



SCIENCE & TECHNOLOGY TO COMMUNITY

Vol 4 No 1

ISSN 2882-1338 (Online) ISSN 2822-132X (Print)

January - February 2026

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน
ปีที่ 4 ฉบับ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์ 2569

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน

Science and Technology to Community

ประจำปีี่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม – กุมภาพันธ์ 2569

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาติรี มณีโกศล

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

อาจารย์ ดร.อัครสิทธิ์ บุญส่งแท้

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานนท์ สวัสดิ์นฤนาท

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งนภา ทากัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บรรณาธิการฝ่ายจัดการ

ดร.ฉนธรส ไชยสุต

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สัญญา จตุรสีธา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศาสตราจารย์ ดร.สุวัตร นานันท์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ บุญเชียง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บุญเลิศสินรัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ แสงสุวรรณ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์ บุญปก

มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ยา วัจวนสินธ์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร บุญมี

มหาวิทยาลัยพะเยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคลกร ศรีวิชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ นิคมทัศน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ อาษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ ณรัฐ จันทร์ศรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์ ชัยวัง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

อาจารย์ ดร.นภารัตน์ จิวาลักษณ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ชั้น B2 อาคารอำนวยการและบริหารกลาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ศูนย์แม่ริม 180 หมู่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง) ตำบลชี้เหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

E-Mail: stc_journal@cmru.ac.th โทรศัพท์ 053-412151 ถึง 5 ต่อ 2221,2222

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 (TCI 1)

ข้อความหรือข้อคิดเห็นในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน มิใช่ความรับผิดชอบของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

1	An IoT-Device Based on K-Nearest Neighbors for Heatstroke Illness Prevention <i>Anekwong Yoddumnern</i>	1
2	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหน้ากากและการนวดไทยต่ออาการปวดของผู้ป่วย โรคข้อเข่าเสื่อม ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอย่างยั่งยืน จังหวัดสุโขทัย <i>ฐาปนี รอดบ้านสวน, อีรยา วรปภาณี, ภรภัทร ดอกไม้ และ ปรายดาว เทพล่ำลิก</i>	24
3	ประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (ไพโรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุม เชื้อรา <i>Lasiodiplodia theobromae</i> สาเหตุโรครดเน่าในทุเรียน <i>ธิดิ ทองคำงาม, ไพรัตน์ อ่ำลอย และ สุกฤตา อนุตระกูลชัย</i>	38
4	ผลการเจือสาร Nb และ Fe ที่มีผลต่อโครงสร้างผลึก สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติแม่เหล็ก ของเซรามิก BCTS ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการเผาไหม้ของแข็ง <i>ณัฐนันท์ เรียบเรียง, จิตรกร กรพรม, สุนันทา ยิ้มสบาย, สุรวิรัตน์ ยอดเดือน, สุปรีย์ พิณจสุนทร และ อีระชัย บงการณ</i>	57
5	การใช้โปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ของเกษตรกร ผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม <i>เกษมา อยู่เย็น, พิชัย ทองดีเลิศ และ ชลาธร จูเจริญ</i>	75
6	การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart <i>แพรวศรี เดิมราช, พิมลพรรณ ลีลาภัทรพันธุ์, ซอและ เกป็น และ สุลัยมาน เภอโละ๊ะ</i>	88
7	การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันการติดต่อสัมภาษณ์งานด้วยแพลตฟอร์มเฟรมเวิร์ก : กรณีศึกษาบริษัทไทยเส็ง <i>เชาวลิต จันภิรมย์, ชินสิทธิ์ ชุกกลิ่นหอม, นวพล มงคล และ ศักดิ์ศิวา บุญประจักษ์</i>	104
8	การพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) <i>ศิริประภา จันทร์เทศ และ ศิริกรณ ก้นซัด</i>	116

Table of contents

1	An IoT-Device Based on K-Nearest Neighbors for Heatstroke Illness Prevention <i>Anekwong Yoddumnern</i>	1
2	Comparative Effectiveness of Herbal Poultice and Thai Massage on Pain in Patients with Osteoarthritis at Yang Sai Health Promoting Hospital, Sukhothai Province <i>Teeraya Vorapani, Pompat Dokmai and Praidao Teplumluek</i>	24
3	Efficiency of 3 Fungicides (Prochloraz, Cyproconazole, and Pyraclostrobin) for Controlling <i>Lasiodiplodia theobromae</i> Causing Fruit Rot in Durian <i>Titi Thongkamngam, Pairat Amloy and Sukritta Anutrakunchai</i>	38
4	The Effect of Nb and Fe on Crystal Structure, Electrical Properties and Magnetic Properties of BCTS Ceramics Synthesized Solid-State Combustion Technique <i>Nathanun Reabreang, Chittakorn Kornphom, Sununta Yimsabai, Surirat Yotthuan, Supree Pinitsoontorn and Theerachai Bongkarn</i>	57
5	Use of Aquatic Animal Purchasing Documents (APD) for Shrimp Famers in Nakhon Pathom Province <i>Kasama Yooyen, Pichai Tongdeelert and Chalathon Choocharoen</i>	75
6	Development of a Sales Information System to Enhance Entrepreneurial Income: A Case Study of YRU Fresh Mart <i>Praewsri Demrach, Pimonpun Leelapatarapun, Solaeh Kepan and Sulaiman Persoh</i>	88
7	Design and Development of a Job Interview Communication Application Using Flutter Framework: A Case Study of Thai Seng Company <i>Chaovarit Janpirom, Chinasit Chuklinhom, Navapol Mongkol and Saksiva Boonprajak</i>	104
8	Development of Advisory Media for FDA Registration <i>Siraprapa Jantate and Sirikorn Kankhat</i>	116

An IoT-Device Based on K-Nearest Neighbors for Heatstroke Illness Prevention

Anekwong Yoddumnern

Institute of Vocational Education Northern Region 2, Chiang Rai Vocational College

E-mail: mycoreidea@gmail.com

(Received: 2 October 2025, Revised: : 10 February 2026, Accepted: 18 February 2026)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1265>

Abstract

This study utilizes Internet of Things (IoT) technology integrated with a private cloud infrastructure to investigate heatstroke mechanisms in individuals exposed to outdoor environments, particularly under dehydration or impaired thermoregulation conditions. The objectives are to develop an automated real-time heat monitoring and warning system and to evaluate its accuracy and user satisfaction in preventing heat-related illnesses. Field trials were conducted with 50 participants, including students in outdoor classes, athletes in training, and workshop attendees exposed to direct sunlight. A prototype system was designed to autonomously collect environmental data—temperature, humidity, and air pressure—via external sensors. A mean fusion technique was applied to combine sensor data with meteorological information obtained from the open weather map API, enhancing data reliability and prediction accuracy. The fused dataset was analyzed using the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm to estimate heatstroke risk. The optimal configuration ($k = 3$) achieved an accuracy of 86.67% in identifying high-risk heat conditions. Experimental results showed that when ambient temperatures increased continuously from 35°C to 37°C, the system issued real-time heat warnings. Under these conditions, physiological responses indicated that core body temperature could rise to approximately 40°C, a critical threshold associated with heatstroke and potentially life-threatening outcomes if intervention is delayed. The system effectively delivered automated alerts to support timely preventive actions. User evaluation demonstrated high satisfaction, with an overall average score of 4.37 out of 5.00 (87.44%), while device control functionality received a higher rating of 4.54 (90.80%). These results suggest that the proposed system is a reliable, cost-effective, and scalable solution for localized temperature monitoring and heatstroke risk mitigation, particularly suitable for educational and outdoor environments requiring proactive heat risk management.

Keywords: Realtime processing, Heat stroke, Private cloud, KNN, IoT technology

Introduction

The body cannot control and discharge heat when its core temperature climbs above a particular degree. This condition can lead to various health issues and may even result in death. Many things can affect this illness, but the environment is the most important. For example, being in places with high humidity and poor ventilation, or being in extreme heat, especially during heatwaves, can make it harder for sweat to evaporate and cool down. Doing outside activities for a long time without protection like umbrellas or fans makes things a lot more dangerous. People who are very young, extremely elderly, or already unwell are more likely to get sick because their bodies can't keep their temperature stable. This list covers those who have cardiovascular, pulmonary, cerebrovascular, or Parkinson's disease, as well as overweight people, which makes it harder for their bodies to dissipate heat and circulate blood. Heat stroke is more likely in those unaccustomed to hot weather or sleep-deprived. Risk is higher when you do things like severe outdoor exercise, wear clothes that don't breathe, get dehydrated, or drink too much alcohol or caffeine. Some prescription drugs (like diuretics, antihypertensives, vasoconstrictors, and psychiatric drugs) and illegal drugs (like cocaine and amphetamines) can make it harder for the body to control its temperature. Such substances can cause the body to lose more fluids or make it harder to get rid of heat. So, to lower the number and severity of heat strokes, it's important to know about these different risk factors and take the right steps to avoid them.

Outdoor activities are a significant contributor to heatstroke. This research aims to enhance student learning while simultaneously implementing a warning and monitoring system, particularly for outdoor activities conducted in low-humidity, high-temperature environments. Examples include curricula emphasizing open-air learning, such as military training, scouting activities, practical learning through volunteer development camps, and recreational events within educational institutions. These activities not only promote physical health but also cultivate desirable characteristics like discipline, responsibility, teamwork, and adaptability to diverse environments. However, the environmental conditions during outdoor activities, especially in open areas and during periods of high temperatures, significantly impact participant safety. A common and potentially life-threatening issue is heatstroke, a condition where the body's thermoregulation fails, leading to systemic organ failure, notably affecting the nervous and circulatory systems.

According to a 2024 report by the World Health Organization, the past three years have demonstrated a persistent global increase in the number of days with ambient temperatures exceeding 35 °C, accompanied by an estimated annual rise of 30–40% in heatwave occurrences across multiple regions compared with the pre-2020 period. This accelerating trend substantially elevates the incidence of heat-related illnesses, particularly heat stroke, during outdoor activities

and occupational exposure (World Health Organization, 2024; Lugo-Amador et al., 2004). The onset of heat stroke is not solely attributable to elevated ambient temperature; rather, it emerges from a multifactorial interaction among environmental conditions, physiological responses, and individual characteristics. Excessive perspiration without sufficient replacement of fluids and electrolytes, inappropriate clothing such as tight-fitting or poorly ventilated garments, and prolonged exposure to high humidity significantly impair the body's thermoregulatory mechanisms. Furthermore, individual vulnerability is exacerbated by predisposing factors including chronic dehydration and underlying health conditions such as cardiovascular disease or diabetes, which reduce tolerance to thermal stress (Lugo-Amador et al., 2004). Given these complexities, accurate and continuous monitoring of environmental conditions—particularly air temperature and relative humidity—using reliable sensors and standardized measurement methodologies is essential for effective heat stress assessment and prevention. Advances in sensor networks, microcontroller-based systems, and Internet of Things (IoT) architectures have enabled real-time environmental data acquisition and processing, supporting proactive health risk management in outdoor and industrial settings (Addoddorn, 2012; Yoddumnern et al., 2018; Rghioui et al., 2021). When combined with machine learning techniques, such systems can further enhance predictive accuracy and early warning capabilities for hazardous weather and health-related events (Abhishek et al., 2012; Mahesh, 2018; Sharma et al., 2014). Among the established indices for environmental heat assessment, the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) is widely recognized as a comprehensive indicator of heat stress. WBGT integrates key determinants of thermal load, including air temperature, relative humidity, radiant heat, and air movement, and is expressed in degrees Celsius or Fahrenheit. Importantly, this index accounts for both internal heat generation arising from metabolic activity during physical work and external heat gain from the surrounding environment, making it particularly suitable for evaluating heat exposure in outdoor activities and occupational contexts (ISO 7243; NIOSH). Environmental heat is transferred to the human body through three primary mechanisms: conduction, convection, and thermal radiation. In addition, workload intensity plays a critical role, as metabolic heat production increases proportionally with physical exertion. Individuals performing heavy workloads generate significantly greater internal heat compared to those engaged in light tasks, thereby increasing the risk of heat accumulation and heat-related illness. Consequently, international heat exposure standards explicitly incorporate workload as a key parameter when defining permissible heat exposure limits and risk thresholds, reinforcing the necessity of integrating environmental monitoring, workload assessment, and physiological considerations in heat risk management frameworks (Shigley & Mischke, 1989; Krutz et al., 1984).

