อาจารย์ และนักศึกษา เพื่อสนับสนุนการใช้งานระบบอย่างถูกต้องและสะดวกยิ่งขึ้น

การออกแบบแบบประเมิน

ออกแบบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด สามารถแปรผลจากการตอบแบบประเมิน ตามแนวคิดของลิเคิร์ต (Likert scale) (Likert, 1932) ได้ดังนี้

4.50 - 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.50 - 4.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.50 - 3.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.50 - 2.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 - 1.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และวิเคราะห์ผลจากการตอบแบบสอบถาม โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft excel)

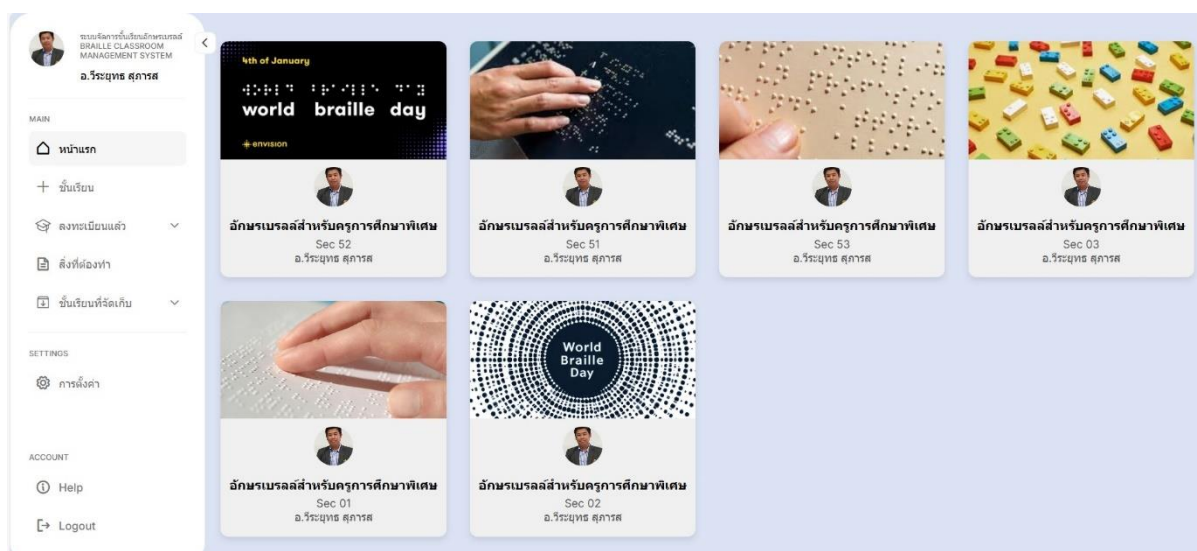
ผลการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ตามวัตถุประสงค์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

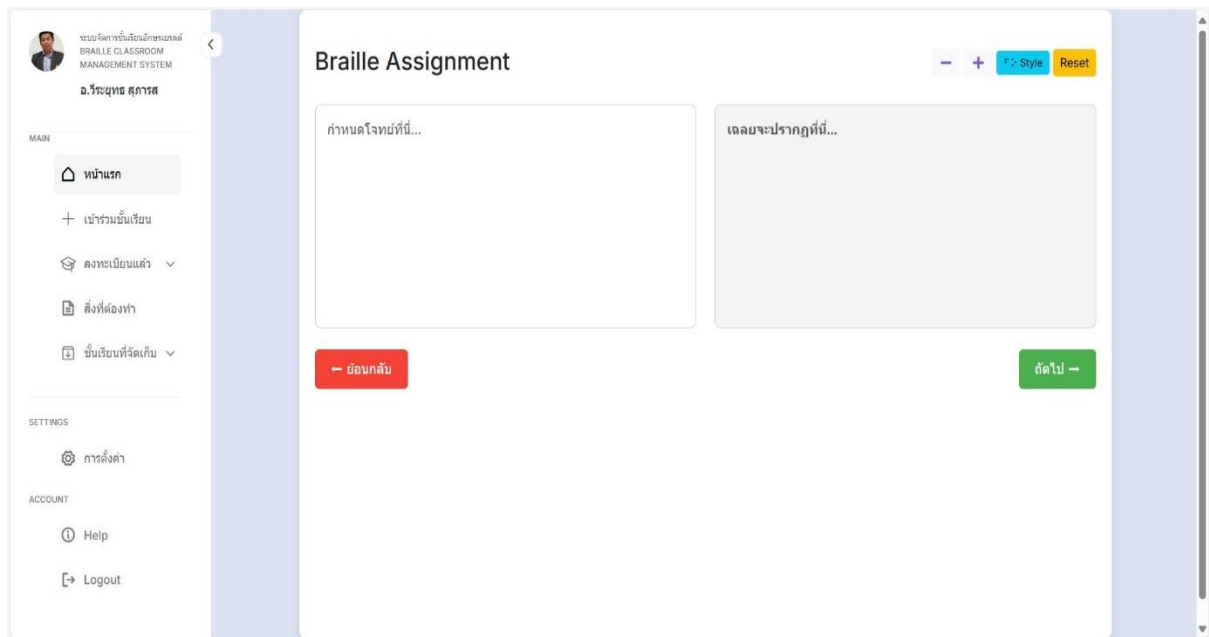
1. ผลการพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ มีผู้ใช้งาน 3 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ อาจารย์ นักศึกษาสามารถจัดการข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- 1.1 ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลผู้ใช้ระบบ และออกรายงานการเข้าใช้งานของผู้ใช้
- 1.2 อาจารย์ สามารถเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าใช้งาน สร้างห้องเรียน จัดการชั้นเรียน เช่น สร้างงาน มอบหมายงาน และให้คะแนนงานได้

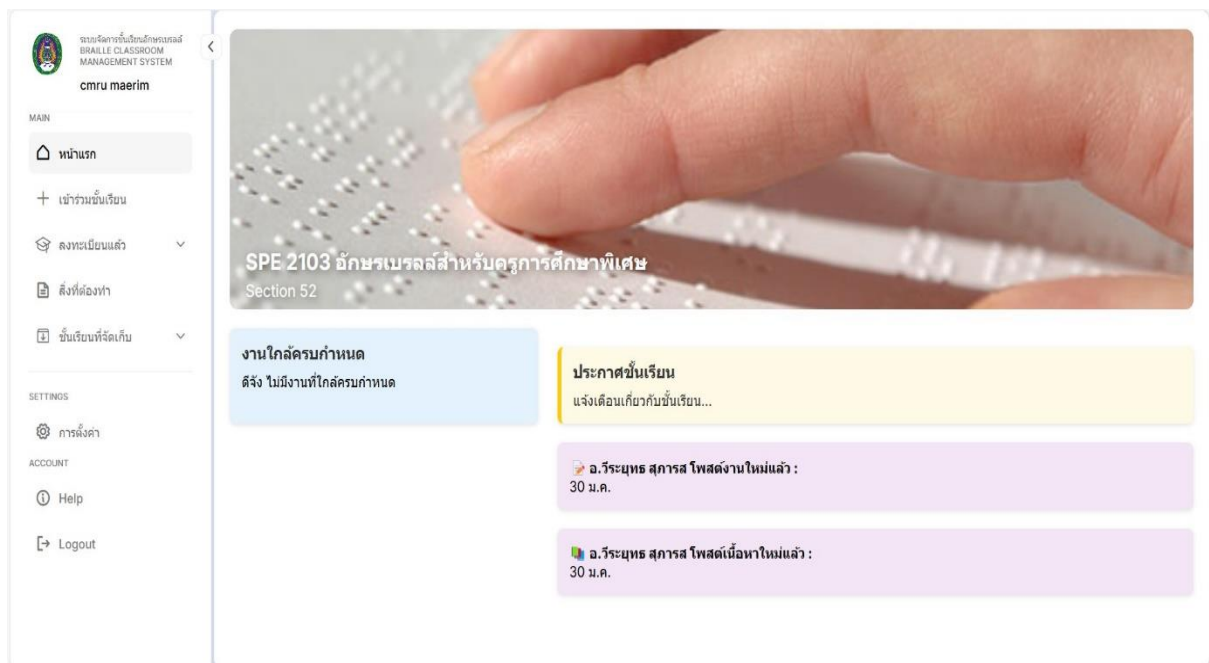


ภาพที่ 4 หน้าหลักของอาจารย์ในระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

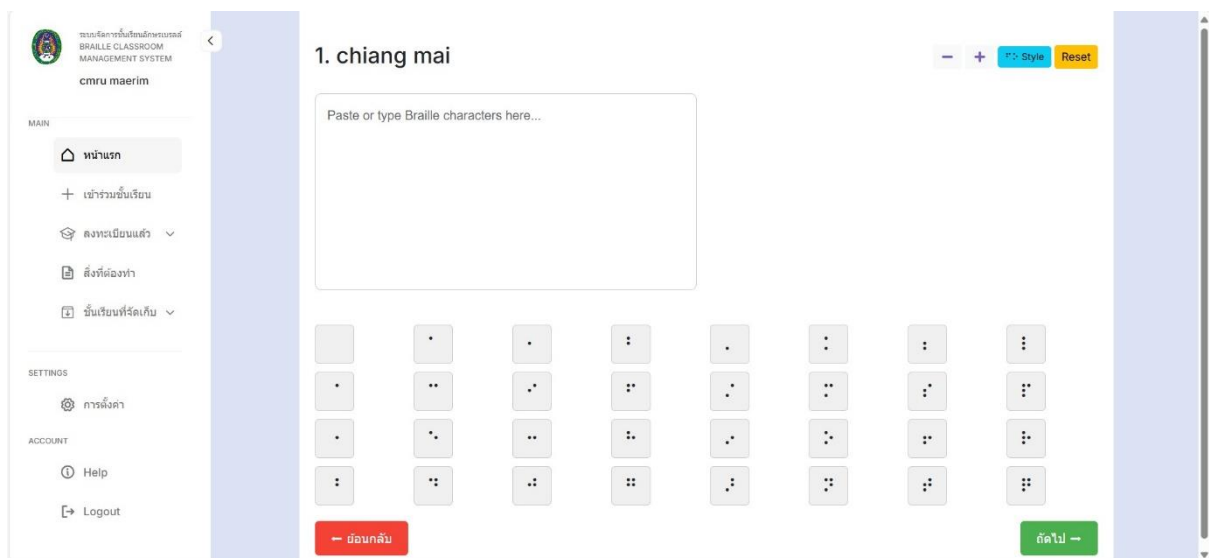


ภาพที่ 5 หน้าจอสร้างแบบฝึกหัดสำหรับอาจารย์ในระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

1.3 นักศึกษา สามารถเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าใช้งาน เข้าร่วมชั้นเรียน ทำงานชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย ส่งงานตามวันที่กำหนดส่ง และสามารถดูคะแนนที่อาจารย์ตอบกลับมาได้



ภาพที่ 6 หน้าหลักของนักศึกษาในระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์



ภาพที่ 7 หน้าจอแบบฝึกหัดสำหรับนักศึกษาในระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
ด้านการออกแบบ			
1. รูปแบบความสวยงามและทันสมัย	4.67	0.48	มากที่สุด
2. ความสะดวกในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์	4.52	0.51	มากที่สุด
3. การออกแบบที่รองรับการใช้งานบนอุปกรณ์ต่าง ๆ	4.67	0.54	มากที่สุด
4. ความเร็วในการแสดงผล ตัวอักษรและข้อมูล	4.61	0.61	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านการออกแบบ	4.61	0.06	มากที่สุด
ด้านประสิทธิภาพ			
1. ระบบสามารถจัดการข้อมูลชั้นเรียนได้ถูกต้อง	4.70	0.47	มากที่สุด
2. ระบบสามารถจัดการความถูกต้องของการแปลอักษรเบรลล์เป็นอักษรปกติได้ถูกต้อง	4.76	0.44	มากที่สุด
3. ระบบมีความเร็วในการตอบสนอง	4.76	0.44	มากที่สุด
4. ระบบมีฟังก์ชันการทำงานที่ครอบคลุมความต้องการ	4.85	0.36	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านประสิทธิภาพ	4.77	0.04	มากที่สุด
เฉลี่ยภาพรวม	4.69	0.07	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้ระบบมีความพึงพอใจในการเข้าใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ จากอาจารย์ นักศึกษา สาขาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 33 คน เฉลี่ยในภาพรวม เท่ากับ 4.69 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด เมื่อพิจารณารายประเด็น พบว่า ค่าเฉลี่ยด้านการ ออกแบบเท่ากับ 4.61 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด และค่าเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพเท่ากับ 4.77 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