The integration of WBGT-based environmental monitoring with validated sensor systems and intelligent data processing therefore provides a scientifically robust foundation for heat stroke risk

assessment, early warning, and preventive decision-making. Such an approach is increasingly aligned with modern smart monitoring systems that leverage IoT and embedded machine learning on resource-constrained devices, enabling timely and effective interventions in outdoor activity management and public health protection (Sudharsan et al., 2021; Wang et al., 2022).

Table 1: Summary of Factors Contributing to Heatstroke illness

Aspect Considered	Details of Risk Factors
1. Physical condition and personal behavior	<ul style="list-style-type: none"> - Infants and elderly individuals have immature or deteriorated thermoregulatory systems. - Individuals with underlying health conditions such as cardiovascular disease, pulmonary disease, Parkinson's disease, stroke, or obesity. - Individuals unacclimated to hot climates, e.g., those migrating from cooler regions. - Individuals with insufficient rest, affecting recovery and internal temperature regulation. - Those engaging in strenuous physical activity under direct sunlight, such as athletes, military personnel, or laborers. - Wearing thick or poorly ventilated clothing. - Inadequate fluid intake leading to dehydration. - Excessive consumption of alcohol or caffeine. - Use of certain medications such as diuretics, beta-blockers, psychiatric drugs, antihistamines, and stimulants like amphetamines or cocaine, which can impair the body's thermoregulatory function.
2. Environmental conditions: humidity and temperature	<ul style="list-style-type: none"> - Exposure to heat waves where temperatures may exceed 35°C for extended periods. - High relative humidity in certain areas impeding sweat evaporation and heat dissipation. - Enclosed or poorly ventilated spaces, such as indoor areas with stagnant air. - Outdoor activities without access to shade or cooling aids. - According to WHO (2024), the number of extreme heat days has increased by an average of 30–40% annually since 2020. - Sharma et al. (2014) confirmed that even in moderately high temperatures, heat stroke can still occur if the body loses sweat without adequate replenishment of water and electrolytes.

Following Table 1, the research primarily aims to address the threat of heatstroke by first conducting an in-depth investigation into the various factors contributing to its occurrence among individuals engaging in outdoor activities. The knowledge gained from this analysis will then inform the development of an automated device capable of effectively monitoring and alerting users to hazardous heat conditions in open areas. This device is intended to serve as a proactive measure for early prevention. Ultimately, the study will focus on evaluating the effectiveness of the developed surveillance system to ensure its capability in genuinely preventing heatstroke incidents, thereby enhancing safety for individuals participating in outdoor activities.

Methodology

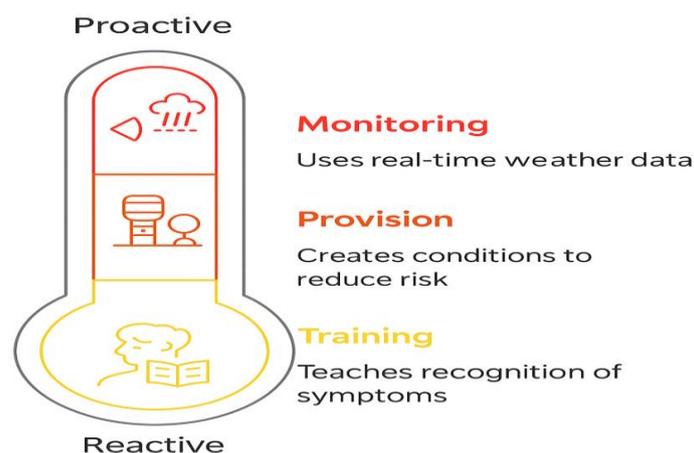


Figure 1 Guidelines for preventing heatstroke (Source: Researcher, 2025)

Figure 1 demonstrates heat stress management options, ranging from reactive to proactive. At the reactive level, training focuses on teaching people to recognize heat stress indicators so that individuals are prepared when problems emerge. Moving upward toward proactive solutions, provision focuses on generating risk-reducing settings, such as assuring access to cooling and drinking. At its most proactive, monitoring entails analyzing real-time weather data to anticipate and mitigate problems before they materialize. These layers emphasize the significance of transitioning from reactive to proactive actions in effectively decreasing heat stress.

1. IoT for Heatstroke Prevention

The integration of these three approaches can effectively reduce the risk of heatstroke during outdoor activities and enhance participant safety. Heatstroke is a medical emergency caused by the body's inability to regulate internal temperature, which can result in severe symptoms and even death, particularly among vulnerable populations exposed to extreme heat, such as young children, the elderly, and outdoor laborers. Young children are at higher risk due to their immature

thermoregulatory systems, and outdoor play during hot weather may limit physical activity and increase health risks. Providing education to parents and installing supportive infrastructure—such as sunshades, shaded rest areas, and automated drinking water dispensers in public spaces—are proactive measures that should be encouraged. Elderly individuals often experience a diminished ability to regulate body temperature and may have underlying health conditions that increase their susceptibility to heatstroke. Climate change-induced temperature rises further intensify these risks, which can be mitigated by offering shaded rest areas and weather-related information. Outdoor workers, including construction workers, farmers, and sanitation staff, face heightened heatstroke risks due to prolonged exposure to high temperatures and physically demanding tasks. Key preventive measures include education on heatstroke prevention, access to drinking water, and appropriate work scheduling (Lugo-Amador et al., 2004). From a technological innovation perspective, leveraging information technology can enhance the design and development of a Smart Outdoor Safety System (SOSS) aimed at preventing and managing heatstroke in public areas, integrating intelligent safety measures into outdoor environments (Abhishek K et al. 2012).

- Temperature and humidity sensors are installed in playgrounds or outdoor training areas to monitor weather conditions in real time.

- A smartphone-based alert application is provided for teachers, parents, or activity supervisors to receive timely weather updates and recommendations for adjusting activities accordingly.

- A real-time risk dashboard displays heat-related risk levels and suggests appropriate mitigation measures, such as rescheduling activities to early morning or late afternoon, or reducing the duration of physically demanding tasks.

The integration of Internet of Things (IoT) technology with a private cloud infrastructure (IP: 61.19.33.12), combined with cloud services from OpenWeatherMap and the development of a mobile application, can effectively reduce the risk of heatstroke among vulnerable populations and enhance public safety in open areas.

Following Fig 2, the conceptual framework diagram presents an end-to-end system for detecting and mitigating heatstroke risk by connecting users, sensing devices, local interfaces, an edge processing module, and a private cloud platform. Mobile phones and laptops, operated by users or trainers, collect contextual inputs and interact with wearable or environmental sensors that continuously measure physiological and ambient parameters, such as body temperature, heart rate, humidity, and solar exposure. Those data are streamed to a central edge unit illustrated at the center, where preprocessing, real-time visualization, and preliminary decision rules convert raw measurements into actionable indicators. Aggregated summaries are securely sent to a private cloud for advanced analysis, detection of historical trends, and ongoing model updates that improve risk thresholds over time. When increased risk is detected, the system triggers alerts indicated by the

dashed path to users and trainers, allowing quick intervention and behavioral adjustment modification. The loop of sensing, edge processing, cloud analytics, and human oversight emphasizes speed, privacy, and scalability, while the graphical emphasis on heat-stroke outcomes underscores the system’s public-health purpose. Overall, the framework balances automated detection with human-in-the-loop notification to reduce heat-related harm in field scenarios. It is designed for deployment in outdoor activities, occupational settings, and mass events.

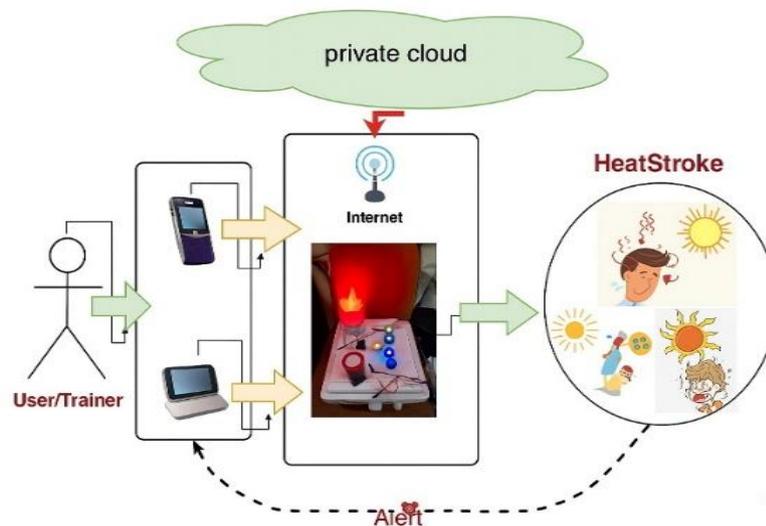


Figure 2 Conceptual Framework (Source: Researcher, 2025)

2. Smart Device and Cooperation

This study involved experimental trials with university students and athletes undergoing training programs, most of which were conducted in open outdoor settings. It was found that heatstroke poses a silent but severe threat in environments with abnormally high temperatures or excessive humidity—particularly in the context of outdoor activities. This condition not only affects the health of outdoor workers but also endangers the general public, especially under the increasingly volatile climate conditions witnessed in recent years. Proactive surveillance and timely warning systems are thus essential in mitigating the incidence of heatstroke (World Health Organization, 2024). The system developed in this research was designed as a Smart Monitoring System to assess real-time heatstroke risk by integrating digital devices, private cloud processing, and multimodal alert mechanisms. The system targets general users—including field workers, caregivers, the elderly, and the public in open spaces—through portable devices such as smartphones or tablets that receive continuous updates and alerts. At the core of the system are environmental sensors deployed in high-risk locations such as playgrounds, construction sites, and outdoor rest areas. These sensors collect environmental data—temperature, humidity, and the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index, a standard indicator for physical heat stress risk. The data are transmitted to a private cloud platform that functions as a central processing hub, dynamically evaluating

environmental risk using machine learning techniques to analyze cumulative heat exposure and forecast critical heatstroke thresholds. When the system detects risk levels exceeding the safety threshold, it immediately issues alerts to users via text, sound, and visual indicators from local sensors, such as red flashing lights or audible sirens (Sharma A et al. 2014). A key feature of the system is its real-time responsiveness and automated functionality, eliminating the need for initial human intervention. This makes it particularly suitable for deployment in densely populated or high-risk areas, especially in Thailand, where average temperatures have significantly increased due to climate change over the past decade. This research represents a critical advancement in integrating digital technology with proactive health promotion, offering not only an alert mechanism but also fostering public awareness of extreme heat hazards, thereby encouraging behavioral adjustments such as seeking shade, staying hydrated, and avoiding outdoor activities during peak temperature periods.



Figure 3.1 Smart Box Circuit

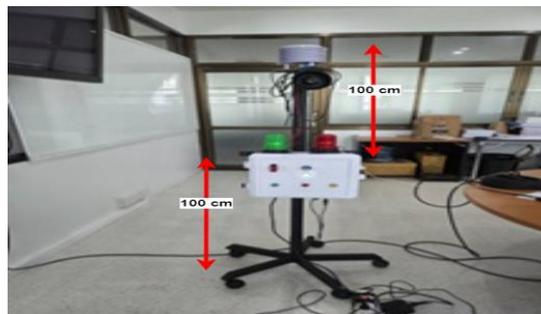


Figure 3.2 Installation

Figure 3 Hardware architecture of the IoT-based heatstroke monitoring device

(Source: Researcher, 2025)

Following Figure 3, the smart device operates using a microcontroller unit (MCU) integrated with multiple weather sensors (Addoddorn, 2012). These sensors collect real-time environmental data such as temperature, humidity, and possibly light intensity. The data is then processed locally by the MCU before being transmitted securely to a private cloud platform for further analysis (Yoddumnern et al., 2018). The cloud system performs co-processing tasks such as data filtering, classification, and decision-making based on predefined models—likely using algorithms such as K-Nearest Neighbors (KNN)—to determine environmental conditions and potential risks, such as heatstroke. After cloud-based analysis, the processed results are sent back to the device to activate output components, including indicator lamps and a speaker (Jay, 1981). The green lamp signifies safe or normal environmental conditions, while the red lamp and speaker alarm indicate high-risk or abnormal conditions that require immediate attention. This system ensures real-time visual and auditory alerts to users in critical situations. Additionally, the device connects to a mobile or web application that allows users to monitor environmental status, receive alerts, and review historical

data remotely. By integrating MCU control, cloud-based computation, and intelligent output signaling, the device demonstrates an efficient IoT-based solution for smart weather monitoring and responsive environmental safety management (Sharma A et al. 2014).