การอภิปรายผล

การพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ สามารถจัดการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้ใช้ จัดการ ชั้นเรียน ข้อมูลงานชั้นเรียน สอดคล้องกับ (สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏ สงขลา, 2566) พัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์สำหรับนักเรียนผู้พิการทางสายตาโดยใช้ เทคโนโลยีช่วยในการเรียนรู้ งานวิจัยนี้ พบว่า ระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นมีความ เหมาะสมและช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการประเมินความ พึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้ในด้านต่างๆ เช่น ความง่ายในการใช้งาน ระบบการ เข้าถึงข้อมูล และการใช้เทคโนโลยีช่วยในการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.55 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจใน ระดับสูงจากผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในด้านการใช้งานที่สะดวกและรองรับความต้องการของผู้พิการทางสายตา และ สอดคล้องกับนักวิจัยหลายท่าน อาทิเช่น (ศิริวรรณ จันทน์แจ้ง, 2567) การพัฒนาระบบจัดการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ เน้นการพัฒนาระบบจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักศึกษาที่มี ความต้องการพิเศษ โดยได้มีการพัฒนาฟังก์ชันที่ช่วยในการจัดการชั้นเรียนต่างๆ ที่รองรับผู้เรียนที่มีข้อจำกัด ในด้านต่างๆ รวมถึงการจัดการข้อมูลงานชั้นเรียนและการติดตามผลการเรียนของนักศึกษาอย่างละเอียด ระบบนี้ช่วยให้ทั้งอาจารย์และนักศึกษาสามารถตรวจสอบผลการเรียนได้ง่ายขึ้น รวมถึงช่วยในการมอบหมาย งาน การให้คะแนนงาน และการจัดการข้อมูลต่างๆ อย่างมีระเบียบ นอกจากนี้ ยังมีการประเมินความพึงพอใจ ของผู้ใช้งานที่เป็นทั้งอาจารย์และนักศึกษา ซึ่งผลการประเมินบ่งชี้ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนอง ความต้องการของผู้ใช้ได้ดี โดยนักศึกษาสามารถเข้าถึงเนื้อหาการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจารย์สามารถจัดการข้อมูลชั้นเรียนได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว และสอดคล้องกับระบบของ (กนกวรรณ สุหัสโซ และ ชนิตา มิตรานันท์, 2566) พัฒนาระบบการจัดการชั้นเรียนออนไลน์สำหรับผู้เรียนที่มีความ ต้องการพิเศษ งานวิจัยนี้ได้ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ได้ใช้ระบบการจัดการชั้นเรียนออนไลน์ที่ พัฒนาขึ้น พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยเฉพาะในด้านการรองรับการเข้าถึงข้อมูลผ่าน อักษรเบรลล์และเสียงบรรยาย ซึ่งช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ย ความพึงพอใจในส่วนนี้อยู่ที่ 4.60 ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจในระดับสูงจากทั้งนักศึกษาและอาจารย์ที่ใช้ระบบ

ความพึงพอใจในการใช้งานของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้งานของการพัฒนาระบบจัดการชั้นเรียน อักษรเบรลล์อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยสามารถแปลความหมายได้ว่าสามารถใช้งานระบบได้จริง ไม่ว่าจะเป็น การสร้างห้องเรียน จัดการชั้นเรียน ส่งงานชั้นเรียน ส่งงาน ให้คะแนนงานชั้นเรียน และแสดงผล

ตอบกลับคะแนนให้กับนักศึกษา จึงทำให้สร้างความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กนกวรรณ สุทธิสุข และ ชนิตา มิตรานันท์, 2566) ระบบนี้ประกอบด้วยฟังก์ชันที่รองรับการแสดงผลเนื้อหาการเรียนในรูปแบบอักษรเบรลล์และการติดตามผลการเรียนจากอาจารย์ ผู้ใช้ที่ทดลองใช้งานระบบนี้แสดงความพึงพอใจในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจถึง 4.8 โดยเฉพาะในด้านการใช้งานที่สะดวก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชสรา กันพิง และ กิตติมา ชาญวิชัย (2564) ผู้พิการทางสายตาสามารถเข้าถึงสื่อออนไลน์ได้ แต่ยังมีอุปสรรคในด้านการเข้าถึงและเครื่องมือช่วย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปได้ว่า ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ มีผู้ใช้งาน 3 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ อาจารย์ และนักศึกษา ซึ่งสามารถจัดการชั้นเรียนต่างๆ ดังนี้ 1) ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลผู้ใช้ระบบ และออกรายงานสำหรับการเข้าใช้งานของผู้ใช้ 2) อาจารย์ สามารถเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าใช้งาน สามารถสร้างห้องเรียน จัดการชั้นเรียน โดยสามารถสร้างงาน เพิ่มบทเรียนต่าง ๆ ในห้องเรียนได้ มอบหมายงาน และให้คะแนนงานได้ 3) นักศึกษา สามารถเข้าร่วมชั้นเรียน ทำงานชั้นเรียนที่ได้รับมอบหมาย ส่งงานตามวันที่กำหนดส่ง และสามารถดูผลคะแนนที่อาจารย์ตอบกลับมาได้ ความพึงพอใจในการใช้งานระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ จากผู้ใช้งานจำนวน 33 คนมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.69 แสดงให้เห็นว่า ระบบจัดการชั้นเรียนอักษรเบรลล์ใช้งานได้จริง

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ยังไม่มีารรองรับที่สแกนหรือถ่ายรูปได้ หากมีการนำไปพัฒนาสามารถเพิ่มให้ผู้ใช้งานถ่ายภาพหรือสแกนข้อความเบรลล์ แล้วระบบจะถอดรหัสและแปลเป็นภาษาปกติทันที พร้อมแสดงผลหรืออ่านออกเสียงจะทำให้กลุ่มผู้ใช้งานมากขึ้นและจัดทำคู่มือการใช้งานระบบในรูปแบบเสียงสำหรับผู้พิการทางสายตา เพิ่มความสามารถในด้าน AI เข้ามาช่วยเพื่อให้เกิดความใหม่ และทันสมัยต่อโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ สุหัสโซ และ ชนิตา มิตรานันท์. (2566). การเรียนรวมออนไลน์สำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการพิเศษ. *วารสารครุศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 12(1), 50-62. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edudru/article/view/261601>
- กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ. (2566). (ร่าง) แผนปฏิบัติการด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2566 - 2570). <https://dep.go.th/th/homepage>
- เกศสินี แซ่ม้า, วชิราภรณ์ คำมีจันทร์, นมัสสร พวงมณี และ ศิริกรณ ก้นขี้ต๋. (2567). แอปพลิเคชันสื่อการสอนอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและภาษาไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 2(4), 1-16. สืบค้นจาก <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/761>
- ณัฐติยา ศรีสุภาพ. (2562). การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชันเสียงสำหรับผู้พิการทางสายตา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม). <https://fulltext.rmu.ac.th/fulltext/2562/M126978/Somsuphap%20Nattiya.pdf>
- นุชสร่า กันพัก และ กิตติมา ชาญวิชัย. (2564). การสื่อสารผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของผู้พิการทางสายตา: กรณีศึกษาโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่. *Journal of Business, Innovation and Sustainability (JBIS)*, 16(1), 25-41. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/BECJournal/article/view/240643>
- นันทิยา ยะประดิษฐ์. (2554). การออกแบบอินเตอร์เฟซเพื่อผู้พิการทางสายตาประเภทมองเห็นเลือนราง. มหาวิทยาลัยศิลปากร. <https://sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/3349>
- มหาวิทยาลัยมหิดล. (2566). ระบบช่วยนำทางสำหรับผู้พิการทางสายตา (VIS4ION-Thailand). <https://sustainability.mahidol.ac.th/th/case-study/SDGs/detail/982>
- รัตนสุดา สุกตัญญู, จิรวัดน์ กลับสุข, ลิตา แหวนแก้ว และ อธิวัฒน์ ปานกลาง. (2564). การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสิ่งกีดขวางและขอความช่วยเหลือสำหรับผู้พิการทางสายตาผ่านแอปพลิเคชันไลน์. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 7(2), 83-96. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jitubru/article/view/247607>
- ศิริวรรณ จันทร์แจ้ง. (2567). การจัดการศึกษาสำหรับนักศึกษาที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ. *วารสารบริหารการศึกษาบัวบัณฑิต*, 24(1), 110-129. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/BUAJEAD/article/view/272636>
- สุทธินันท์ บุญกาวิณ, วัชรพล กันใจ และ ศิริกรณ ก้นขี้ต๋. (2566). การพัฒนาระบบบริหารจัดการรถเข็น. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(4), 19-30. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/598>

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. (2566). *การปรับเปลี่ยน LMS สำหรับนักศึกษาที่มีความพิการทางสายตา*.

https://arit.skru.ac.th/ebook/pages/viewfile.php?lesson_code=10926

Bachova, K. (2022). The Impact of Technology Integration on Classroom Management and Student Behavior. *Journal of Informatics Education and Research*, 2(3),

<https://jier.org/index.php/journal/article/view/24>

Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. <https://archive.org/details/likert-1932>

Efficacy Test of Hypochlorous Acid from Thai Rock Salt

Suravut Snidvongs and Supalak Fakkham*

Applied Thai Traditional Medicine, Graduate School, Suansunandha Rajabhat University

E-mail : airscan_t@yahoo.com and supaluk.fu@ssru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 24 February 2025, Revised: 8 October 2025, Accepted: 9 October 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.1095>

Abstract

HOCl is an antiseptic solution for wounds produced from pure salt, with a concentrated free chlorine of 0.05%, pH 6-7 and ORP of 800-950 mV. Traditional Thai medicine uses salt to heal wounds and prevent rotting, giving rise to the idea of developing HOCl from Thai salt, sea salt, rock salt, and pink Himalayan salt to replace high-cost imported HOCl such as Envirolite™, the purpose of which is to test the composition and physical properties of sea salt, Thai rock salt from 3 sources, and pink Himalayan rock salt from Pakistan compared to pure salt. Salt that has been tested for physical properties and contaminants is produced into Thai HOCl and tested for components. Physical Properties and Performance Compared to the standards of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Methods A review of the benefits of salt in Thai traditional medicine recipes. Sea salt, rock salt, pink Himalayan rock salt, refined salt, Faraday's Law of Electrolysis, HOCl, Envirolite™. Results HOCl produced from Thai salt had an initial pH of 8.25 and an ORP of 1,100 mV. Efficacy tests showed that 100% concentration reduced germ content (Colony-forming unit (CFU) reduced pathogens up to 0 CFU log 6 in 3 minutes, 15 minutes, 30 minutes, and 60 minutes, concentration of 10% reduced pathogens up to 0 CFU log 6 in 3 minutes, 15 minutes, 30 minutes and 60 minutes, 10% concentration reduced pathogens up to 50 CFU log 5 in 3 minutes, 4 CFU log 5 in 15 minutes, 0 CFU log 5 in 30 minutes, and 0 CFU log 6 in 60 minutes. Thai HOCl was able to reduce the number of bacteria to an undetectable basis throughout the study period. In summary, each salt source has a different amount of sodium chloride and impurities. Rock salt from the South Salt Pond, Bo Klea District, Nan Province is of the best quality, suitable for the production of Thai HOCl, which has properties and efficacy similar to Envirolite™ and meets CDC/EPA standards. Thai HOCl can be effectively used in

general sanitation, food sanitation, and food contact surfaces. Thai HOCl is highly effective against various pathogens at a more affordable price than foreign HOCl with the same standard.

Keywords: Acid oxidizing solution, Envirolite, Hypochlorous acid, Medical equipment

Introduction

Sodium hypochlorite (NaOCl), a common chlorine compound, is widely used as a disinfectant and bleaching agent. While its 0.5% w/v solution (Dakin's solution) has served as an antiseptic for infected wounds and has a long history in the food industry, it poses risks. NaOCl cannot fully oxidize food constituents, leading to the formation of harmful byproducts like chloroform, halo acetic acids, and trihalomethanes, which are known carcinogens and mutagens (National Center for Biotechnology Information, 2025).

In contrast, Thai traditional medicine recognizes the preservative and wound-healing properties of local salts (Sangarun, 2014). This historical use inspired the idea to produce hypochlorous acid (HOCl) from readily available Thai sea salt, rock salt, or even pink Himalayan rock salt, as an alternative to expensive imported HOCl such as Envirolite™. Beyond wound care, traditional texts attribute various health benefits to rock salt, including aiding digestion, expelling parasites, balancing bodily humors, dissolving gallstones, and nourishing the body's elements.