The K-Nearest Neighbour (K-NN) algorithm is a classification method that determines the most appropriate class for a new instance by examining a predefined number of the closest existing cases or conditions. This technique involves identifying the most similar or nearest neighbors and counting the frequency of each class among these neighbors. The new condition is then assigned to the class with the highest occurrence among the nearest neighbors. In this context, environmental parameters are obtained from both local sensor nodes and the public cloud service OpenWeather-API (see Fig. 4). These parameters are used in a combined calibration process to enhance accuracy and consistency, employing the Euclidean distance equation to ensure proper alignment of the new condition with the most similar class. From Fig.4, the weather data in the image indicates current and forecasted conditions in Chiang Rai, which are useful for heat and environmental risk prediction. Key points for prediction: high humidity and perceived temperature (heat index) indicate potential heat stress conditions despite moderate actual temperatures. Continuous rainfall with high UV suggests fluctuating thermal comfort levels, increasing risk when rain stops and direct sun returns. Stable high temperatures over several days can accumulate heat exposure, raising the likelihood of heat-related illnesses. These data support the need for real-time monitoring and heat alert systems to anticipate and mitigate heatstroke risks during outdoor activities. Although the temperature appears moderate, the high humidity, UV index, and persistent heat pattern make this an important period for proactive heat risk prediction and early warnings (Lugo-Amador NM et al. 2004).

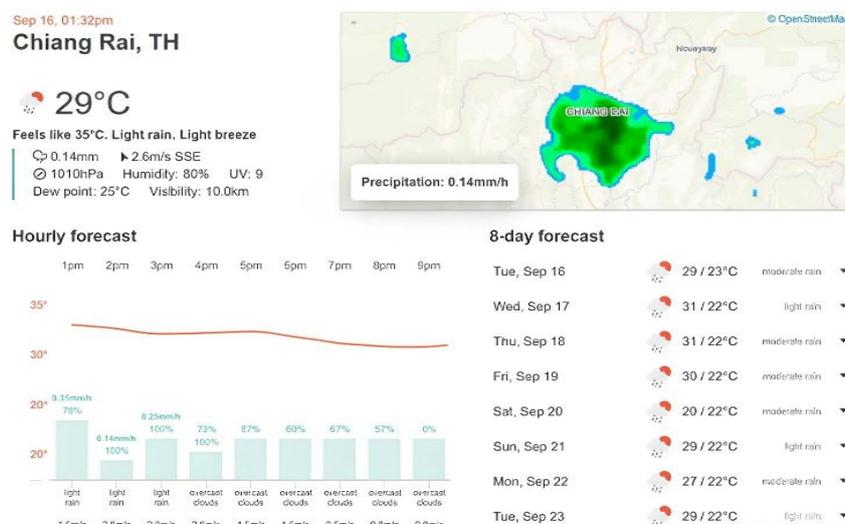


Figure 4 Public Cloud Service-API (Source: <https://openweathermap.org/api>)

Results

The data values transmitted to the cloud system, which have undergone a calibration process to enhance accuracy, are presented in Table 2. This table displays the results obtained after the data have been processed and adjusted for precision.

Table 2 After Calibrating data on private cloud (IP:61.19.33.12)

Time stamp	temp	prespressure	humid	Clouds	Wind
Col1	Col2	Col3	Col4	Col5	Col6
1546300800	29.10	1034.88	78.61	6	2.96
1546311600	32.40	1034.33	88.80	66	3.28
1546322400	33.40	1034.54	89.50	33	3.58
1546333200	30.70	1034.82	89.70	4	3.81
1546344000	25.80	1035.27	82.00	2	4.25
1546354800	29.50	1036.04	79.60	52	3.80
1546365600	31.50	1037.77	80.30	54	3.26
1546376400	29.50	1040.03	77.30	0	3.66
1546387200	28.00	1041.78	73.49	0	3.28
1546408800	25.70	1043.48	77.37	9	2.98
1546419600	25.90	1044.58	78.30	11	2.57
1546430400	25.50	1044.82	68.80	5	2.38
1546441200	28.40	1044.15	70.30	0	2.15
1546452000	30.30	1044.43	79.60	4	1.98
1546462800	29.50	1044.23	82.01	19	1.90
1546473600	27.50	1043.73	83.19	24	1.73
1546495200	31.50	1043.09	83.04	0	1.61
1546506000	28.50	1043.53	80.68	0	1.52

1. Prediction based on KNN

Weather forecasting using the K-Nearest Neighbors (KNN) method is a machine learning technique that relies on historical data to predict future weather conditions. The process begins with the collection of meteorological data such as temperature, humidity, wind speed, and geographical information. These data are then cleaned and normalized to a common scale to enhance the accuracy of distance calculations. Subsequently, the user selects the parameter K, representing the number of nearest neighbors considered for prediction. Distance metrics, such as Euclidean distance,

are employed to measure the similarity between new data points and historical records, enabling the model to generate weather forecasts based on the closest analogous observations.

When the nearest neighbor data points are identified, the system processes them to predict the target value, such as the temperature for the following day or the type of weather condition. For numerical values, the prediction is calculated by averaging the neighbors' values, whereas for categorical data, a majority voting approach is employed. The performance evaluation of the KNN algorithm typically utilizes metrics such as accuracy or Root Mean Square Error (RMSE) to assess effectiveness. This method is characterized by its simplicity and strong applicability to well-recorded datasets; however, it requires significant computational resources, especially with large or dispersed datasets, which may impact accuracy in certain scenarios. The distance calculation is based on the Euclidean Distance formula, a geometric measure of the straight-line distance between two points in a two-dimensional (2D) space, mathematically expressed as follows:

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

The example of k-NN grouping in term of 3-NN and 5-NN. Following Fig. 5, the KNN relies on local patterns rather than global assumptions. For $k = 3$, the algorithm makes a robust prediction by considering the majority among the closest three neighbors, reducing noise and improving classification reliability compared to using just one nearest neighbor. In heatstroke prediction, for example, this method could classify a current weather condition as “high-risk” or “low-risk” based on its similarity to past labeled environmental data.

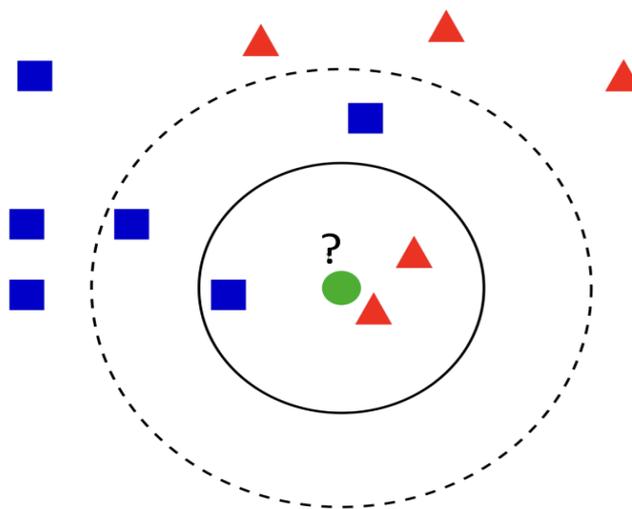


Figure 5 The data setting of k-value (Source: Researcher, 2025)

In the KNN algorithm, the Euclidean distance formula is utilized to calculate the distance between a new data point and existing historical data points in order to identify the nearest

neighbors. These closest points play a critical role in determining the output values, such as predicting temperature or classifying weather conditions.

Euclidean Distance Equation:

$$d = \sqrt{(T_1 - T_2)^2 + (H_1 - H_2)^2}$$

$$d = \sqrt{(T_{\{1\}} - T_{\{2\}})^2 + (H_{\{1\}} - H_{\{2\}})^2}$$

Current data value: T1=37, H1=32

Euclidean Distance Methodology:

- Setting 1: $(37-38)^2 + (32-30)^2 = 1+4 = \sqrt{5} \approx 2.24$
- Setting 2: $(37-37)^2 + (32-35)^2 = 0+9 = \sqrt{9} = 3.00$
- Setting 3: $(37-35)^2 + (32-40)^2 = 4+64 = \sqrt{68} = 8.25$
- Setting 4: $(37-36)^2 + (32-33)^2 = 1+1 = \sqrt{2} \approx 1.41$

Following Table 3, the dataset includes temperature, humidity, and risk labels for heat conditions. Higher temperatures (37–38 °C) with lower humidity (30–35%) indicate risk, while moderate temperatures (35 °C) with higher humidity (40%) are normal. This pattern helps train a KNN model to predict heatstroke risk based on environmental similarity.

Table 3 Training data set

Temp (°C)	Humidity (%)	Label
38	30	1 (risk)
37	35	1 (risk)
35	40	0 (normal)
36	33	1 (risk)

Following Fig.6, shows how 3-NN groups data based on the nearest three neighbors. The red circle marks the neighborhood, containing the closest points that influence classification. The green line suggests a decision boundary separating classes, while the distant point outside the circle has no effect. The algorithm assigns the new point’s label based on the majority class of these three neighbors, making the classification locally accurate and less affected by outliers (Sharma A et al. 2014).

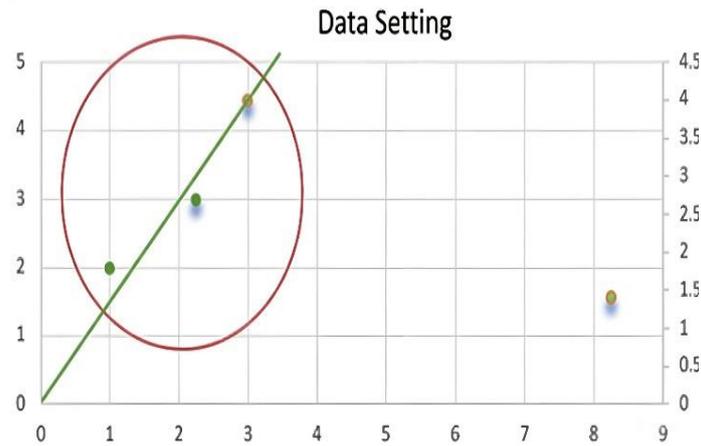


Figure 6 Group of data set

Have Selected 3 Nearest Neighbors ($k = 3$): The setting point 4, 1, 2 Having Label = 1

Result: High risk, have been heatstroke.

2. Algorithm of the prediction

Following Figure 7, The diagram illustrates the KNN prediction process in seven steps. Step 1 collects environmental data, and Step 2 splits it into training and test sets. Step 3 initializes the KNN model, followed by Step 4, where the model is trained using labeled data. Step 5 predicts outcomes and evaluates accuracy, while Step 6 forecasts new weather conditions based on similar past patterns. Finally, Step 7 triggers a real-time alert, supporting timely heatstroke risk prevention and decision-making.