Thai traditional medicine often combines rock salt with other salts. For instance, "Alkali salt," a mixture of sea salt, rock salt, and ashes from burning snake grass, is used for intestinal cleansing and treating urination issues. Rock salt is also a key component of the "Five Salts Formula," limiting amount of salt, which consists of 5 types of salt in the same ratio: Rock Salt, Pic Salt, Vic Salt, Bubble Salt and Sea Salt, its properties, cure to treat various ailments like night fever, dropsy, and dysentery, while also nourishing lymph and cleansing the intestines.

Prior to medicinal use, Thai rock salt undergoes a purification process called "Satu," involving high-temperature roasting to eliminate moisture and sterilize it (Sangarun, 2014).

An effective alternative to traditional chlorine-based disinfectants is Electrolyzed Water (EW) or Electrolyzed Oxidizing Water (EOW). This solution is produced by electrolyzing a dilute sodium chloride (NaCl) solution in a chamber where anode and cathode are separated by a membrane. EOW exhibits potent antimicrobial properties, destroying bacteria and viruses by

electrically charging gram-negative hosts through direct contact, often via nebulization or cold steam sterilization.

EW disinfectants include Acid Electrolyzed Water (AEW) and Neutral Electrolyzed Water (NEW). While AEW effectively reduces bacterial populations, its low pH, rapid loss of chlorine gas (Cl_2), and potential impact on sensory characteristics limit its broader use, particularly with food. NEW, however, offers strong antimicrobial activity within a neutral pH range (6.5-8.5). This neutrality makes it suitable for food applications as it doesn't alter food pH, color, or appearance, nor does it corrode equipment or irritate skin as severely as AEW. Despite these advantages, research specifically on NEW's effects on pathogens remains limited (Reisch, 2009).

Thai HOCl is produced by dissolving rock salt in clean water, followed by direct current electrolysis. This process separates the salt solution, forming dissolved chlorine and a weak acid. HOCl, the most active component in this chlorine solution, is 80-100 times more effective against bacteria than hypochlorite ion (OCl^-). A concentration of only 10-30 ppm of HOCl is sufficient for bactericidal action, with a 10 ppm HOCl solution being equivalent to 100 ppm NaOCl solution in its disinfectant effect (HOCl.com, 2025).

Extensive research confirms the production of HOCl from refined salt. However, there's a significant knowledge gap regarding the use of indigenous Thai salts for HOCl synthesis. Our research aims to fill this gap by evaluating various Thai salts for their suitability in HOCl production, and subsequently assessing the comparative efficacy and economic viability of such an application.

Objectives

1. Analyze Salt Composition: Determine the elemental composition of sea salt, three Thai rock salt sources, pink Himalayan rock salt, and commercial pure salt.
2. Synthesize Thai HOCl: Produce hypochlorous acid (HOCl) using Thai salt sources that meet specified physical property and contaminant criteria.
3. Characterize Thai HOCl: Evaluate the physical characteristics of the synthesized Thai HOCl.
4. Assess Microbicidal Efficacy: Determine the microbicidal efficacy of Thai HOCl against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Aspergillus Niger*, *Listeria monocytogenes*, *Legionella pneumophila*, and *Salmonella typhimurium*. Efficacy will be defined as a bacterial reduction exceeding Log 5 (>99.999%), aligning with

EN 1040 and EN 1276 standards.

5. Compare Efficacy and Cost: Conduct a comparative analysis of the efficacy and production cost between Thai HOCl (from Thai salt) and imported HOCl products.

Methods

1. Literature reviews, Salt benefits in Thai traditional medicine, Sea Salt, Rock Salt, Pink Himalayan Rock Salt, Refined Salt, Faraday's Laws of Electrolysis, Hypochlorous Acid, Envirolite™, Physical Properties, and Envirolite™.

2. Quantitative suspension test standard

a. EN 1040 test conditions and test requirements

b. EN1276 test conditions and test requirements

3. Test Sample

a. Sea Salt and Three Rock Salt from different location in Thailand, and Pink Himalayan Rock Salt from Pakistan. Test for compositions and impurity.

b. Three HOCl samples from Rock Salt was made from set up HOCl generator and Test for physical properties.

4. Quality inspection

a. Raw material compositions

5. HOCl price

Salt benefits in Thai traditional medicine

1. Colds.

2. Rhinitis, stuffy, runny nose, chronic rhinitis.

3. Dry throat and hoarseness.

4. Induce vomiting, eat poisonous food, drinking too much alcohol, indigestion, upset stomach.

5. Conjunctivitis, there is swelling, redness, and a lot of eye discharge.

6. Dental care.

7. Brain is not clear.

8. Swollen, itchy skin.

Salts

Table 1 shown type of salts and its properties, Sea salt, Rock salt, Pink Himalaya Rock salt, and Refined salt.

Table 1 Type of salts

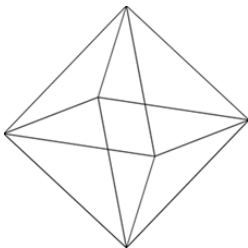
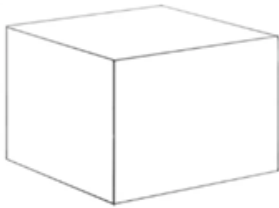
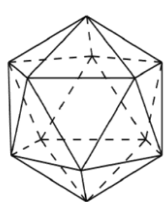
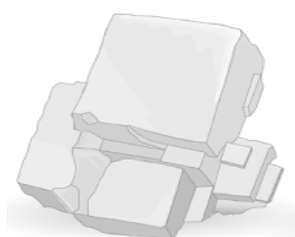
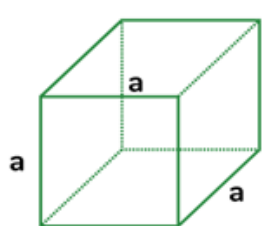
Salts	Physical characteristics	
Sea salt		
	Figure 1a. Sea salt crystals	Figure 1b. Sea salt structure
(Source: Weird Science, 2021)		
Sea salt, also known as table salt or sodium chloride (NaCl), is a staple in cooking and food preservation. It typically contains iodine, which is crucial for preventing goiter and stunted growth, unlike rock salt which is iodine-free. Characterized by its salty taste, sea salt is a vital source of dietary sodium. It is harvested through the precipitation of seawater, forming distinctive white, pyramid-shaped crystals (Figures 1a, 1b) with a melting point of 800.7 °C.		
Rock salt		
	Figure 2a. Rock salt crystals	Figure 2b. Rock salt structure
(Source : Rock salt crystals, 2024)		
Rock salt, primarily found in Thailand's northeastern regions (Chaiyaphum, Maha Sarakham, Yasothon, Ubon Ratchathani, and Udon Thani), is extracted from salt deposits or saline soil. Naturally, it boasts high purity sodium chloride (NaCl), making it ideal for industrial applications rather than direct culinary use due to its lack of iodine. To address this, potassium iodide is now commonly added to rock salt, transforming it into the familiar iodized salt suitable for cooking. Physically, rock salt forms cubic crystals (Figures 2a, 2b) and has a melting point of 800 °C.		

Table 1 Type of salts (Continue)

Salts	Physical characteristics	
Pink Himalaya Rock salt		
Figure 3a Pink Himalayan Rock salt crystals Figure 3b Pink Himalayan Rock salt structure (Source: Grains, 2025)		
Pink Himalayan rock salt crystals formed 250 million years ago from evaporated seawater under immense pressure, creating their distinctive pink structure (Figures 3a, 3b). This natural salt contains over 84 minerals, including calcium, magnesium, potassium, and iron.		

Refined salt		
Figure 4a Refined salt crystals Figure 4b Refined salt structure (Source: Atoms In Motion, 2024)		
Refined salt, commonly known as table salt, undergoes chemical processing for whitening, purification, and preservation, and is typically fortified with iodine. Primarily composed of sodium chloride (NaCl), its crystals exhibit a cubic structure, specifically a face-centered cubic lattice. In this arrangement, sodium and chloride ions alternate in a repeating pattern, with each ion surrounded by six ions of the opposite charge, giving the crystals their characteristic cube-like appearance (Figures 4a and 4b).		

Sea Salt, Rock Salt, and Refined Salt are different Table 2. Shown the differences between Refined Salt and other types of salt (TRS, 2025).

Table 2 The differences between Refined salt and other type of salts

Refined Salt	Sea Salt and Rock Salt
Modern production technologies from Europe	Local wisdoms
White and clean salt without adulterated things	Adulterated things, soil, pebbles, and sand from salt fields
Fine salt granules	Rough salt granules
Moistness not higher than 2%	High moistness of 8–10%
Whole-year production	Production period from January to April
Constant prices and controllable production costs	Volatile prices according to seasons
Standardized and constant iodine content because of low moistness and iodine spray controlled with computer systems	High moistness salt causing volatile iodine content
Environmentally friendly production	Soil collapse and adverse effects on communities and environments. Boiling salt from chaff can cause air pollutions

(Source: TRS, 2025)

Faraday's Laws of Electrolysis

In 1834, Michael Faraday, a physicist and chemist, invented a process for splitting water using electricity, Electrolysis, for the first time set up two laws called Faraday's Laws of Electrolysis, which are the main basis of electrochemistry until today.

Electrolysis of water separation process is the process of passing electric current directly into a solution that has electrical properties, water with pure salt, NaCl, causes a chemical reaction, oxidation to get new compounds, including HOCl, OCl⁻, NaOCl, OH⁻, H₂O₂.

Hypochlorous Acid

Hypochlorous Acid (HOCl), also known as Electrolyzed Water (EW) or Electrolyzed Oxidizing Water (EOW), is a weak, unstable acid found only in solution. This electron-accepting molecule plays a crucial role in oxidation- reduction reactions. Naturally produced by

mammalian white blood cells, HOCl is safe for biological applications, posing no harm to skin or eyes and causing no burning sensation.

HOCl is synthetically produced by dissolving refined salt (typically 99.9% NaCl with minimal impurities like 0.15% moisture and 10 ppm potassium ferrocyanide) in clean water, followed by electrolysis. During this process, NaCl dissociates into negatively charged chloride ions (Cl^-) and positively charged sodium ions (Na^+). Concurrently, water breaks down into hydroxide ions (OH^-) and hydrogen ions (H^+).

At the anode, Cl^- and OH^- ions transfer electrons, leading to the formation of oxygen gas, chlorine gas, hypochlorite ion (OCl^-), hypochlorous acid (HOCl), and hydrochloric acid (HCl). Conversely, H^+ and Na^+ ions migrate to the cathode to receive electrons, producing hydrogen gas and sodium hydroxide (NaOH).

Disinfectant solutions derived from this process include Acidic Electrolyzed Water (AEW) and Neutral Electrolyzed Water (NEW). While AEW effectively reduces bacteria, its low pH, rapid volatilization of dissolved chlorine gas (Cl_2), and potential impact on pathogens limit its widespread use. In contrast, NEW exhibits strong antimicrobial activity with a neutral pH (6.5-8.5). This neutrality makes it suitable for food applications as it preserves food pH, color, and appearance, and causes less corrosion to equipment or irritation to hands compared to AEW.

Water at the

Anode is called Strong Acidic Water with a pH < 2.7 ORP $\geq +800$ to +1000 mV.

Cathode is called Strong KANGEN Water with a pH > 11 ORP -800 to -900 mV.

The chemical composition and physical properties of HOCl, along with its disinfection, antimicrobial, and sanitizing efficacy, are influenced by factors such as brine concentration, electrical energy, reaction time, electrolysis conditions, temperature, and pH (Aniyyah et al., 2021).

HOCl effectively eliminates viruses, bacteria, fungi, and fungal spores by destroying microbial cell walls and inhibiting growth. It is 80-120 times more potent than chlorine bleach in killing germs. With over 30 years of established use and ongoing research, HOCl is widely applied for disinfection in food processing, poultry farms, water treatment, and healthcare settings including wound care, dentistry, and medical equipment sterilization. Sanitization, in this context, refers to reducing germ levels to a safe extent without compromising product quality or safety (Pfuntner, 2011).

HOCl was initially developed in Russia in 2008 by Hricova et al. for water decontamination and hospital disinfection. By the 1980s, its use expanded to Japan, first for sterilizing medical equipment. Concerns over foodborne pathogens in the late 1990s led to its adoption in food safety, where it proved highly effective and more cost-efficient than chlorinated water.