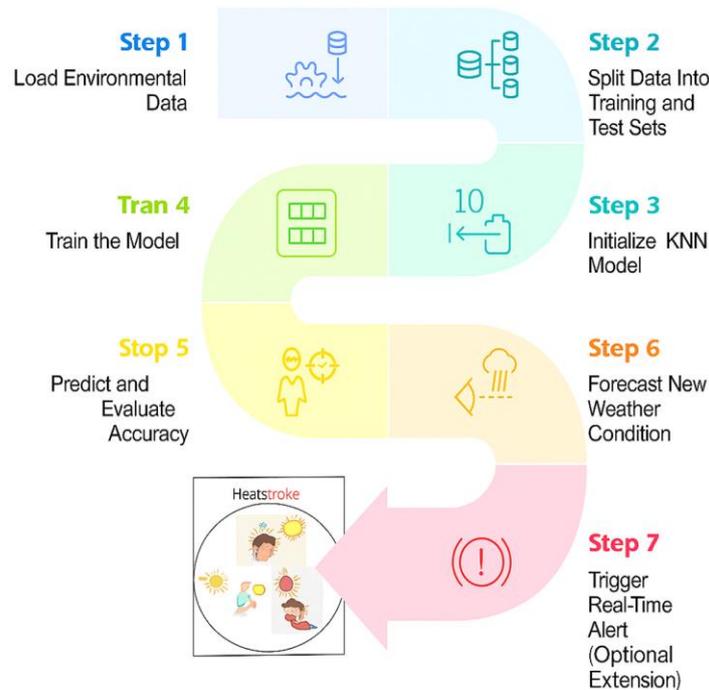


Figure 7 Prediction Process (Source: Researcher, 2025)

The proposed process begins with the acquisition of relevant environmental data, particularly ambient temperature and relative humidity, which are recognized as critical risk factors associated with heat-related illnesses and heat stroke (World Health Organization, 2024; Lugo-Amador et al., 2004). These data are collected through sensor-based monitoring systems integrated with microcontroller platforms, enabling continuous and reliable environmental observation suitable for outdoor and occupational settings (Addoddorn, 2012; Yoddumnern et al., 2018). Subsequently, the acquired dataset is preprocessed and partitioned into training and testing subsets, a fundamental step in machine learning model development and performance evaluation (Mahesh, 2018). A Deep Neural Network (DNN) model is then initialized and configured, followed by a supervised training phase in which the model learns complex, nonlinear relationships between environmental variables and heat stroke risk outcomes. Similar data-driven approaches have been successfully applied in weather forecasting and environmental prediction tasks, demonstrating the effectiveness of neural network-based models in capturing intricate patterns within meteorological data (Abhishek et al., 2012). During the training phase, the model iteratively optimizes its parameters to improve predictive accuracy, enabling it to identify latent risk patterns that may not be evident through conventional threshold-based methods. Upon completion of training, the model is evaluated using the test dataset to assess its predictive performance and generalization capability. The trained model is subsequently deployed to forecast unseen environmental conditions and to assess heat stroke risk in real-world scenarios, thereby supporting proactive health risk management (Mahesh, 2018; World Health Organization, 2024). In addition to the DNN-based predictive framework, the system incorporates a k-nearest neighbors (KNN) approach as an interpretable and computationally efficient method for classification and risk estimation, particularly in scenarios with limited data or resource-constrained environments. KNN has been widely applied in weather condition prediction and environmental classification tasks, demonstrating reliable performance in identifying similar historical patterns for risk assessment (Sharma et al., 2014). The combination of DNN and KNN methodologies enhances both predictive accuracy and system robustness. Furthermore, in cases where elevated heat stroke risk is detected, the system supports an optional real-time alert mechanism to disseminate warnings promptly to users or relevant authorities. Such alert-driven architectures align with modern IoT-based health monitoring systems, enabling timely preventive actions and reducing response latency (Rghioui et al., 2021; Sudharsan et al., 2021). Recent advances in embedded machine learning and microcontroller-based intelligence further support the feasibility of deploying such predictive models on edge devices for real-time operation (Wang et al., 2022).

Overall, the proposed framework constitutes an intelligent heat stroke risk prediction and prevention system that integrates environmental sensing, machine learning algorithms, and real-time alerting mechanisms. By leveraging both DNN and KNN techniques, the system provides effective

forecasting, interpretable risk assessment, and proactive intervention capabilities, contributing to improved safety and public health outcomes in outdoor activity management.

- KNN Processing.

BEGIN

Step 1: Load Environmental Data

LOAD weather_data.csv INTO dataset

EXTRACT features: temperature, humidity, pressure → X

EXTRACT labels: weather_condition → y

Step 2: Split Data into Training and Test Sets

SPLIT X, y INTO X_train, X_test, y_train, y_test

USING ratio 80% training, 20% testing

Step 3: Initialize KNN Model

SET k ← 3

INITIALIZE KNN model WITH n_neighbors = k

Step 4: Train the Model

FIT KNN model WITH X_train AND y_train

Step 5: Predict and Evaluate Accuracy

PREDICT y_pred USING KNN model ON X_test

CALCULATE accuracy = MATCH(y_pred, y_test) / TOTAL(y_test)

DISPLAY "Model Accuracy: ", accuracy × 100, "%"

Step 6: Forecast New Weather Condition

INPUT new_data ← [temperature, humidity, pressure]

PREDICT predicted_condition ← KNN.predict(new_data)

DISPLAY "Predicted Weather Condition: ", predicted_condition

Step 7: Trigger Real-Time Alert (Optional Extension)

IF predicted_condition IS "High Heat Risk" THEN

ACTIVATE voice_alert_system

LOG alert_event TO cloud_storage

ENDIF

END

Table 4 Testing Set

Test Case	Temperature (°C)	Humidity (%)	Observed Weather Condition
Test Set 1	34.00	22	Clear sky / Very hot
Test Set 2	26.20	60	Rainfall
Test Set 3	38.70	56	Rainfall
Test Set 4	22.30	32	Clear sky
Test Set 5	32.00	47	Clear sky / Moderately hot

Following Table 4, the data based on the results of the five test sets, it was found that the observed weather conditions were clearly correlated with relative humidity. In particular, when the humidity exceeded 50%, such as in Test Set 2 (60%) and Test Set 3 (56%), rainfall was recorded despite the significant difference in temperatures (26.20°C and 38.70°C, respectively). This indicates that humidity plays a more critical role in predicting rainfall than temperature alone. Conversely, in Test Sets 1, 4, and 5—where humidity levels were below 50%—the weather conditions were predominantly clear, regardless of whether the temperature was high (e.g., 34.00°C) or moderate. Furthermore, it was observed that high temperatures combined with low humidity, as in Test Set 1, often resulted in extremely hot and dry weather, whereas low temperatures with low humidity, as in Test Set 4, led to cooler conditions with clear skies. Therefore, it can be concluded that humidity is a primary factor influencing the occurrence of rainfall, while temperature mainly affects thermal perception. Both parameters should be considered together to improve the accuracy of weather forecasting.

Table 5 Testing Set Evaluation Results

Test Set	Data Characteristics	k-NN Prediction	Actual Result	Evaluation Result
1	Extremely hot / Low humidity	Clear sky /Very hot	Very hot	✓ Matched
2	Moderate temperature /High humidity	Rainy	Rainy	✓ Matched
3	Very hot / High humidity	Rainy or Thunderstorm	Rainy	✓ Matched
4	Cold / Low humidity	Clear	Clear	✓ Matched
5	Warm / Moderate humidity	Clear / Rather hot	Rather hot	✓ Matched

Table 5, the testing table compares five cases—from extremely hot/low humidity to cold/low humidity—listing k-NN predictions, actual outcomes, and evaluation. In every case, the 3-NN prediction matched the observed result, indicating consistent, reliable classification across varied weather conditions and supporting the model’s robustness for practical heat-risk detection in these test scenarios.

The results from testing five data sets indicate that weather prediction using the k-Nearest Neighbors (k-NN) method achieved complete agreement with the actual outcomes. Specifically, the model accurately predicted “extremely hot” conditions under low humidity, “rainy” conditions under moderate temperature and high humidity, “rainy or thunderstorm” conditions under very hot and high humidity, “clear sky” under cold and low humidity, and “rather hot” under warm and moderate humidity. These findings demonstrate that the k-NN model exhibits high accuracy and effectiveness in forecasting weather based on the given data characteristics.

Table 6 Percentage Accuracy of Event Classification Evaluation

Test Case	Actual Data (Data Set)	Classification Result	Classification Result	Classification
		(K=3)	(K=5)	Result (K=7)
Test Set 1	Rainy	Clear Sky	Clear Sky	Clear Sky /Very Hot
Test Set 2	Rainy	Rainy	Rainy	Rainy
Test Set 3	Rainy	Rainy	Rainy	Rainy
Test Set 4	Clear Sky	Clear Sky	Clear Sky	Clear Sky
Test Set 5	Clear Sky	Clear Sky	Clear Sky	Clear Sky /Rather Hot
Accuracy (%)		86.67	60.00	28.57

In summary following Table 6, the table compares classification outcomes for k = 3, 5, and 7 across five test sets, showing overall accuracies of 86.67%, 60.00%, and 28.57%, respectively. k = 3 produces the most consistent correct labels; increasing k introduces conflicting labels by incorporating more distant neighbors, degrading performance. This indicates the dataset benefits from a small k where local similarity is most predictive.

3. The Heatstroke- IoT Application

This study aims to develop a cost-effective weather forecasting station that collects only two environmental parameters—air temperature and relative humidity—using low-cost sensors. To enhance data accuracy, the system integrates wireless communication capabilities, allowing it to

access weather data from the OpenWeatherMap API ([https://openweathermap.org/api] (https://openweathermap.org/api)) for comparison and averaging. This hybrid approach improves the reliability of the local sensor readings. The device is designed for outdoor use, making it a suitable prototype for deployment in various locations. The real-time operation of the application is illustrated in Fig 8. Heatstroke Application with multi-platform.

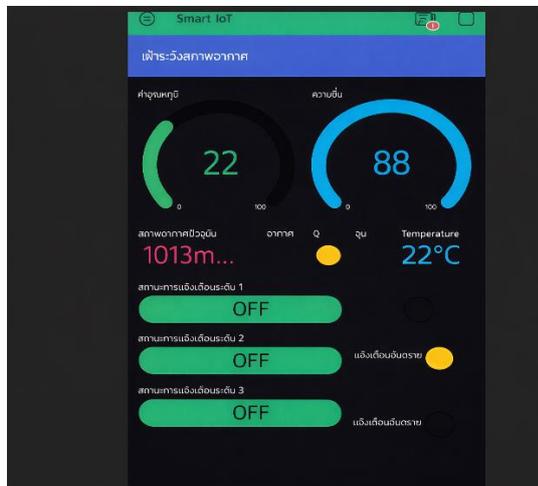


Figure 8.1 Mobile Application.

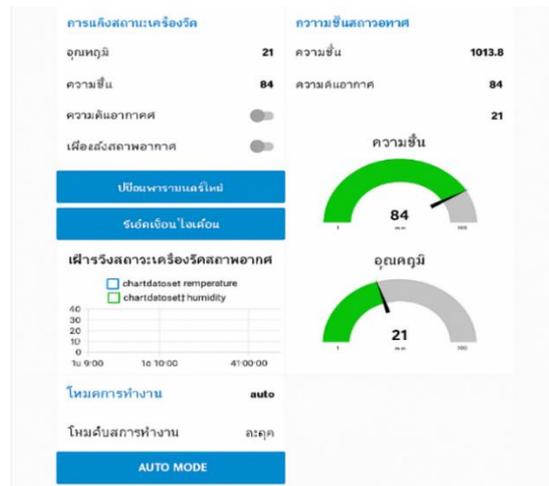


Figure 8.2 Web Application.

Figure 8 Heatstroke Application multi-platform (Source: Researcher, 2025)

4. Efficiency Project

The processing efficiency of the proposed surveillance system was evaluated based on five key performance factors, incorporating data collected from experimental participants, including students, athletes, and construction workers. These participants engaged in a range of outdoor activities conducted under direct sunlight in open environments, as summarized in Table 7. In addition to the technical performance evaluation, user satisfaction with the system was assessed through a structured questionnaire administered to a sample group of 50 participants. The questionnaire employed a five-level Likert scale to measure participants' perceptions regarding system usability, accuracy, responsiveness, and overall satisfaction. The combined analysis of system performance metrics and user satisfaction data provides a comprehensive assessment of both the operational effectiveness and practical applicability of the proposed surveillance system in real-world outdoor scenarios.