Different concentrations of HOCl are suitable for various applications:

200-400 PPM: Ideal for cleaning floors, surfaces, bathroom mold, tables, and curtains, as well as for deodorizing and trapping airborne dust and germs.

50-100 PPM: Safe for use as a skin disinfectant spray, mask cleaning (without damaging polymer surfaces), and sanitizing children's toys, kitchen utensils, and sinks.

HOCl is a weak acid that partially dissociates into hydrogen and hypochlorite ions (as shown in Equation 1) within a pH range of 6.5 to 8.5.



HOCl's germicidal effectiveness is significantly higher than that of OCl^- . Its dissociation is pH-dependent: below pH 6.5, HOCl remains undissociated, while above pH 8.5, it fully dissociates into OCl^- . Table 3 illustrates how pH influences the distribution of chlorine between HOCl and OCl^- .

Table 3 HOCl and OCl^- % is determined by pH

Disinfection	pH	% OCl^-	% HOCl
	4	0	100
Hypochlorous Acid	5	0	100
	6	1.8	98.2
	7	16.7	83.3
	8	67.8	32.2
	9	95.5	4.5
	10	99.5	0.5
Bleach	11	99.95	0.05

(Source: hocl.com, 2025)

Envirolyte™ Physical Properties

Table 4. shown Chemical Composition of Envirolyte™ and its Function.

Table 4 Chemical Composition of Envirolyte™ and its Function

Component	Synonym	CAS No.	W/V %	Function
Sodium Chloride	Salt, Sea Salt, NaCl	7647-14-5	0.0015	Natural salt is the source of sodium and chlorine. Their Compounds, hydrochloric acid, chlorates, sodium carbonate, hydroxide, etc.
Water	Deionized Water, H ₂ O	7732-18-5	99.8	Dissolve Sodium chloride and other substances.

(Source: Envirolyte™, MSDS, 2017)

Envirolyte™ composition

Envirolyte™ contains active chlorine compounds, HOCl 0.01-0.5 %W/V generated from NaCl by electrolysis. The solution contains no compounds as per the regulations for toxic compounds (67/548/EWG) as shown in Table 5.

Table 5 Envirolyte™ composition

Ingredients	Symbol	% w/v	CAS No.	EINICS No.
Sodium Chloride	NaCl	0.26	7647-14-5	231-598-3
Hypochlorite ion	OCl ⁻	0.0005		14380-61-1
Hypochlorous acid	HOCl	0.05	7790-92-3	232-232-5
Water	H ₂ O	99.69	7732-18-5	231-791-2
ORP	mV	970		
The acidity and alkalinity at 25°C	pH	5.5	APHA 2005 (4500-H+B)	

(Source: Envirolyte™, 2017)

Materials and Methods

Thai HOCl

Thai HOCl is produced through the electrolysis of a sodium chloride solution, where positive and negative electrodes drive an electrochemical reaction. This process generates ions, specifically OH^- and Cl^- (College side kick, 2025).

Upon completion of the reaction, Thai Rock Salt HOCl exhibits the composition detailed in Table 6 and maintains an Oxidation-Reduction Potential (ORP) between 950-1100 mV. This solution effectively destroys bacteria and viruses by electrically charging gram-negative hosts through direct contact, typically via nebulizers or cold steam sterilization.

Table 6 Composition of Thai HOCl

Components	Formula	Percentage %
Sodium hypochlorite	NaOCl	0.03500
Chlorine dioxide	ClO_2	0.00110
Sodium chlorate	NaClO_3	0.00150
Ozone	O^3	0.00002
Total oxidants		0.03762
Water	H_2O	99.96238

(Source: Author, 2025)

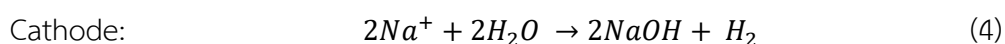
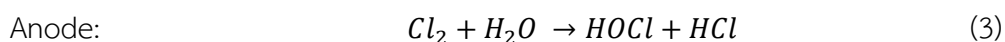
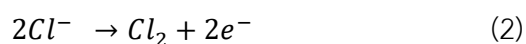
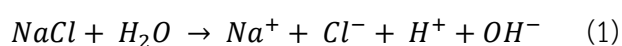
Table 7 outlines the chemical composition and functional roles of Thai Rock Salt HOCl. It contains 0.0014844% W/V Sodium Chloride (NaCl), sourced from natural salt. This NaCl provides chlorine and sodium, along with their compounds such as hydrochloric acid, chlorates, sodium carbonate, and hydroxide, which act as electrolytes, buffers, and matrix modifiers. The remaining 99.8% W/V is de-ionized water (H_2O), serving as the primary solvent, dispersing medium, hydrating agent, and promoter of chemical changes.

Table 7 Thai Rock Salt HOCl composition and information ingredients

Component	Synonym	CAS No.	% W/V	Function
Sodium Chloride	Salt, Sea Salt, NaCl	7647-14-5	0.0014844	Natural salt is the source of chlorine and sodium as well as of all, or practically all, their compounds e.g., hydrochloric acid, chlorates, sodium carbonate, hydroxide, etc. Used as an electrolyte, buffers, matrix modification.
Water	Water, H ₂ O, Deionized Water	7732-18-5	99.8	It allows substances to dissolve and functional as a solvent, dispersing medium, hydrate, and promoter of chemical changes.

(Source: Author, 2025)

Thai Rock Salt HOCl caused by the separation of substances with positive and negative electrodes, when passing through the saline water down to causing electrolyte reactions of the Sodium Chloride solution is an ion-containing compound which is OH⁻ and Cl⁻ as the equation. (College side kick, 2025).



Hypochlorous Price

In Thailand, the pricing of HOCl products that meet the European disinfectant standards EN 1040 and EN 1276, as shown in Table 8, varies by brand.

Table 8 The prices of HOCl products in Thailand

Brand	Size (mL)	Price (THB)
SteriPlant™	1,000	1,600.00
Envirolyte™	1,000	750.00
Clean-U	1,000	1,800.00
Thai HOCl	1,000	350.00

(Source: Author, 2025)

Test samples

1. Salt samples

From Table 9 and Figure 5. Salt samples from Udon Thani, Sakon Nakhon, and Nan province, Pakistan and Sea salt from Samut Sakhon was send to SGS, Bangkok, Thailand on February 6th, 2024.

Table 9 Salt samples

No.	Salts	Location
1.	Ban Phue rock Salt	Non-Thong Subdistrict, Ban Phue District, Udon Thani
2.	Krator rock salt	Wanonnivas Subdistrict, Wanonnivas District, Sakon Nakhon
3.	Mountain rock salt	Bo Klea Tai Subdistrict, Bo Klea District, Nan
4.	Himalayan rock salt	Himalayas, Pakistan
5.	Sea salt	Na Khok Subdistrict, Mueang District, Samut Sakhon

(Source: Author, 2025)



Figure 5 Salt sample send to test, February 6, 2024

(Source: Author, 2025)

2. HOCl samples

Figure 6 and Table 10 shown HOCl test samples was made from Ban Phue Rock Salt, Krator rock salt, Mountain rock salt and send to test compositions and properties.

Table 10 HOCl test samples

No	HOCl from
1.	Ban Phue Rock Salt
2.	Kartar Rock Salt
3.	Mountain Rock Salt

(Source: Author, 2025)



Figure 6 HOCl test samples send to test

(Source: Author, 2025)

Quality inspection

1. Raw material compositions

The standard salt composition as shown on Table 11. Normally Refined salt 99.9% was use for Envirolite™.

Table 11 Standard salt composition

Parameters	Formula	Units	Analysis Method
Sodium Chloride	NaCl	%	Dry basis by difference
Moisture	H ₂ O	%	Oven dry
Insoluble matter	IM	%	Gravimetric
Calcium	Ca	ppm	Titration
Magnesium	Mg	ppm	Titration
Iron	Fe	ppm	Spectrophotometry
Sulphate	SO ₄	%	Titration
Potassium ferrocyanide	K ₄ Fe(CN) ₆	ppm	Spectrophotometry

(Source: Author, 2025)

Salt composition tested results

Table 12 details the comparative composition of various salt sources. Refined salt, alongside rock salts from Ban Phue, Krator, and Mountain, consistently showed the highest NaCl content, reaching 99.77%. In contrast, sea salt contained less NaCl (98.00%) and notably higher moisture (0.95%). Significantly, both sea salt and Himalayan rock salt presented elevated levels of impurities and potentially toxic substances, along with higher iodine content (Figures 7, 8, 9). Therefore, sea salt and Himalayan rock salt are deemed unsuitable for HOCl production. Refined salt and the rock salts from Ban Phue, Krator, and Mountain emerge as the appropriate raw materials for HOCl generators.

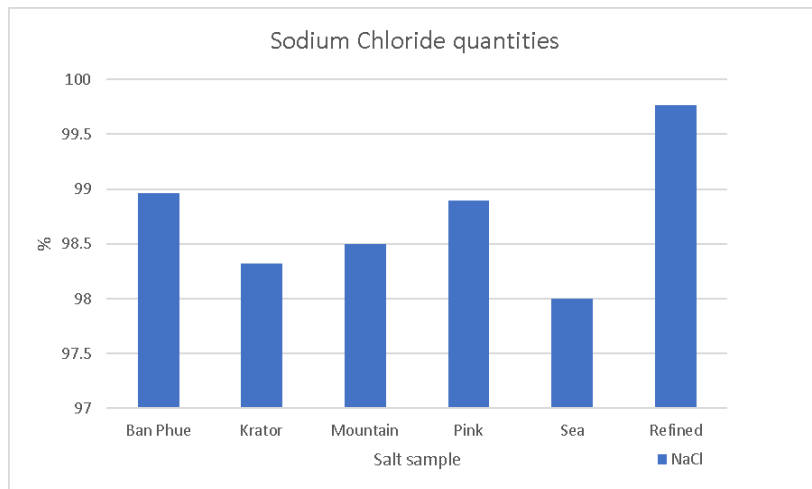


Figure 7 Sodium chloride quantities for each salt
(Source: Author, 2025)

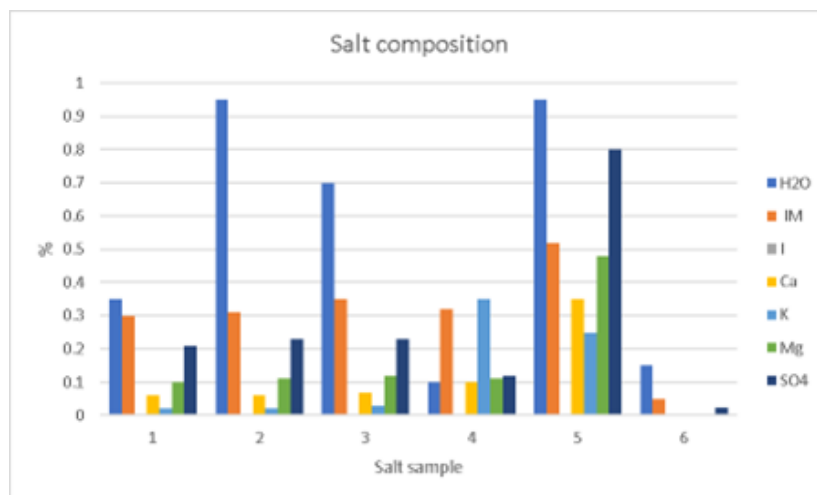


Figure 8 H₂O, Insoluble matter, I, Ca, K, Mg, SO₄ quantities for each salt
(Source: Author, 2025)

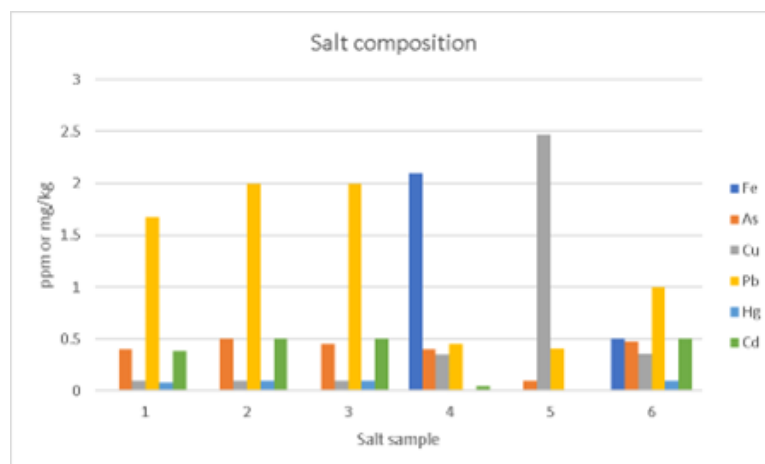


Figure 9 Fe, As, Cu, Pb, Hg, Cd quantities for each salt
(Source: Author, 2025)