Table 7 Efficiency of Device Utilization

No.	Item	Mean	Percentage (%)	S.D.	Evaluation Criteria
1	Design of circuit box and material utilization	4.24	84.80	0.88	High
2	Capability in designing the application for control and operation	4.24	84.80	0.76	High
3	Result reporting via automatic configuration	4.46	89.20	0.81	High
4	Device control operation	4.54	90.80	0.81	Very High
5	Appropriateness for practical use	4.38	87.60	0.75	High
Overall		4.37	87.44	0.80	High

The study found that among the 50 participants who tested and controlled the devices. Following Table 7 shows high device-utilization efficiency across five criteria: circuit-box design/materials (mean 4.24, 84.80%, SD 0.88, High), application design for control/operation (mean 4.24, 84.80%, SD 0.76, High), automatic result reporting (mean 4.46, 89.20%, SD 0.81, High), device control operation (mean 4.54, 90.80%, SD 0.81, Very High), and appropriateness for practical use (mean 4.38, 87.60%, SD 0.75, High). The overall mean is 4.37 (87.44%, SD 0.80), indicating strong, reliable performance with device control rated best.

Discussions

Heat stroke is a life-threatening condition resulting from the body's inability to regulate internal temperature effectively. Several risk factors contribute to its onset, which can be categorized by levels of severity. The primary risk factor is extreme heat or heat waves, which significantly elevate core body temperature beyond safe limits. This is followed by strenuous physical activity. Vulnerable populations requiring special attention include young children and the elderly, whose thermoregulatory systems are underdeveloped or declining, as well as individuals with chronic conditions such as cardiovascular disease, pulmonary disorders, or obesity, which impair blood circulation and heat dissipation. Additional, albeit lower-level, risk factors include the use of certain medications and stimulants—such as diuretics, antihypertensives, psychiatric drugs, and illicit substances like amphetamines and cocaine—that disrupt the body's thermal control. High relative humidity, inappropriate clothing that limits ventilation, insufficient rest, and a lack of acclimatization

to hot climates (e.g., due to relocation or travel) may also contribute. Although these latter factors may pose lower risk individually, their combination with other stressors can trigger heat stroke. Therefore, awareness and avoidance of these contributing elements are crucial for the effective prevention of heat stroke.

The developed heatstroke prediction and alert system integrates Internet of Things (IoT) technology with private cloud-based data processing to support the analysis and monitoring of heat-related health risks during outdoor activities. The system employs a smart circuit box equipped with environmental sensors to measure temperature, humidity, and atmospheric pressure. These data are transmitted in real-time via WiFi to a private cloud server with IP address 61.19.33.12. To enhance accuracy, the system also retrieves continuously updated weather data from the Open Weather Map API, incorporating local environmental variables such as temperature, humidity, and pressure. These values are averaged with sensor readings from the actual deployment site to produce more reliable data inputs. The integrated dataset is then divided into training and testing sets at an 80:20 ratio and used in a K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm with $k = 3$. Experimental results showed that the system achieved a prediction accuracy of 86.67% for identifying heatstroke risks. The model is trained on the training set and validated with the test set to evaluate its performance. When new weather data are classified as “High Heat Risk” the system issues a real-time voice alert and logs the event automatically. This mechanism enables timely, accurate, and reliable preventive health surveillance in outdoor environments.

The evaluation of the heatstroke surveillance system’s effectiveness, conducted with a sample group comprising territorial defense students, their supervisors, and training instructors operating in both regular and field training areas under the curriculum of the Territorial Defense Command, indicated that the system demonstrated a high level of efficiency based on six core assessment criteria. The design and material quality of the circuit enclosure received an average score of 4.24 (84.80%), categorized as high, matching the average score for the application's design and usability. The system’s automated reporting function—crucial for issuing risk alerts—scored an average of 4.46 (89.20%), also at a high level of satisfaction. The control command for operating devices received the highest average score at 4.54 (90.80%), indicating the system's strong responsiveness and control capabilities. Practical applicability scored 4.38 (87.60%), resulting in an overall system performance rating of 4.37 (87.44%), classified as high. Overall, the findings highlight the system’s strong potential for effective deployment in outdoor activities at risk of heatstroke.

Conclusion and Suggestions

The promotion of outdoor activities in conjunction with effective surveillance and prevention of heat stroke constitutes a shared responsibility among educational institutions, local authorities, and community stakeholders. The integration of public health knowledge with technological innovation and systematic management frameworks is essential to ensure that outdoor activities are conducted safely, efficiently, and sustainably, while also supporting the holistic physical and cognitive development of participants. In this study, the k-nearest neighbors (k-NN) algorithm is employed as a computationally efficient and interpretable machine learning approach for forecasting heat stroke risk and providing early warning notifications. By leveraging historical meteorological data and identifying patterns from similar environmental conditions in past events, the k-NN model enables accurate risk classification and timely prediction of heat-related health threats.

Nevertheless, the operational performance of the proposed system is subject to an important limitation. Specifically, the system requires continuous Internet connectivity to support real-time data acquisition, online processing, and dynamic model inference. The reliance on online infrastructure may constrain system availability in areas with limited network coverage or unstable connectivity. Despite this limitation, the proposed Internet-dependent architecture enhances the responsiveness and preparedness of public health agencies, educational institutions, and community members by facilitating prompt decision-making and effective preventive interventions against heat stroke incidents.

This system can be further developed into a cost-effective and practical wireless weather forecasting station suitable for deployment in households, educational institutions, and general organizations. By enabling continuous monitoring of environmental conditions and heat-related risk factors, the system has the potential to generate positive societal impacts, particularly at the community and local levels. Specifically, the implementation of such a system can contribute to reducing health risks among vulnerable populations, including students, athletes, and construction workers, by supporting informed decision-making and timely preventive actions. Moreover, the availability of real-time environmental information and risk alerts enhances safety during outdoor activities and promotes greater awareness of heatwave-related hazards, thereby fostering a culture of health consciousness and risk prevention within communities.

In addition to its immediate practical benefits, the system may be integrated with advanced Artificial Intelligence (AI) technologies, such as Large Language Models (LLMs) or Agentic AI, to further enhance the accuracy, adaptability, and interpretability of weather prediction and heat risk assessment. Such integration can enable intelligent data interpretation, contextualized recommendations, and adaptive decision support, thereby improving the overall precision and usefulness of the system for end users and decision-makers. From a policy perspective, it is

recommended that educational institutions, local authorities, and government agencies consider adopting this system as part of standardized safety management frameworks for outdoor activities. Incorporating the system into institutional guidelines and operational protocols can support systematic risk monitoring, early warning dissemination, and evidence-based policy implementation. Furthermore, the promotion of such technology at the policy level may encourage wider adoption of smart environmental monitoring systems, strengthen community resilience to extreme heat events, and support long-term public health and climate adaptation strategies.

Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude to my family, with special thanks to my mother, for their unwavering support throughout the course of this research. I would also like to extend my heartfelt thanks to Chiang Rai Vocational College for their invaluable assistance. Lastly, I extend my deepest appreciation to all the participants who contributed to this study.

References

- Abhishek, K., Singh, M. P., Ghosh, S., & Anand, A. (2012). *Weather forecasting model using artificial neural network. Procedia Technology, 4*, 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.05.047>
- Addoddorn, C. (2012). The design and construction of wireless spray weeds robot controlled by microcontroller. *Engineering and Applied Science Research, 37*(1), 19–27. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/easr/article/view/1686>
- Jay, C. (1981). *Small engine operation and service*. American Technical Publishers.
- Krutz, G., Thomson, L., & Claar, P. (1984). *Design of agricultural machinery*. John Wiley & Sons.
- Lugo-Amador, N. M., Rothenhaus, T., & Moyer, P. (2004). Heat-related illness. *Emergency Medicine Clinics of North America, 22*(2), 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2004.01.004>
- Mahesh, B. (2018). Machine learning algorithms: A review. *International Journal of Science and Research (IJSR), 7*(8), 381–386. <https://doi.org/10.21275/ART20203995>
- Rghioui, A., Naja, A., Mauri, J. L., & Oumnad, A. (2021). An IoT-based diabetic patient monitoring system using machine learning and NodeMCU. *Journal of Physics: Conference Series, 1743*(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1743/1/012035>
- Sharma, A., Chaturvedi, S., & Gour, B. (2014). A semi-supervised technique for weather condition prediction using DBSCAN and KNN. *International Journal of Computer Applications, 95*(10), 21–26. <https://doi.org/10.5120/16631-6500>
- Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (1989). *Mechanical engineering design*. (5th ed.). McGraw-Hill.

- Sudharsan, B., Breslin, J. G., & Ali, M. I. (2021). ML-MCU: A framework to train ML classifiers on MCU-based IoT edge devices. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(16), 15007–15017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9490288>
- Wang, T., Fang, K., Wei, W., Tian, J., Pan, Y., & Li, J. (2022). Microcontroller unit chip temperature fingerprint informed machine learning for IIoT intrusion detection. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(2), 2219–2227. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9847023>
- World Health Organization. (2024). *Heat claims more than 175,000 lives annually in the WHO European Region, with numbers set to soar*. <https://www.who.int/europe/news/item/01-08-2024-statement--heat-claims-more-than-175-000-lives-annually-in-the-who-european-region--with-numbers-set-to-soar>
- Yoddumnern, A., Chaisrichaen, R., & Yooyativong, T. (2018). A smart WiFi multi-sensor node for fire detection mechanism based on social network. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 14(10), 4–20. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i10.8488>

การเปรียบเทียบประสิทธิผลยาพอกเข่าและการนวดไทยต่ออาการปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ่าย จังหวัดสุโขทัย

Comparative Effectiveness of Herbal Poultice and Thai Massage on Pain in Patients with Osteoarthritis at Yang Sai Health Promoting Hospital, Sukhothai Province

ฐาปนี รอดบ้านสวน

Thapanee Rodbansuan

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ่าย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย
Yangsai Health Promoting Hospital, Mueang District, Sukhothai Province

ธีรยา วรปาณี*

Teeraya Vorapani*

กองบริหารการสาธารณสุข

Health Administration Division

ภรภัทร ดอกไม้ และ ปรายดาว เทพลำลึก

Pornpat Dokmai and Praidao Teplumluek

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย

Sukhothai Provincial Health Office

E-mail : kztizzkz@gmail.com, freshy_jaa@yahoo.com*, p.parapat@gmail.com and praidao_nana@hotmail.com

*Corresponding author

(Received: 31 July 2025, Revised: 17 December 2025, Accepted: 22 December 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1262>

บทคัดย่อ

งานวิจัยกึ่งทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลยาพอกเข่าและการนวดไทยต่ออาการปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ่าย จังหวัดสุโขทัย กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม จำนวน 70 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบประเมินอาการปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม เป็นระยะเวลา 4 เดือน วิเคราะห์ข้อมูลเป็นค่าความถี่ ร้อยละ Paired Sample t-test และ Independent Sample t-test ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่าก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 4.51, 4.43 และ 3.73 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.51 (S.D. = 0.51) หลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่

1-3 เท่ากับ 3.63, 3.46 และ 2.83 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.83 (S.D.= 0.43) ส่วนการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 4.63, 4.03 และ 3.20 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.63 (S.D. = 0.73) หลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 3.63, 3.06 และ 2.17 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.17 (S.D.= 0.62) จะเห็นได้ว่า หลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยด้วยการใช้ยาพอกเข้าและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ระดับความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมลดลงมากกว่าก่อนการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้าและผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยนวดไทยมีอาการปวดเข่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทย เช่น การใช้ยาพอกเข้า การนวดไทย ผสมผสานกับการแพทย์แผนปัจจุบัน หรือใช้เป็นทางเลือกในการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจะช่วยอาการปวดได้ดี ลดการรับประทานยาแก้ปวด ลดผลข้างเคียงจากยาแก้ปวด รวมถึงช่วยให้ผู้ป่วยสามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ดีขึ้น และมีคุณภาพชีวิตดีขึ้นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ยาพอกเข้า การนวดไทย อาการปวด ประสิทธิภาพ