Table 12 Salt composition tested results

Physical properties			Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
			Ban Phue	Krator	Mountain	Himalayan	Sea Salt	Refined
Odor			Odorless	Odorless	Odorless	Odorless	Odorless	Odorless
Taste			Salty taste	Salty taste	Salty taste	Salty taste	Salty taste	Salty taste
			No foreign	No foreign	No foreign	No foreign	No foreign	No foreign
			taste	taste	taste	taste	taste	taste
Color			White	White	White	Pink	Light grey	White
Grade			Food	Food	Food	Food	Food	Food
Size		mm	0.5-1.1	0.45-2.3	0.5-1.0	2-5	4-6	0.15-0.85
Sodium Chloride	NaCl	%	98.96	98.32	98.50	98.90	98.00	99.77
Moisture	H ₂ O		0.35	0.95	0.70	0.10	0.95	0.15
Insoluble matter	IM		0.30	0.31	0.35	0.32	0.37	0.05
Iodine	I					0.0005	0.0020	
Calcium	Ca		0.06	0.06	0.07	0.10	0.12	0.00015
Potassium	K		0.02	0.02	0.03	0.35	0.10	0.00010
Magnesium	Mg	%	0.10	0.11	0.12	0.11	0.21	0.00001
Sulphate	SO ₄		0.21	0.23	0.23	0.12	0.25	0.02500
Iron	Fe	ppm				2.10		0.50
Copper	Cu		0.10	0.10	0.10	0.35	2.47	0.36
Arsenic	Max 0.5	As	0.40	0.50	0.45	0.40	0.10	0.48
Lead	Max 2.0	Pb	1.68	2.00	2.00	0.45	0.41	1.00
Mercury	Max 0.1	Hg	0.08	0.10	0.10	0.01	0.01	0.10
Cadmium	Max 0.5	Cd	0.38	0.50	0.50	0.05	0.01	0.50

Remarks: Ministry of Public Health Announcement, (Issue 414) 2020, Issued in accordance with the Food Act B.E. 2522,
Subject: Standards for food that contains contaminants

(Source: Author, 2025)

Table 13 presents a comparison of HOCl properties derived from various salt sources against Envirolite™. HOCl produced from Rock Salt 1 exhibited a higher concentration of key substances, closely mirroring Envirolite™'s profile. In contrast, sea salt yielded poor results, producing HOCl with significantly lower substance levels than rock salt. Himalayan rock salt also resulted in lower substance concentrations compared to Envirolite™. Among the rock salt varieties, Rock Salt 1 stands out as the most suitable material for HOCl production in Thailand.

Table 13 Physical properties tested results of HOCl from each salt

Physical properties	Formula	RockSalt1	RockSalt2	RockSalt3	Enviolyte™
Clean water	H ₂ O	99.6915	99.6964	99.6924	99.6900
Sodium Chloride	NaCl	0.2579	0.2562	0.2567	0.2595
Hypochlorous acid	HOCl	0.0496	0.0493	0.0494	0.0500
Hypochlorite ion	OCl ⁻	0.0010	0.0019	0.0015	0.0005
ORP	mV	950	895	935	970
Acidity and alkalinity at 25°C	pH	5.6	5.9	5.7	5.5

(Source: Author, 2025)

2. Quantitative suspension test standard

2.1. EN 1040 Test conditions and test requirements

EN 1040 evaluates the basic bactericidal activity of chemical disinfectants and antiseptics under standard conditions as shown in Figure 10. (Microbe investigations, EN 1040, 2025).

Mandatory test microorganisms

- *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442)
- *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538P)

Additional strains

- *Escherichia coli* (ATTC 8739)
- *Enterococcus hire* (ATTC 10541)
- *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 4352)
- *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (ATCC 33591)
- *Salmonella enterica* (ATCC 10708)
- *Candida Albicans* (ATCC 3017)

Test temperature 20 °C

Contact time 5 min

Log reduction Tested product must achieve 5 log reduction value to pass EN 1040 test

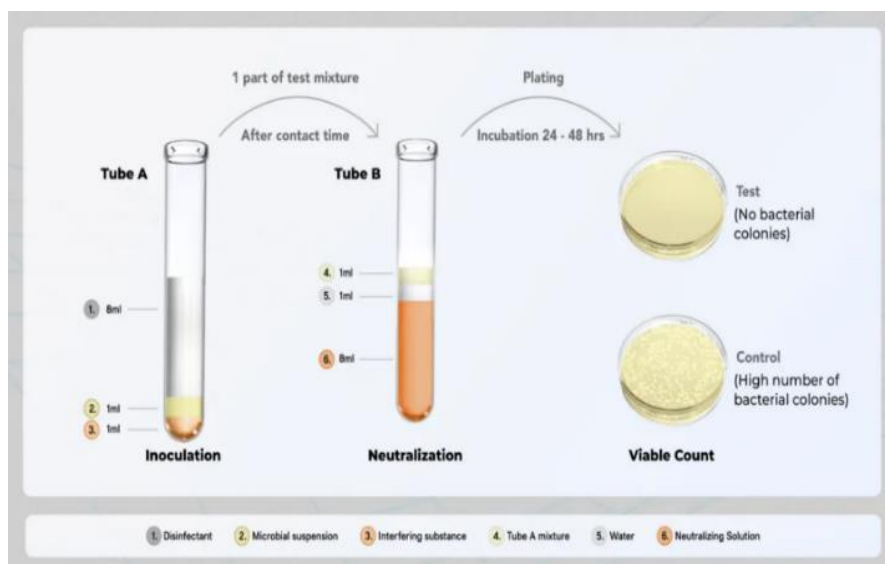


Figure 10 BS EN 1040: 2019 Test
(Source: Microbe investigations, 2025)

2.2. EN1276 test conditions

The test conditions specified by the standard are designed to closely simulate practical use conditions to ensure reliability in results as shown in Figure 11. (Microbe investigations, 2025).

Test organisms

The bactericidal activity of the product is tested using the following strains as shown in Table 14.

Table 14 Inoculum concentration

Inoculum	Method	CFU/mL
<i>Candida albicans</i>	DSM 1386	8.1×10^8
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATTC 6538	9.3×10^8
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATTC 15442	4.2×10^8
<i>E. coli</i>	ATTC 10536	4.2×10^9
<i>Enterococcus hirae</i>	ATTC 10541	1.0×10^{10}
<i>Asp. Niger</i>	C 1103 (Oxoid)	4.0×10^6
<i>Listeria monocytoses</i>	(Oxoid)	3.0×10^9
<i>Legionella pneumophila</i>	C 3950 (Oxoid)	6.0×10^3
<i>Salmonella typhimurium</i>	C 6000 (Oxoid)	8.0×10^3

(Source: Author, 2025)

Contact time

The contact time ranges from 1 minute to 60 minutes, depending upon product use and manufacturer's instructions.

Test Temperature

Test temperature 4-40 °C.

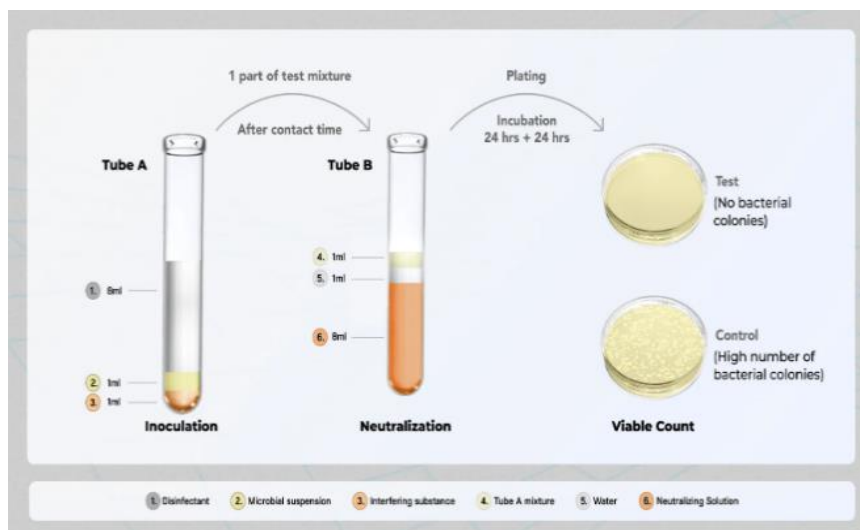


Figure 11 BS EN 1276: 2019 Test method

(Source: Microbe investigations, 2025)

Tests

The tests have been conducted in regulations to EN1276 and tested in the given standard time. Thai HOCl was stored in a refrigerator at 8 °C for 5 days. For thinning Thai HOCl we have used reversed osmosis water, a clear, colorless liquid.

A thinning neutralization procedure was conducted, a lower amount of 0.3 gm/l Cow albumin, sterilized and filtered using membrane filters, has been used. The tests were conducted for 3 days and evaluated after the incubation at 37 °C (or *Candida albicans* 30 °C for 2 days and evaluated.

Sodium Thiosulphate 0.5 % use as a neutralizer, which has been sterilized by filtration. As for the growth mediums the Bacteria TSA-Agar (Oxoid) and also Asp. Niger Sabouraud-Agar (Oxoid) was used.

The test procedure set up

- 1 mL solution was made up of 0.1 mL Inoculum. After 2 minutes.
- 8.9 mL Thai HOCl was added into the mixture. After
- 1 mL of the mixture was put into an 8 mL test tube and
- 1 mL sterilized water was added. After 5 minutes reaction time.
- 1 mL was taken out and put on the petri dish using a pipette, then
- 15 mL of cooled liquid growth medium was poured over the substance.

After the Agar solidified the plates were then hatched at the correct temperatures and then evaluated.

Bacterial effectiveness of Thai HOCl by EN 1276 phase 2 Level 1. Tests with lower albumin amount.

Thai HOCl is an electrolyte liquid which has bacteria disinfecting properties through a mixture of active chloride, ozone, hydrogen peroxide and other active substances. The initial pH 7.25 and ORP 1,100 mV.

The inoculum had concentrations, for a clearer understanding both test results the test has been done in two stages. The first tests have been done in October 14, 2024. The second stage was done in December 5, 2024.

Results

Thai HOCl efficacy test results

Thai HOCl efficacy test, 1st Stage bacteria count results, Colony-forming unit (CFU), (Revive, 2025), the initial population of live germ. From Table 15. showed that the treatment treated the number was taken from CFU, the original measurement found on the Inoculum. The number below is the logarithmic reduction factor as Shown in Table 16.

Table 15 1st Stage initial population of live germ

Bacteria's	CFU/mL	
<i>Candida albicans</i>	8.1	10 ⁸
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	4.2	10 ⁸
<i>Staphylococcus aureus</i>	9.3	10 ⁸
<i>E. coli A</i>	4.2	10 ⁹
<i>Enterococcus</i>	1.0	10 ¹⁰

(Source: Author, 2025)

Table 16 1st Stage bacteria count results

Thai HOCl 100%	Candida	Ps. aeruginosa	Staph. aureus	E. Coli	Enterococcus
Minutes	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6
3	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
Thai HOCl 50%	Candida	Ps. aeruginosa	Staph. aureus	E. Coli	Enterococcus
Minutes	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6	CFU log 6
3	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0
Thai HOCl 10%	Candida	Ps. aeruginosa	Staph. aureus	E. Coli	Enterococcus
Minutes	CFU log 6	CFU log 6	CFU	CFU	CFU log 6
3	2	0	log 3 1070	log 5 48	0
15	0	0	log 4 680	log 5 4	0
30	0	0	log 5 31	log 5 0	0
60	0	0	log 6 0	log 6 0	0

(Source: Author, 2025)

Thai HOCl efficacy test, 2nd Stage bacteria count results, the initial population of live germ was as shown in Table 17.

Table 17 2nd Stage initial population of live germ

Bacteria's	CFU/mL
<i>Asp. Niger</i>	4.0 10 ⁶
<i>Listeria monocytoses</i>	3.0 10 ⁹
<i>Legionella pneumophilia</i>	6.0 10 ³
<i>Salmonella typhimurium</i>	8.0 10 ³

(Source: Author, 2025)

From Table 18. Showed the treatment treated the number was taken from CFU, the original measurement found on the Inoculum. The number below is the logarithmic reduction factor. Thai HOCl had to reduce the live germ number by log 3 to pass EN 1276 requirements.