Abstract

The Quasi-experimental research to compare the effectiveness of knee poultices and Thai massage in reducing pain in 70 patients with osteoarthritis at Yang Sai Health Promoting Hospital Mueang District, Sukhothai Province. Data was collected using a pain assessment questionnaires in patients with osteoarthritis of the knee over a period of 4 months. The data were analyzed as frequency, percentage, Paired Sample t-test and Independent Sample t-test. The results showed that the average pain scores of patients with osteoarthritis treated with knee poultice. Before the experiment, the average pain score for the first to third times was 4.51, 4.43 and 3.73, respectively, and average pain score was 4.51 (S.D. = 0.51). After the experiment, the average pain score for the first to third times was 3.63, 3.46 and 2.83, respectively, and average pain score was 2.83 (S.D. = 0.43). As for the Thai massage treatment, it was found that before the experiment, the average pain score for the first to third times was 4.63, 4.03 and 3.20, respectively, and average pain score was 4.63 (S.D. = 0.73). After the experiment, the average pain score for the first to third times was 3.63, 3.06 and 2.17, respectively, and average pain score was 2.17 (S.D. = 0.62). It can be seen that after the experiment, people treated with knee poultice and Thai massage. It was found that the pain level of patients with osteoarthritis decreased compared to before the three trials, in which

patients with osteoarthritis who were treated with knee poultice and Thai massage had a statistically significant reduction in knee pain at the level of 0.05 ($p < 0.05$). Therefore, it is recommended to treat patients with osteoarthritis with Thai Traditional Medicine, such as the use of knee poultice, Thai massage combined with Western Medicine or use as an alternative to treat patients with osteoarthritis will help with pain. Reduce the use of analgesic, reduce side effects of analgesic, and help patients to perform their daily routines better and improve their quality of life in a sustainable manner.

Keywords: Knee poultice, Thai massage, Pain, Efficacy

บทนำ

ประเทศไทยจะมีประชากรผู้สูงอายุเพิ่มสูงถึงร้อยละ 30 ของประชากร (รจจา รอดเข็ม, 2562) จากการสำรวจประชากรสูงอายุของประเทศไทยโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2567 พบว่า สัดส่วนจำนวนผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป มีจำนวน 14 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 20 ของประชากรรวมทั้งหมด ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีปัญหาการเคลื่อนไหวของร่างกายโดนมักเกิดจากโรคข้อเข่าเสื่อม ในปี 2563 องค์การอนามัยโรคได้รายงานว่ามีผู้ป่วยกระดูกและข้อเพิ่มขึ้นจาก 400 ล้านคนเป็น 750 ล้านคน โดยเฉพาะโรคข้อเข่าเสื่อม นอกจากนี้ องค์การอนามัยโลกได้ศึกษาความชุกของโรคข้อเข่าเสื่อม ในปี ค.ศ. 2050 พบว่า ร้อยละ 15 ของผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จะมีอาการของโรคข้อเข่าเสื่อม (World health organization, 2012) ในประเทศไทยมีผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม 6 ล้านคน โดยพบมากที่สุดเป็นข้อเข่า ซึ่งข้อเข่าเสื่อมสภาพและหลุดออก ทำให้มีอาการข้อเข่าอักเสบ (ติสพล แจ่มจันทร์ และ พรรณี บัญชรหัตถกิจ, 2565) โรคข้อเข่าเสื่อมเป็นการเสื่อมสภาพของกระดูกอ่อนข้อต่อ ทำให้กระดูกอ่อนไม่สามารถเป็นเบาะรองรับน้ำหนักและมีการสูญเสียคุณสมบัติของน้ำหล่อเลี้ยงเข่า เมื่อมีการเคลื่อนไหวของเข่าจึงเกิดการเสียดสีและการสึกหรอของกระดูกอ่อน ผิวของกระดูกอ่อนจะแข็ง ทำให้มีอาการปวดเวลาเคลื่อนไหวหรือลงน้ำหนัก (วนิดา อินทราชา และคณะ, 2565) โรคข้อเข่าเสื่อมมักเริ่มเป็นในประชาชนอายุ 45 ปีขึ้นไป แต่พบมากในประชาชนอายุ 60 ปีขึ้นไป ทำให้มีอาการปวดเข่าจากโรคข้อเข่าเสื่อมสูงถึงร้อยละ 43.9 นอกจากอาการปวดแล้วยังพบอาการข้อฝืด ข้อติด กล้ามเนื้อรอบข้อเข่าอ่อนแรง โครงสร้างของข้อเปลี่ยนแปลง ข้อผิดรูป ทำให้ไม่สามารถใช้ชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ (เพ็ญศิริ จันทร์แอ และคณะ, 2564) จากข้อมูลด้านสุขภาพผู้สูงอายุจังหวัดสุโขทัย ในการการคัดกรองและประเมินสุขภาพผู้สูงอายุ 10 ด้าน เพื่อนำมาวางแผนส่งเสริมสุขภาพ การคัดกรองโรคข้อเข่าเสื่อมเป็น 1 ใน 10 ด้าน ที่ต้องคัดกรองในผู้สูงอายุ ในปี 2564-2566 พบว่า ผู้สูงอายุมีข้อเข่าผิดปกติ จำนวน 3,555 (ร้อยละ 4.9), 3,269 (ร้อยละ 4.4)

และ 2,854 (ร้อยละ 3.40) ตามลำดับ (Health Data Center สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุโขทัย ณ วันที่ 7 มกราคม 2567) สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย อำเภอเมืองสุโขทัย พบว่า มีผู้มารับบริการด้วยโรคข้อเข่าเสื่อม ในปี 2564-2566 จำนวน 27 ราย 42 ราย และ 62 ราย ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มของผู้มารับบริการด้วยโรคข้อเข่าเสื่อมเพิ่มขึ้นทุกปี

ปัญหาโรคข้อเข่าเสื่อมข้างต้นมีการประยุกต์ศาสตร์การแพทย์แผนปัจจุบันมาใช้เพื่อรักษาข้อเข่าเสื่อมหลายหลายวิธี เช่น การใช้ยาแก้ปวด กายภาพบำบัด การผ่าตัด โดยยาแก้ปวดที่นิยมใช้เป็นยากลุ่มต้านการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDs) ซึ่งมีผลข้างเคียงหลายประการ เช่น ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน เลือดออกในกระเพาะอาหาร (ปิยาภรณ์ พงษ์เกิดลาภ, 2565) โรคข้อเข่าเสื่อมในทางการแพทย์แผนไทยเป็นโรคลมชนิดหนึ่ง คือ โรคลมจับโปงเข่า เป็นโรคลมที่ทำให้ข้อต่อหลวม มีน้ำในข้อ ชัดในข้อ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด 1) ลมจับโปงน้ำเข่าเป็นลมจับโปงทำให้มีอาการอักเสบรุนแรงของข้อเข่า ทำให้มีอาการปวด บวม แดง ร้อน และอาจมีไข้ร่วมด้วย 2) ลมจับโปงแห้งเข่าทำให้มีอาการอักเสบเรื้อรังของข้อเข่าทำให้มีอาการปวด บวมบริเวณข้อเล็กน้อย (กรกฎ ไชยมงคล, 2562) การรักษาหลายวิธี เช่น การนวดไทย การประคบสมุนไพร การพอกเข่า (สุพัทธราพร คุ่มทรัพย์ และคณะ, 2563) งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิผลยาพอกเข่าและการนวดไทยต่ออาการปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย จังหวัดสุโขทัย เพื่อเป็นทางเลือกในการรักษาอาการปวดในโรคข้อเข่าเสื่อม รวมถึงลดการใช้แก้ปวดและลดข้างเคียงได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลยาพอกเข่าและการนวดไทยต่ออาการปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย จังหวัดสุโขทัย

2. วัตถุประสงค์เฉพาะ

2.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมก่อนและหลังการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่า

2.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมก่อนและหลังการรักษาด้วยการนวดไทย

2.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมก่อนและหลังการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่ากับการนวดไทย

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลองสองกลุ่มวัดก่อนและหลังการทดลอง โดยให้ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่มารับบริการในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย จำนวน 70 คน ได้รับการรักษาด้วยยาพอกเข่า 3 ครั้ง จำนวน 35 คน และได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย 3 ครั้ง จำนวน 35 คน ประเมินอาการปวดก่อนและหลังการรักษา 2 ครั้ง การรักษาด้วยยาพอกเข่า เริ่มจากทำความสะอาดบริเวณข้อเข่า นำยามาพอกเข่าตามส่วนผสม โดยพอกเข่าทิ้งไว้ 30 นาที 2) ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย 45 นาที จำนวน 35 คน โดยการนวดไทย ประกอบด้วย การนวดพื้นฐานขาและเปิดประตูลมวดสัญญาณ 1-3 เข่า นวดสัญญาณ 1-4 ขาด้านนอก เน้น 4 นวดสัญญาณ 1-4 ขาด้านใน เน้น 3,4 หลังการรักษาผู้ป่วยทั้ง 2 กลุ่ม จะได้รับการประเมินคะแนนความปวด รวมถึงผู้วิจัยซึ่งเป็นแพทย์แผนไทยได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วย ประกอบด้วย 1) งดอาหารแสลง เช่น ข้าวเหนียว หน่อไม้ เครื่องในสัตว์ อาหารหมักดอง เหล้า เบียร์ 2) หลีกเลี้ยงสาเหตุที่ทำให้ปวด เช่น การอยู่ในอิริยาบถที่ไม่เหมาะสมในเวลานาน ๆ 3) ห้ามบิด ดัด และสัดขา 4) ทำท่าบริหาร ได้แก่ 1) นั่งยอง 90 องศา จำนวน 5 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น 2) กระดกปลายเท้า ขึ้นและลง จำนวน 20 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น มีการนัดติดตามผู้ป่วย ห่างกัน 3 วัน จำนวน 3 ครั้ง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่มารับบริการในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยยาแก้ปวด จำนวน 70 คน จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power version 3.1.9.7 โดยการป้อนข้อมูลขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกการทดสอบ t test Statistic test เลือก Mean Difference between two independent mean (two group) เลือกการทดสอบ Tail(s) = one Effect size เท่ากับ 0.8 ป้อนค่า α err prob = 0.05 ป้อนค่า Power (1 - β err prob) = 0.95 ป้อนค่า Allocation ratio N2/N1 = 1 ได้กลุ่มตัวอย่าง 70 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มด้วยการจับฉลาก 1) ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยยาพอกเข่า 30 นาที จำนวน 35 คน 2) ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย 45 นาที จำนวน 35 คน

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าสู่งานวิจัย (Inclusion criteria)

1. ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคข้อเข่าเสื่อม มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป
2. ผู้ป่วยไม่มีประวัติผ่าตัดข้อเข่า
3. ผู้ป่วยไม่เป็นโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหว
4. เป็นผู้ยินดีและสมัครใจในการศึกษาครั้งนี้และเป็นผู้ที่ได้รับการบอกกล่าวรายละเอียดการวิจัยและลงนามในหนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย
5. ผู้ป่วยสามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยได้ อ่านออกเขียนได้

เกณฑ์การคัดอาสาสมัครออกจากงานวิจัย (Exclusion criteria)

1. ผู้ป่วยย้ายที่อยู่ หรือไม่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตพื้นที่ดำเนินการวิจัย
2. ผู้ป่วยไม่สามารถสื่อสารด้วยภาษาไทยได้
3. ผู้ป่วยไม่ร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย
4. ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ตลอดจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้

1. ยาพอกเข้า หมายถึง การใช้ยาสมุนไพรตามตำรับภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย ซึ่งการพอกยาช่วยลดอาการปวด บวม แดง และร้อน โดยสมุนไพรที่ใช้นิยมใช้สมุนไพรที่มีรสร้อน แต่มีบางตำราใช้สมุนไพรที่มีรสเย็น งานวิจัยนี้ ยาพอกเข้า ประกอบด้วย ผงดองดึง 200 กรัม แป้งข้าวเจ้า 100 กรัม น้ำมันไพล 200 มิลลิลิตร น้ำมันขิง 50 มิลลิลิตร และน้ำมันมะกอก 50 มิลลิลิตร

2. การนวดไทย หมายถึง ศาสตร์บำบัดและรักษาโรคแขนงหนึ่งของการแพทย์แผนไทย โดยจะเน้นในลักษณะการกด การคลึง การบีบ การตัด การดึง การอบ และการประคบ หรือวิธีการอื่นตามศิลปะการนวดไทย ในทางกฎหมายตามพระราชบัญญัติวิชาชีพการแพทย์แผนไทย พ.ศ. 2556 มาตรา 3 กล่าวว่า “การนวดไทย หมายความว่า การตรวจ การวินิจฉัย การบำบัด การรักษา การป้องกันโรค การส่งเสริมและฟื้นฟูสุขภาพ โดยใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับศิลปะการนวดไทยด้วยกรรมวิธีการแพทย์แผนไทย”

3. แบบประเมินอาการปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเองและผ่านการตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC = 0.88

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง เป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน พ.ศ. 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลด้วยสถิติเชิงพรรณนา เป็นค่าความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ประสิทธิผลของยาพอกเข้าและการนวดไทยในการลดอาการปวดด้วยสถิติเชิงอนุมาน เป็นค่า Paired Sample t-test และค่า Independent Sample t-test

ผลการวิจัย

งานวิจัยกึ่งทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลยาพอกเข้าและการนวดไทยต่ออาการปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลยางซ้าย จังหวัดสุโขทัย มีผลการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูลส่วนบุคคล	การไชยาพอกเข้า (N=35)		การนวดไทย (N=35)	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ				
- ชาย	5	14.30	7	20.00
- หญิง	30	85.70	28	80.00
2. อายุ				
- อายุ 50-59 ปี	5	14.30	9	25.70
- อายุ 60-69 ปี	19	54.30	18	51.40
- อายุ 70-79 ปี	11	31.40	8	22.90
3. การประกอบอาชีพ				
- ค้าขาย / กิจการส่วนตัว	4	11.40	0	0.00
- ทำนา / ทำสวน / ทำไร่	16	45.70	14	40.00
- รับจ้างทั่วไป	10	28.60	14	40.00
- แม่บ้าน/ไม่ได้ทำงาน	5	14.30	7	20.00
4. ระดับการศึกษาสูงสุด				
- ไม่ได้เรียน	6	17.10	4	11.40
- ประถมศึกษา	18	51.40	21	60.00
- มัธยมศึกษาตอนต้น	10	28.60	10	28.60
- มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	1	2.90	0	0.00
5. สถานภาพสมรส				
- โสด	6	17.10	2	5.70
- สมรส	29	82.90	33	94.30
6. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน				
- 1,000- 5,000 บาท	10	28.60	10	28.60
- 5,001-10,000 บาท	25	71.40	25	71.40

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 85.7 อายุเฉลี่ย 65.90 ปี อายุระหว่าง 60-69 ปี ร้อยละ 54.30 ประกอบอาชีพทำนา/ทำสวน/ทำไร่ และรับจ้าง ร้อยละ 45.70 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 51.4 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 82.9 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 71.4 ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 80 อายุเฉลี่ย 64.4จ ปี อายุระหว่าง 60-69 ปี ร้อยละ 51.40 ประกอบอาชีพทำนา/ทำสวน /ทำไร่ และรับจ้างทั่วไป ร้อยละ 40 จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 60 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 94.30 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 71.40

2. การเจ็บป่วยและภาวะสุขภาพ

ตารางที่ 2 การเจ็บป่วยและภาวะสุขภาพ

ข้อมูลส่วนบุคคล	การใช้ยาพอกเข้า (N=35)		การนวดไทย (N=35)	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ค่าดัชนีมวลกาย				
- น้อยกว่าปกติ	2	5.70	0	0.00
- ปกติ	6	17.10	10	28.60
- น้ำหนักเกินเกณฑ์ปกติ/	8	22.90	5	14.30
- โรคอ้วนระดับที่ 1	16	45.70	16	45.70
- โรคอ้วนระดับ 2	3	8.60	4	11.40
2. โรคประจำตัว				
- ไม่มีโรคประจำตัว	4	11.40	5	14.30
- มีโรคประจำตัว	31	88.60	30	85.70
- โรคเบาหวาน	25	80.70	21	70.00
- โรคความดันโลหิตสูง	9	29.00	11	36.70
3. ภาวะแทรกซ้อนจากโรคประจำตัว				
- ไม่มีภาวะแทรกซ้อน	35	100.00	35	100.00
4. การรักษาตัว/นอนรักษาตัวในโรงพยาบาล				
(1 ปีที่ผ่านมา)				
- ไม่เคยนอนโรงพยาบาล	34	97.10	35	100.00
- นอนรักษาตัวในโรงพยาบาล	1	2.90	0	0.00
5. การผ่าตัด (1 ปีที่ผ่านมา)				
- ไม่ได้ผ่าตัด	35	100.00	35	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า ข้อมูลด้านการเจ็บป่วยและภาวะสุขภาพ พบว่า ด้านภาวะโภชนาการของกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า ส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกายเป็นภาวะโรคอ้วนระดับที่ 1 ร้อยละ 45.70 มีโรคประจำตัว ร้อยละ 88.60 เป็นโรคเบาหวาน ร้อยละ 80.70 มีโรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 29.00 ไม่มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคประจำตัว ซึ่งในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา มีประสบการณ์การนอนรักษาตัวในโรงพยาบาล ร้อยละ 2.90 แต่ไม่เคยผ่าตัด ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย ส่วนใหญ่มีดัชนีมวลกายเป็นภาวะโรคอ้วนระดับที่ 1 ร้อยละ 45.70 มีโรคประจำตัว ร้อยละ 85.70 เป็นโรคเบาหวาน ร้อยละ 70 โรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 36.70 ไม่มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคประจำตัว ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมาไม่เคยนอนรักษาตัวในโรงพยาบาลและไม่เคยผ่าตัด

3. การเปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดก่อนและหลังการพอกเข้าและการนวดไทย

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดก่อนและหลังการรับการรักษาด้วยการพอกเข้าและการนวดไทย (N=70)

การให้บริการการแพทย์แผนไทย	ค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวด		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. การใช้ยาพอกเข้า			
- ก่อนทดลอง	4.51	4.43	3.73
- หลังทดลอง	3.63	3.46	2.83
2. การนวดไทย			
- ก่อนทดลอง	4.63	4.03	3.20
- หลังทดลอง	3.63	3.06	2.17

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า พบว่า ก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 4.51, 4.43 และ 3.73 ตามลำดับ และหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 3.63, 3.46 และ 2.83 ตามลำดับ ส่วนการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 4.63, 4.03 และ 3.20 ตามลำดับ และหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ครั้งที่ 1-3 เท่ากับ 3.63, 3.06 และ 2.17 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า หลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้าและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ระดับความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมลดลงมากกว่าก่อนการทดลองทั้ง 3 ครั้ง

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดก่อนและหลังด้วยการใช้ยาพอกเข้าและการนวดไทย (N=70)

ตัวแปร	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		Paired t-test	p-value*
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
การใช้ยาพอกเข้า (N=35)	4.51	0.51	2.83	0.43	27.89	<0.001*
การนวดไทย (N=35)	4.63	0.73	2.17	0.62	28.76	<0.001*

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 4 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า พบว่า ก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.51 (S.D. = 0.51) และหลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.83 (S.D.= 0.43) ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.63 (S.D. = 0.73) และหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.17 (S.D.= 0.62) ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม ระหว่างการใช้ยาพอกเข้ากับการนวดไทย (N=70)

ตัวแปร	การใช้ยาพอกเข้า		การนวดไทย		T-test	p-value*
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
ก่อนทดลอง	4.51	0.51	4.63	0.73	-0.661	0.513
หลังทดลอง	2.83	0.43	2.17	0.62	5.083	<0.001*

*ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมระหว่างการใช้ยาพอกเข้ากับการนวดไทย พบว่า ก่อนทดลอง ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการพอกเข้า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.51 (S.D.=0.51) และผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.63 (S.D. = 0.73) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่ม พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน ส่วนหลังทดลอง พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.83 (S.D.=0.43) หลังการทดลอง ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.17 (S.D. = 0.62) ทั้งนี้ หลังการทดลอง ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้าและผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทยมีอาการปวดลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$)

การอภิปรายผล

จากผลการศึกษา พบว่า หลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยด้วยการใช้ยาพอกเข้าและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ระดับความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมลดลงมากกว่าก่อนการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ส่วนคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า พบว่า ก่อนการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.51 (S.D. = 0.51) และหลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.83 (S.D.= 0.43) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.63 (S.D. = 0.73) และหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.17 (S.D.= 0.62) ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบระดับความเจ็บปวดในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมระหว่างการใช้ยาพอกเข้ากับการนวดไทย พบว่า ก่อนทดลอง ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการพอกเข้า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.51 (S.D.=0.51) และผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 4.63 (S.D. = 0.73) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่ม พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน ส่วนหลังทดลอง พบว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้า มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.83 (S.D.=0.43) หลังการทดลอง ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด เท่ากับ 2.17 (S.D. = 0.62) ทั้งนี้ หลังการทดลอง ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้าและผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทยมีอาการปวดลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ซึ่งค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนความเจ็บปวดลดลงหลังจากผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข้าและการนวดไทยสอดคล้องกับงานวิจัยของสีแพร จงธรรม และ รวินันท์ นุชศิลป์ (2565) โดยการนวดไทยเป็นการกดจุดตามแนวเส้นกายใต้ทฤษฎีประธานสิบ ช่วยให้ลมในเส้นเดินได้สะดวก จะกระตุ้นให้เกิดการไหลเวียนของโลหิต ทำให้เลือดและน้ำเหลืองใหม่มาแทนที่ ระบบไหลเวียนจึงทำงานได้ดีขึ้น ทำให้สามารถลดอาการปวดเข้าได้ รวมถึงช่วยให้กล้ามเนื้อคลายตัว ลดอาการตึงของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น ช่วยให้การเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพดีขึ้น การนวดไทยนิยมนำมาใช้ลดอาการปวดข้อเข่า โดยพบว่า ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการนวดไทยมีอาการปวดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับงานวิจัยของสุจิตรา บุญมาก (2563) ส่วนผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการพอกสมุนไพรมีอาการปวดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ พรหมแทนสุด และคณะ (2561) เนื่องจากยาพอกสมุนไพรมีส่วนประกอบของสมุนไพรที่มีฤทธิ์ร้อน ช่วยให้เลือดลมเดินสะดวกตามแนวเส้นประธานสิบ ช่วยลดอาการปวด ลดอาการบวม รวมถึงช่วยกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่ ลดอาการชา ลดอาการอักเสบทำให้หลอดเลือดขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนของเลือด เนื้อเยื่อได้รับสารอาหารและออกซิเจนเพิ่มขึ้น รวมถึงสมุนไพรที่ใช้ในการพอกเข้ามีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ น้ำมันขิง ซึ่งมีสาร Gingerol ช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด และยับยั้งการสร้างสารกระตุ้นการอักเสบได้แก่ ลดการสร้างสาร chemokines ในเซลล์เยื่อหุ้มกระดูกอ่อนมนุษย์ และน้ำมันหอมระเหยของขิงมีสาร Zingiberene ที่ช่วยยับยั้งสาร lipoyxygenase ทำให้มีฤทธิ์ด้านการอักเสบและลด