With Thai HOCl concentration 100% has passed the EN 1276 after an effect time of 3 minutes

With Thai HOCl concentration 50% has passed the EN 1276 after an effect time of 15 minutes

With Thai HOCl concentration 10% has passed the EN 1276 after an effect time of 30 minutes with exception to *Salmonella typhimurium*.

Table 18 2nd Stage bacteria count test results

Thai HOCl 100%	<i>Asp. Niger</i>	<i>List. Monocytogenes</i>	<i>Legionella</i>	<i>Salmonella</i>
Minutes	CFU log 6	CFU log 9	CFU log 3	CFU log 8
0	0	0	0	0
3	0	0	0	0
15	0	0	0	0
30	0	0	0	0
Thai HOCl 50%	<i>Asp. Niger</i>	<i>List. Monocytogenes</i>	<i>Legionella</i>	<i>Salmonella</i>
Minutes	CFU log 6	CFU log 9	CFU log 3	CFU log 8
3	0	Growth	0	Growth
15	0	0	0	0
30	0	0	0	0
Thai HOCl 10%	<i>Asp. Niger</i>	<i>List. Monocytogenes</i>	<i>Legionella</i>	<i>Salmonella</i>
Minutes	CFU log 6	CFU log 9	CFU log 3	CFU log 8
3	Growth	Growth	0	Growth
15	Growth	0	0	Growth
30	0	0	0	Growth

(Source: Author, 2025)

Test from 3rd party

Table 19 3rd party test results

Test Items	Method	Results	Units
<i>Staphylococcus aureus</i>	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 23 rd Edition, 2017, Part 9213 B and FDA BAM Online, 2016 (Chapter 12) -S. aureus	Less than 1	CFU/100mL
* <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Based on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 23 rd Edition, 2017, Part 9213 E/API 20NE	Not detected	CFU/100mL
<i>E. coli</i>	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 23 rd Edition, 2017, Part 9221 F and FDA BAM Online, 2017 (Chapter 14) - E. coli	Not detected	CFU/100mL
* <i>Listeria ssp.</i>	Based on FDA BAM Online, 2017 (Chapter 10)	Not detected	CFU/100mL
* <i>Sodium Chloride</i>	Based on APHA, 23 rd Edition, 2017	2411	mg/L

Test(s) Marked * On this report are not included in the BLQS DMSc Accreditation Scope.

From Table 19. Shown 3rd party test results, *Staphylococcus aureus* less than 1 CFU/100mL, *Pseudomonas aeruginosa* not detected, *E. coli* not detected, *Listeria ssp.* Not detected, in standard.

Discussions

The purity of salt used in hypochlorous acid (HOCl) production is critical, as contaminants can impact the final product's efficacy and stability. This study investigates various salt sources, comparing their compositions and the resulting HOCl properties to identify the most suitable option for HOCl generation.

A literature review and tested reports reveal significant variations in the sodium chloride (NaCl) content and impurity profiles of different salt types:

Refined Salt (Rock Salt Type): Often used in foreign HOCl production, refined salt typically boasts a high NaCl content of 99.77% and a low moisture content of 0.15%.

Sea Salt: Demonstrates a high impurity level, with iodine at 0.0020% and copper at 2.47 ppm.

Pink Himalayan Rock Salt (Pakistan): Contains elevated levels of iron (2.10 ppm), copper (0.35 ppm), and iodine (0.0050%).

Rock Salt Samples (Local Sourcing):

Rock Salt 1: NaCl 98.96%, moisture 0.35%

Rock Salt 2: NaCl 98.32%, moisture 0.95%

Rock Salt 3: NaCl 98.50%, moisture 0.70%

Based on these compositional and impurity analyses, Rock Salt 1, Rock Salt 2, and Rock Salt 3 were selected for further evaluation in HOCl production due to their relatively high NaCl content and manageable impurity levels compared to sea salt and Himalayan rock salt.

Physical Properties of HOCl Produced from Different Salt Sources

The selected rock salt samples were utilized to produce HOCl, and the physical properties of the resulting solutions were tested and compared against a commercial benchmark, Envirolite™ as shown in Table 20.

Table 20 Physical Properties of HOCl Produced from Different Salt Sources

Salt Source	H ₂ O (%)	NaCl (%)	HOCl (%)	OCl ⁻ (%)	ORP (mV)	pH
RockSalt1	99.6915	0.2579	0.0496	0.0010	950	5.6
RockSalt2	99.6964	0.2562	0.0493	0.0019	895	5.9
RockSalt3	99.6924	0.2567	0.0494	0.0015	935	5.7
Envirolite™	99.6900	0.2595	0.0500	0.0005	970	5.5

(Source: Author, 2025)

Identifying the Optimal Salt Source

While Refined Salt (0.295% NaCl in HOCl solution) exhibits a slightly higher NaCl content in the final HOCl solution compared to RockSalt1 (0.2579%), Rock Salt 1 demonstrates comparable HOCl production efficiency and overall solution properties. Given its readily available nature and favorable characteristics, Rock Salt 1 is a suitable alternative to Refined Salt for the effective production of HOCl. Further investigation into the long-term stability and specific applications of HOCl derived from these various rock salt sources could provide additional insights.

Conclusion and Suggestions

Conclusion

Thai HOCl produced from Mountain Rock Salt (Bo Klea Tai, Bo Klea District, Nan) showed promising results, with its composition and properties closely matching those of Envirolite™, an imported HOCl made from refined salt. This indicates that Thailand can utilize its own resources to develop HOCl with physical properties comparable to foreign products. This local production capability offers the potential for more affordable and effective disinfection medical equipment, fostering technological independence.

Thai HOCl significantly inactivated *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli*, *Enterococcus*, *Asp. Niger*, *Listeria monocytoses*, *Legionella pneumophila*, and *Salmonella typhimurium*.

Thai HOCl concentration 100% has passed the EN 1040 after an effect time of 3 min.

Thai HOCl concentration 50% has passed the EN 1040 after an effect time of 3 min.

Thai HOCl concentration 10% has passed the EN 1040 after an effect time of 60 min.

Thai HOCl concentration 100% has passed the EN 1276 after an effect time of 3 min.

Thai HOCl concentration 50% has passed the EN 1276 after an effect time of 15 min.

Thai HOCl concentration 10% has passed the EN 1276 after an effect time of 30 min.

with exception to *Salmonella typhimurium*.

The varying NaCl content and contaminants across different salt sources likely influence the properties of the resulting HOCl, impacting both its key components and disinfection efficacy.

The pricing of HOCl products that meet the European disinfectant standards EN 1040 and EN 1276, as shown in Table 9, varies by brand with the same size, 1,000 mL, SteriPlant™ 1,600.00 THB, Envirolite™ 750.00 THB, Clean-U™ 1,800.00 THB, Thai HOCl 350 THB.

Crucially, Thai HOCl demonstrates promising results, with its essential composition and performance closely aligning with established international standards.

This makes Thai HOCl suitable for broad applications in general sanitation, including food sanitation and the disinfection of food-contact surfaces. Thai rock salt HOCl, in particular, proves highly effective against various germs with affordable price.

Suggestions

Food, medical, water and environmental agencies are depending more and more on NEW and EW as a basic chemical free sanitizer to protect the environment where food is prepared and providing sterile conditions for medical uses and water bio-safety.

HOCl is being used in industries that depended heavily on conventional sanitizers which were mainly chemical based. Although electrolysis was a well-known format of treating water for producing different types of by-products, the main applications today focused on sanitization and its efficacies.

As a safe non-toxic sanitizer, Thai HOCl sanitizing water shall be a common sight in private clinics, schools, hospitals, educational institutions and commercial uses such as food processing and packaging companies plus supermarkets with large cold storage and display facilities.

Application of Thai rock salt to produce and replace imports of general sanitation, food sanitation, and surface sanitation for disinfection. This makes it easy for the public and public health agencies to access with affordable price.

Acknowledgement

The researcher would like to express sincerely to Suan Sunandha Rajabhat University for supporting this research project.

Reference

- Aniyah, M. S. N., Idhamnulhadi, Z., Shah, A. A., Shakirah, H. L., Suhaila, A., Norazlina, H., & Najwa, M. H. (2021). Electrolysis Study Effect on Electrolyzed Water as Disinfectant and Sanitizer, *Journal of Physics*, 2266, 012004.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2266/1/012004>
- Atoms In Motion. (2024). *Salt*. <https://www.atomsinmotion.com>
- College side kick. (2025). *Electrolysis of Sodium Chloride*. <https://www.college-sidekick.com/study-guides/introchem/electrolysis-of-sodium-chloride>
- Envirolyte™, Material Safety Data Sheet, February 28, 2017, <https://www.Envirolyte-TM.co.uk/media/files/14971818962017-aank-hd-safety-data-sheet-6000-ppm.pdf>
- Grains, N. (2025). *Himalayan Rock Salt Crystals*. <https://www.naatigrains.com/buy-original-himalayan-pink-rock-salt-crystals-online>
- HOCL. (2025). *Chemistry of hypochlorous*. <https://hocl.com/hocl-chemistry>
- HOCL. (2025). *Hypochlorous Acid*. <https://hocl.com/>
- Microbe investigations. (2025). *EN 1040*. <https://microbe-investigations.com/en-1040>
- Microbe investigations. (2025). *EN 1276*. <https://microbe-investigations.com/en-1276>
- National Center for Biotechnology Information. (2025). PubChem Compound Summary for CID 23665760, *Sodium Hypochlorite*.
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-Hypochlorite>
- Pfuntner, D., (2024). *USDA on HOCL*. https://disinfexol.com/usda-on-hocl/?srsltid=AfmBOoqaY7LgEeN9JgQPPd_obmgF2ggs5xoZ51YcTlhPjIApf2kNKElw
- Reisch, M. S. (2009). Inherently Safer Water Purification, *Chemical & Engineering News*, 87(6), 22–23. <https://doi.org/10.1021/cen-v087n006.p022>
- Revive. (2025). *Colony-forming unit (CFU)*. <https://revive.gardp.org>
- Rock salt crystals. (2024). *The Natural History Museum of Vienn*.
https://www.nhm.at/en/press_/about_the_museum/museum
- Sangarun, C. (2014). *Textbook of General Thai Traditional Medicine, Thai Pharmacy*. (2nd ed.). Medical Arts Division, Ministry of Public Health, Thailand.
- TRS. (2025). *Pure Salt*. <https://www.trs.co.th/th/spec/P0013/refined-salt-999>
- TRS. (2025). *Thai Refined Salt Company*. <https://www.trs.co.th/en/ab/about-trs/>
- Weird Science. (2021). *Types of Salts in Seawater*. <https://manoa.hawaii.edu>

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งอรุณ วาติถิ์ สิริศรัทธา

รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ พงศ์ธีรรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ดร.อารีรัตน์ นิรันดร์สิทธิรัชต์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ภา ธาณินพงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรา มินเสน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร บุญมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไผ่แดง ขวัญใจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ นนทมาลย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกุล มะโนทน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสราร รื่นไวย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล ปันสกุล

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ พวงงามชื่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งททัย ชัยอากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มรุรส ชัยหาญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ อุ่นนันทากาศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะหัตสัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณวิมล นาดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาติ เทียมเมือง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พาสน์ ปราโมกษ์ชน

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐิยา ชัยชนะ

รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ เรือนคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินารัตน์ แสงวงกิจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติมา พรหมมารัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มีชัย เทพนุรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดารัตน์ สุขประภาภรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งโรจน์ สุขใจมุข

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ปินตาคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรรา สมกำลั่ง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินัญญิณี จิตคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ไชยคำวัง

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธ์ ฌอน บัวกนก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยรังสิต

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกฤษณ์ ธรรมกวินวงศ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมคาย พันธุ์เพ็ง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรสุตา มาทา
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ สุวรรณอัคร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์พร พันธุ์เพ็ง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยา ปลอดแก้ว
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิตากร สุวรรณ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไศภิชฐพร ศิลปะภิรมย์สุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ พันอินทร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นางงาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตยา วัฒนสินธ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรโรจน์ ต่อสะสุกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพล มากมี
 รองศาสตราจารย์ ดร.ณิชารีย์ ใจคำวัง
 รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา มิ่งฉาย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ อ้นมอย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พงศ์รพฤกษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ วิริยะรัตนกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพา พิณญาพงษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิพันธ์ เสียมไหม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ จิ๋ว
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา ชยธวัช
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณนิภา ดอกไม้งาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นสพ. ดร.ชเวง สารคลอง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปพนพัชร ภัทรฐิติวิสัย
 รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย
 รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรหม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย เครืออินทร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์ ชัยวัง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงศ์ เตียมมี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปมณฑ์ ภูมาศ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาคี

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
 มหาวิทยาลัยปทุมธานี
 มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.กุลิสรา มรฺบัณฑิต
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิงกาญจน์ ปวนสุรินทร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคลกร ศรีวิชัย
 อาจารย์ ดร.ศรีประไพ อินทร์ชัยเทพ
 รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาวดี แหยมคง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษ สุจริตตั้งธรรม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาลิกา เวชกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวิจนา แก้วผณี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา กิจพิพิธ
 รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ แสงสุวรรณ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภิระ บุตรดี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุท ชัยรัตน์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิเชษฐ์ จำเนียรสุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชญา ลอยหา
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย มีแสง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวรรณ ไตรทิพย์สมบัติ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรชัย กมลลิมสกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติศักดิ์ จตุรพิริย์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
 วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
 มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน (Science and Technology to Community)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน มีเป้าหมายและขอบเขต (Aim and Scope) ที่รับตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน ได้แก่

- 1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เกษตรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ชีววิทยา จุลชีววิทยา ชีวเคมี เทคโนโลยีการอาหาร พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ปฐพีวิทยา โรคพืช การส่งเสริมการเกษตร เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสิ่งแวดล้อม
- 2) วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- 3) วิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ สร้างเสริมพัฒนาสุขภาพชุมชน อนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย สารสนเทศทางสุขภาพ

รูปแบบของวารสาร

1. กำหนดออก ปีละ 6 ฉบับ ฉบับละ 8 บทความ
ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์
ฉบับที่ 2 มีนาคม – เมษายน
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม – มิถุนายน
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม – สิงหาคม
ฉบับที่ 5 กันยายน – ตุลาคม
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน – ธันวาคม
2. บทความที่ตีพิมพ์ต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ บทความละ 3 ท่านต่อเรื่อง โดยผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้นิพนธ์และผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blind Peer Review)
3. นโยบายด้านค่าดำเนินการ
 - 3.1 ปี พ.ศ. 2565 – 2568 การส่งบทความไม่มีค่าใช้จ่าย เนื่องจากได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 - 3.2 ปี พ.ศ. 2569 เป็นต้นไป มีค่าธรรมเนียม บทความละ 3000 บาท

การเตรียมต้นฉบับบทความมีรูปแบบ ดังนี้

ชื่อบทความ (ไทย) (Th SarabunPSK 20 pt, Bold)

Title of article (English) (Th SarabunPSK 20 pt)

ชื่อผู้เขียน (ไทย) (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

Author's name (English) (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

หน่วยงานผู้เขียน (ไทย) (Th SarabunPSK 16 pt)

Author Agency (English) (Th SarabunPSK 16 pt)

E-mail : (Th SarabunPSK 14 pt)

Telephone (Th SarabunPSK 14 pt)

บทคัดย่อ (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

(ภาษาไทยก่อนและตามด้วยภาษาอังกฤษ, กรณีเป็นบทความภาษาอังกฤษต้องมีบทคัดย่อภาษาไทย) เป็นการสรุปสาระสำคัญ ประเภทวิจัย วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัยที่กระชับและชัดเจน และองค์ความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้น รวมทั้งสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อสังคม ชุมชนท้องถิ่น ระบุตัวเลขสถิติที่สำคัญ ใช้ภาษารัดกุมเป็นประโยคสมบูรณ์และเป็นร้อยแก้ว ไม่แบ่งเป็นข้อๆ โดยบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษไม่ควรเกิน 1 หน้ากระดาษขนาด A4 และให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) ไว้ท้ายบทคัดย่อในแต่ละภาษา (Th SarabunPSK 16 pt)

คำสำคัญ: คำที่ 1 คำที่ 2 คำที่ 3 (3-5 คำ) (Th SarabunPSK 16 pt)

บทนำ (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

ให้เขียนอธิบายความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ วัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่ได้รับ (Th SarabunPSK 16 pt)

ระเบียบวิธีวิจัย (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

อธิบายถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและอธิบายวิธีการศึกษาทดลอง ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีดำเนินการวิจัย เครื่องมือวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล (Th SarabunPSK 16 pt)

ผลการวิจัย (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

การเขียนเสนอผลการศึกษาคควรกระชับและแสดงการวิจัยถึงผลที่ชัดเจน หากมีตาราง กราฟ หรือรูปภาพ ให้มีเนื้อหาหรือวิธีการอธิบายประกอบ (Th SarabunPSK 16 pt)

การอภิปรายผล (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

การเขียนอภิปรายผลการศึกษา เป็นการชี้แจงผลการวิจัยว่าตรงตามวัตถุประสงค์ สมมติฐานของการวิจัย สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยของผู้อื่นที่มีอยู่ก่อนหรือไม่ อย่างไร ด้วยเหตุผลใด เปรียบเทียบหรือตีความเพื่อเน้นความสำคัญของงานและสรุปให้เข้าใจง่ายที่สุด (Th SarabunPSK 16 pt)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

ให้เขียนสรุปสาระสำคัญของผลงานวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยเน้นถึงปัญหาหรือข้อโต้แย้งในสาระสำคัญ ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ และองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นหรือประโยชน์ที่จะเกิดต่อสังคม ชุมชน และท้องถิ่น (Th SarabunPSK 16 pt)

กิตติกรรมประกาศหรือคำขอบคุณ (ถ้ามี) (Th SarabunPSK 18 pt, Bold)

อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ โดยเป็นการแสดงความขอบคุณผู้ช่วยเหลือในงานวิจัยแต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมในงานวิจัย (Th SarabunPSK 16 pt)

เอกสารอ้างอิง (Th SarabunPSK 16 pt)

เอกสารอ้างอิง ควรมีไม่ต่ำกว่า 15-20 รายการ และควรเป็นปัจจุบันให้มากที่สุด (Th SarabunPSK 16 pt) การอ้างอิงแบบแทรกปนไปกับเนื้อหา : เนื้อหาบทความใช้ระบบการอ้างอิงแบบนามปี (ชื่อ-นามสกุลผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์) ตัวอย่างเช่นลมูล รัตตากร (2529) ได้กำหนดคุณสมบัติของ.....

รูปแบบการเขียนรายการอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง ควรมีไม่ต่ำกว่า 15-20 รายการ และควรเป็นปัจจุบันให้มากที่สุด การเขียนเอกสารอ้างอิงให้เรียงเอกสารที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดตามลำดับอักษรตัวแรกของรายการที่อ้างอิง โดยเรียงลำดับแบบพจนานุกรม และให้เรียงภาษาไทยขึ้นก่อนภาษาอังกฤษ มีรูปแบบการเขียนแบบ APA 7 ประยุกต์ (American Psychological Association) ดังนี้

1. หนังสือ

ชื่อ สกุล. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.

สีลาภรณ์ บัวสาย. (2549). เศรษฐกิจพอเพียง ร่วมเรียนรู้ สานข่าย ขยายผล. (พิมพ์ครั้งที่ 2).

กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.

Courtney, T. K. (1965). *Physical Fitness and Dynamic Health*. New York: McGraw-Hill Inc.

2. วารสาร (อ้างอิงวารสารที่มีความทันสมัย/เป็นปัจจุบันมากที่สุด)

ชื่อ สกุล. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร, ปีที่ (ฉบับที่), เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสิ้นสุด.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2531). การปฏิรูปหลักสูตรมหาวิทยาลัยในประเทศไทยที่กำลังพัฒนา. *อุดมศึกษา*, 13 (34), 14-20.

<http://www.....>

Elmastas, M., Isildak, O., Turkekal, Isildak., & Temar, N. (2007). Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushroom. *Food Composition and analysis*, 20, 337-345. <http://www.....>

3. วิทยานิพนธ์ (หากเรื่องนั้นมีบทความในวารสารให้ใช้การอ้างอิงจากวารสาร)

ชื่อ สกุล. (ปีที่พิมพ์). ชื่อวิทยานิพนธ์ การค้นคว้าแบบอิสระ. (ระดับวิทยานิพนธ์ การค้นคว้าแบบอิสระ คณะ สถาบันการศึกษา).

ยุริพรรณ แสนใจยา. (2545). แนวทางการพัฒนาไร่ชาสุวิหะ อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

4. บทความในเอกสารประกอบการประชุมสัมมนาวิชาการที่พิมพ์เผยแพร่

ชื่อ สกุล ผู้เขียนหรือหน่วยงาน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. ใน สถานที่จัดประชุม, ชื่อการประชุม ครั้งที่ วันประชุมสัมมนา สถานที่จัด.

คณะกรรมการอำนวยการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ไทย. (2549). *Proceeding งานประชุมวิชาการคัดสรรสุดยอดหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์*, ครั้งที่ 2 วันที่ 1-2 ธันวาคม 2560 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

5. สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (อ้างอิงเฉพาะข้อมูลที่ทันสมัย/เป็นปัจจุบัน เช่น สถิติจำนวนประชากร เป็นต้น)

ชื่อ สกุล. (ปีที่พิมพ์). ชื่อเรื่อง. สืบค้นจาก ชื่อ website

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2562). สำนวนการดำเนินงานของประชากร 2562.

<http://www.nso.go.th/sites/2014>

การส่งต้นฉบับ

จัดส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามข้อกำหนดของรูปแบบวารสาร

ที่เว็บไซต์ <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/index>

การประเมินบทความต้นฉบับ

ต้นฉบับจะต้องผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ซึ่งเป็นบุคคลภายนอกสังกัดของเข้าของบทความ และจากหลากหลายสถาบัน จำนวน 3 ท่านต่อเรื่อง โดยผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้นิพนธ์และผู้นิพนธ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blind peer review) สถาบันวิจัยและพัฒนาจะเป็นผู้สรรหาเพื่อรับการประเมิน กรณีมีการแก้ไขสถาบันวิจัยและพัฒนาจะส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้เขียนให้เพิ่มเติม แก้ไข หรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่แล้วแต่กรณี

หมายเหตุ

1. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ใน “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน” ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. เนื้อหาบทความที่ปรากฏในวารสารเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาด อันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์
3. การส่งบทความ
 - 3.1 ปี พ.ศ. 2565 – 2568 การส่งบทความไม่มีค่าใช้จ่าย เนื่องจากได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
 - 3.2 ปี พ.ศ. 2569 เป็นต้นไป มีค่าธรรมเนียม บทความละ 3000 บาท

จริยธรรมการตีพิมพ์

จริยธรรมในการตีพิมพ์บทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน มีเป้าหมายและขอบเขต (Aim and Scope) ที่รับตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน ได้แก่

- 1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เกษตรศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ชีววิทยา จุลชีววิทยา ชีวเคมี เทคโนโลยีการอาหาร พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ปฐพีวิทยา โรคพืช การส่งเสริมการเกษตร เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสิ่งแวดล้อม
- 2) วิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- 3) วิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้แก่ สร้างเสริมพัฒนาสุขภาพชุมชน อนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัย สารสนเทศทางสุขภาพ

เพื่อให้การเผยแพร่วารสารเป็นไปอย่างถูกต้อง จึงได้กำหนดแนวปฏิบัติและจริยธรรมการตีพิมพ์เผยแพร่บทความสำหรับการดำเนินงานของวารสาร ดังนี้

บทบาทหน้าที่ของผู้เขียนบทความ

1. วารสารขอให้ผู้เขียนรับรองว่าผลงานที่ส่งมานั้นเป็นผลงานใหม่ของผู้เขียนบทความ ไม่คัดลอกผลงานวิชาการของผู้อื่น ไม่มีการละเมิดลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญา และไม่เคยตีพิมพ์ที่ไหนมาก่อน หากตรวจพบว่ามีกรกระทำข้างต้นให้ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความในการละเมิดลิขสิทธิ์
2. บทความที่ส่งมานั้นต้องไม่อยู่ในระหว่างการส่งไปวารสารอื่นเพื่อพิจารณาตีพิมพ์ หากตรวจพบว่ามีกรกระทำข้างต้นกองบรรณาธิการขอยกเลิกบทความดังกล่าว
3. วารสารขอให้เขียนบทความวิจัยให้ถูกต้อง โดยยึดตามรูปแบบของวารสารที่กำหนดไว้ในคำแนะนำผู้เขียน
4. วารสารขอให้ผู้เขียนบทความมีการอ้างอิงทั้งส่วนเนื้อหาและรายการอ้างอิงท้ายบทความเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมาอ้างอิงหากตรวจพบว่ามีกรละเมิดลิขสิทธิ์ให้ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนบทความแต่เพียงผู้เดียวในการละเมิดลิขสิทธิ์
5. ผู้เขียนบทความที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคนต้องเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยเรื่องนั้นจริง
6. หากมีแหล่งทุนสนับสนุนงานวิจัยให้ระบุแหล่งทุนด้วย
7. หากมีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ วารสารขอให้ผู้เขียนบทความระบุรายละเอียดผลประโยชน์ทับซ้อนดังกล่าวด้วย
8. บทความที่เกี่ยวกับการวิจัยในมนุษย์หรือในสัตว์ทดลอง ควรผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย (ถ้ามี) โดยให้แนบหลักฐานการรับรองมาพร้อมบทความที่ส่งให้กับกองบรรณาธิการหากมีการร้องเรียนเกี่ยวกับการละเมิดทางจริยธรรมการวิจัยและกองบรรณาธิการได้พิจารณาแล้วเห็นว่ามีกรละเมิดจริง ผู้นิพนธ์บทความจะต้องถอนบทความ
9. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ใน “วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน” ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

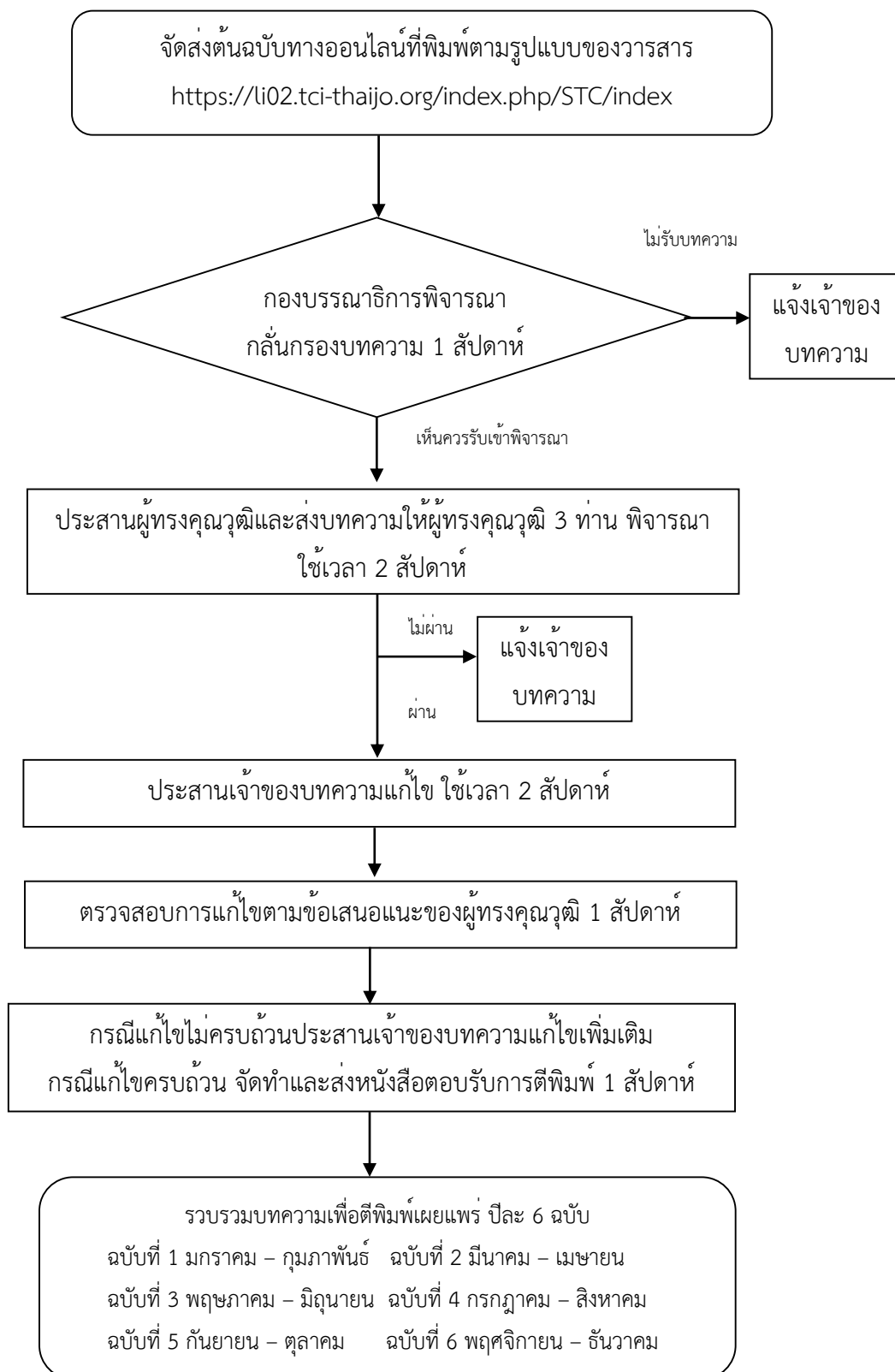
บทบาทหน้าที่ของทีมบรรณาธิการ

1. ที่ปรึกษาวารสารมีหน้าที่พิจารณาให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการดำเนินงานด้านวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
2. บรรณาธิการวารสารมีหน้าที่เป็นแกนหลักเป็นหัวหน้าทีมกองบรรณาธิการในการพิจารณาและตรวจสอบบทความ พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาบทความกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงตรวจสอบประเมินคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
3. กองบรรณาธิการวารสารเป็นกลุ่มบุคคลที่ทำหน้าที่เป็นคณะทำงานของบรรณาธิการมีหน้าที่ในการพิจารณาและตรวจสอบบทความ พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาบทความกับเป้าหมายและขอบเขตของวารสาร รวมถึงตรวจสอบประเมินคุณภาพบทความก่อนการตีพิมพ์
4. หน้าที่ของทีมบรรณาธิการต่อผู้เขียนบทความและผู้ประเมินบทความ
 - 4.1 ไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนบทความและผู้ประเมินบทความแก่บุคคลอื่น
 - 4.2 ตรวจสอบและปฏิเสธการตีพิมพ์บทความที่เคยเผยแพร่ที่อื่นมาแล้ว
 - 4.3 ต้องใช้หลักการพิจารณาบทความโดยอิงเหตุผลทางวิชาการเป็นหลัก และต้องไม่มีอคติต่อผู้เขียนบทความและบทความที่พิจารณาไม่ว่าด้วยกรณีใด
 - 4.4 ต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้เขียนบทความหรือผู้ประเมินบทความ ไม่ว่าจะเพื่อประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเองหรือผลประโยชน์อื่นๆ
 - 4.5 ตรวจสอบการคัดลอกผลงานทางวิชาการของผู้อื่นในบทความ หากพบการคัดลอกผลงานดังกล่าวจะต้องหยุดกระบวนการประเมินบทความ และติดต่อผู้เขียนบทความเพื่อขอคำชี้แจง เพื่อประกอบการตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ
 - 4.6 ตรวจสอบขั้นตอนการประเมินบทความของวารสารให้เป็นความลับ มีความเป็นธรรม ปราศจากอคติ
 - 4.7 ตีพิมพ์เผยแพร่บทความที่ผ่านกระบวนการประเมินจากผู้ประเมินบทความแล้วเท่านั้น
 - 4.8 ต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประเมินของผู้ประเมินบทความ
 - 4.9 ต้องปฏิบัติตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของวารสารอย่างเคร่งครัด

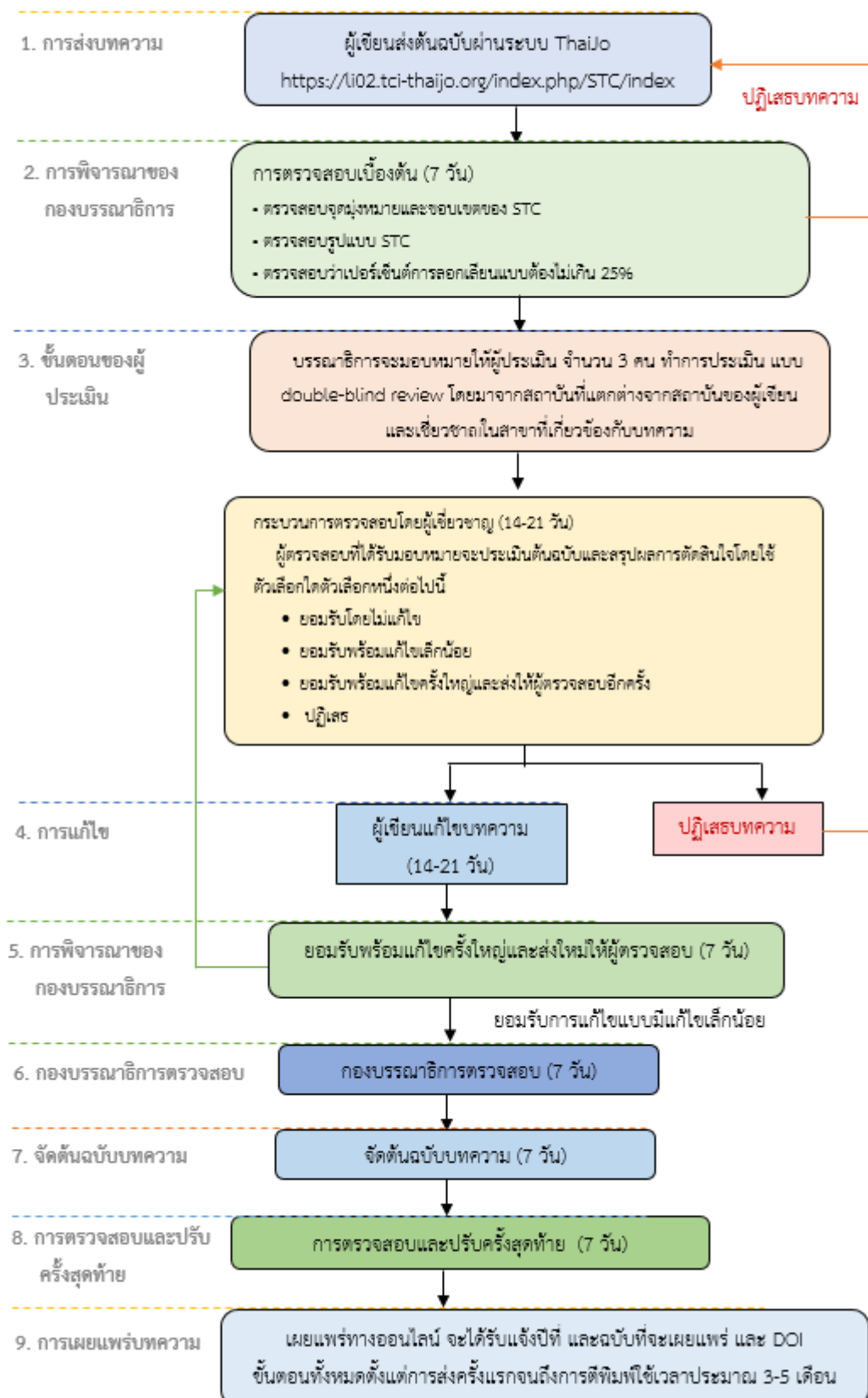
บทบาทหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ประเมินบทความต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์บทความ
2. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาความลับและไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความแก่บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องในระหว่างกระบวนการประเมินบทความ
3. ต้องไม่แสวงหาประโยชน์จากบทความที่ตนเองได้ทำการประเมิน
4. ต้องตระหนักว่าตนเองเป็นผู้มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทความที่รับประเมินอย่างแท้จริง
5. หากพบว่าบทความมีความเหมือนหรือซ้ำซ้อนเป็นบทความที่คัดลอกผลงานชิ้นอื่น ผู้ประเมินต้องแจ้งให้บรรณาธิการวารสารทราบทันที พร้อมแสดงหลักฐานประกอบที่ชัดเจน
6. ผู้ประเมินบทความต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่วารสารกำหนด

ขั้นตอนการส่งบทความเพื่อขอรับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน



ขั้นตอนของผู้ประเมิน





SCIENCE &
TECHNOLOGY
TO
COMMUNITY



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ศูนย์แม่ริม 180 หมู่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง)
ตำบลน้ำหลัก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

research_cmru@hotmail.com

<https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/index>