อาการปวดได้ ส่วนดองดิงมีสารสำคัญ ได้แก่ Colchicine ช่วยลดอาการปวดตามข้อได้ ไพลมีสาร Dimethoxyphenyl butadiene (DMPBD) ช่วยยับยั้งการบวมและลดอาการปวดได้เทียบเท่ากับแอสไพริน ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่ามีระดับคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันจิรา บิลลีส (2561) นอกจากการรักษาด้วยการนวดไทย การใช้ยาพอกเข่าแล้ว การประคบสมุนไพร และการบริหารร่างกายเป็นประจำสามารถช่วยให้กล้ามเนื้อข้อเข่าและข้อต่อยืดหยุ่นดีขึ้น ช่วยลดอาการปวดและลดการเสื่อมของข้อเข่าได้อีกด้วย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

หลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยด้วยการใช้ยาพอกเข่าและกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทย พบว่า ระดับความเจ็บปวดของผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมลดลงมากกว่าก่อนการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่าและผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทยมีอาการปวดเข่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) นอกจากนี้ ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่าและผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทยมีอาการปวดลดลงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p = 0.513$) อย่างไรก็ตาม หลังการทดลอง ผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมได้รับการรักษาด้วยการใช้ยาพอกเข่าและผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมที่ได้รับการรักษาด้วยการนวดไทยมีอาการปวดลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทย เช่น การใช้ยาพอกเข่า การนวดไทยผสมผสานกับการแพทย์แผนปัจจุบัน หรือใช้เป็นทางเลือกในการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมจะช่วยอาการปวดได้ดี ลดการรับประทานยาแก้ปวด ลดผลข้างเคียงจากยาแก้ปวด รวมถึงช่วยให้ผู้ป่วยสามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ดีขึ้น และมีคุณภาพชีวิตดีขึ้นอย่างยั่งยืน

การรักษาผู้ป่วยด้วยศาสตร์การแพทย์แผนไทยเป็นทางเลือกในการดูแลสุขภาพผู้ป่วย โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีความเสื่อมทางด้านร่างกาย ทำให้มีอาการปวด ซึ่งรบกวนการดำรงชีวิตประจำวัน ดังนั้นการทำงานร่วมกับภาคีเครือข่ายในชุมชนในการดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วยด้วยการแพทย์แผนไทยเป็นทางเลือกในการดูแลสุขภาพผู้ป่วย โดยบูรณาการร่วมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขเพื่อให้บริการผู้ป่วยและผู้สูงอายุแบบองค์รวม จะช่วยให้ผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้รับการดูแลอย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง ทำให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพดีอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ในการทำงาน

1.1 นำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมให้ประชาชนใช้สมุนไพรเพื่อลดอาการปวดจากโรคข้อเข่าเสื่อมและประชาชนมีสุขภาพดี

1.2 นำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนเชิงนโยบายและจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์เพื่อใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคเรื้อรังจากการทำงานให้แก่ประชาชน

1.3 นำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางการผสมผสานศาสตร์การแพทย์แผนไทยร่วมกับศาสตร์การแพทย์แผนปัจจุบันในการรักษาผู้ป่วยในโรงพยาบาล

2. ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการบริหารข้อเข่าและการพอกเข่าด้วยสมุนไพรในการบรรเทาความปวดของโรคข้อเข่าเสื่อม

เอกสารอ้างอิง

กรกฎ ไชยมงคล. (2562). ประสิทธิภาพของการใช้ยาสมุนไพรตำรับพอกเข่าในการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อม

โรงพยาบาลพระปกเกล้า จังหวัดจันทบุรี. *วารสารช่อพะยอม*, 30(1), 119-128. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ejChophayom/article/view/162661>

จันจิรา บิลหาลี. (2561). ผลของโปรแกรมบรรเทาอาการปวดเข่าด้วยตนเองในผู้สูงอายุที่มีภาวะข้อเข่าเสื่อม.

วารสารสาธารณสุขและวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 1(2), 42-51. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/tjph/article/view/152705>

ติสพล แจ่มจันทร์ และ พรรณี บัญชรหัตถกิจ. (2565). ประสิทธิภาพของยาพอกเข่าสมุนไพรเพื่อบรรเทาอาการ

ปวดเข่าสำหรับผู้ป่วยมีอาการข้อเข่าเสื่อม: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ. *วารสาร*

โรงพยาบาล สิงห์บุรี, 31(2), 14-28. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/shj/article/view/258237>

ปิยาภรณ์ พงษ์เกิดลาภ. (2565). ประสิทธิภาพการรักษาอาการปวดข้อเข่า โดยใช้การนวดรักษาแบบราชสำนัก

ร่วมกับการประคบและพอกเข่าด้วยสมุนไพร ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดเข่าหรือข้อเข่าเสื่อม อำเภอศรี

ประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิทยาลัยการพยาบาลบรมราชชนนี สุพรรณบุรี*, 5(2), 32-46.

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/SNC/article/view/260536>

พรทิพย์ พรหมแทนสุด, สุทธิพร มุลศาสตร์ และ ดนัย หีบท่าไม้. (2561). ประสิทธิภาพของโปรแกรมการจัดการ

ความปวดร่วมกับการปรับสิ่งแวดล้อมในผู้สูงอายุข้อเข่าเสื่อม. *วารสารพยาบาล*, 67(4), 34-43.

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/TJN/article/view/202078>

เพ็ญศิริ จันทร์แอ, จุฑาทิพย์ ศิริศิลป์, พิทักษ์ชน บุญสินชัย, ศุภกร แนมพลกรัง, กาญจนา คิตติ์จริง, ทัญทิกา

แก้วสูงเนิน, ฉัตรชนก นุกุลกิจ, ภาณีชา พงศ์นราทร, นฤวัตร ภักดี, กันธิมา เผือกเจริญ, จรินยา ขุนทะ

วาด และ วรินทร์ โอนอ่อน. (2564). การประยุกต์ใช้ศาสตร์การแพทย์แผนไทยเพื่อลดอาการเจ็บปวด

ของโรคข้อเข่าเสื่อมด้วยตนเองในผู้สูงอายุ บ้านหนองบัวหลวง อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีและการจัดการ, 2(1), 30-42. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jomt/article/view/249460>

- รุจา รอดเข็ม. (2562). สังคมสูงวัย: กิจกรรมทางสังคมของผู้สูงอายุ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 9(2), 1-9. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSocSci/article/view/193976>
- วนิดา อินทราชา, พยอม ถิ่นอ้วน และ อาทิตย์ วจิกรรม. (2565). ประสิทธิภาพของการพอกเข้าสมุนไพรร่วมกับส่งเสริมการดูแลตนเอง ต่ออาการปวดเข้า ความสามารถในการเดิน และการเคลื่อนไหวข้อในผู้สูงอายุโรคข้อเข่าเสื่อม. *วารสารวิชาการสุขภาพภาคเหนือ*, 9(1), 176-193. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/johss/article/view/252796>
- สีแพร จงธรรม และ รวิรัตน์ นุชศิลป์. (2565). ผลของโปรแกรมการดูแลตนเองร่วมกับนวัตกรรมไทยและการพอกสมุนไพรร่วมต่อความรุนแรงข้อเข่าเสื่อมในผู้สูงอายุข้อเข่าเสื่อมในชุมชน. *วารสารพยาบาลศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 34(2), 34-48. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUNS/article/view/258706>
- สุจิตรา บุญมาก. (2563). ผลการนวดไทยต่อผู้ป่วยอาการปวดข้อเข่าและอาการข้อเข่าฝืดในคลินิกแพทย์แผนไทยโรงพยาบาลหลวงพ่อบึง จังหวัดนครปฐม. *วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 3(3), 518-532. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jmhs1_s/article/view/244350
- สุพัทธพร คัมภีร์พยอม ยงยุทธ วัชรดุล และ ศุภะลักษณ์ พักคำ. (2563). การศึกษาผลของยาพอกสมุนไพรร่วมต่อการรักษาอาการปวดในโรคข้อเข่าเสื่อมของ ผู้สูงอายุในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลวังห้ว อำเภอสรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น*, 17(2), 275-283. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/umt-poly/article/view/246112>
- World health organization. (2012). *Good health adds life to years: Global brief for world health day 2012*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665>

ประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน
Efficiency of 3 Fungicides (Prochloraz, Cyproconazole, and Pyraclostrobin)
for Controlling *Lasiodiplodia theobromae* Causing Fruit Rot in Durian

ธิติ ทองค่างาม, ไพรัตน์ อำนวย และ สุกฤตา อนุตระกูลชัย*

Titi Thongkamngam, Pairat Amloy and Sukritta Anutrakunchai*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

Department of Plant production and Landscape, Faculty of Agro-Industrial Technology,
Rajamangala University of Technology Tawan-ok

E-mail : titi_th@rmutto.ac.th, pairat_am@rmutto.ac.th and sukritta_an@rmutto.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 20 March 2025, Revised: 12 January 2026, Accepted: 16 January 2026)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1132>

บทคัดย่อ

ปัญหาการแพร่ระบาดของโรคผลเน่าทุเรียนสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนอย่างมาก เพราะทำให้ผลทุเรียนหลุดร่วงหล่น ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตทุเรียน จำเป็นต้องหาวิธีการป้องกันกำจัดโรคผลเน่าของทุเรียน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด คือ โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน เริ่มต้นจากแยกเชื้อราสาเหตุโรคจากส่วนผลทุเรียนที่แสดงอาการของโรค หลังจากแยกเชื้อราและจัดจำแนกทางชีวโมเลกุลแล้ว พบว่าเป็นเชื้อรา *L. theobromae* จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 ต่อมาได้ทดสอบการเกิดโรคกับผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (อายุ 70 วัน) พบว่าไอโซเลท LT-10 ก่อให้เกิดโรครุนแรงที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทดสอบกับสารกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ด้วยวิธี Poisoned food technique ที่ 5 ระดับความเข้มข้น (0, 10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารกำจัดเชื้อราโพรคลอราซ สามารถควบคุมเชื้อรา LT-10 ได้ทุกความเข้มข้น โดยสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุได้ประมาณ 75- 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทดสอบการชุบผลทุเรียน (Dipping fruits) กับสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ระดับความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่าสารเคมีโพรคลอราซ มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคและความรุนแรงของ

โรคที่รุนแรง และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อสูงที่สุดถึง 80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สารเคมีไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน ตามลำดับ และเมื่อผ่าผลทุเรียนเพื่อสังเกตการเข้าทำลายของเชื้อรา LT-10 ก็พบว่าผลทุเรียนที่ชุบสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ไม่พบการเข้าทำลายถึงเนื้อทุเรียน โดยสรุปผลการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารโพรคลอราซที่ความเข้มข้น 10, 100, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียนภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ในสภาพแปลงปลูกจริงควรมีการศึกษาทดสอบเพิ่มเติม เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความเหมาะสม และความปลอดภัยก่อนนำไปใช้ในแปลงทุเรียนจริงต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: โพรคลอราซ ไซโปรโคนาโซล ไพราโคลสโตรบิน โรคผลเน่า เชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae*

Abstract

Durian fruit rot disease has caused severe economic losses to farmers, leading to premature fruit drop and decrease fruit yields. Effective measures are essential for preventing and controlling this disease. This study aims to evaluate the efficacy of three fungicides—prochloraz, cyproconazole, and pyraclostrobin—against *Lasiodiplodia theobromae*, the causal agent of durian fruit rot. The study began with the isolation of the pathogen from symptomatic durian fruits. Molecular identification confirmed the presence of *L. theobromae*, with three isolates identified: LT-1, LT-5, and LT-10. Pathogenicity tests conducted on 70-day-old pruned young durian fruits revealed that the LT-10 isolate caused the most severe infection, reaching 100% disease incidence. To assess fungicidal efficacy, the poisoned food technique was employed at five concentration levels (0, 10, 100, 500, and 1000 mg/L). The results demonstrated that prochloraz effectively controlled LT-10 at all tested concentrations. At 10 mg/L and above, fungal growth inhibition ranged from approximately 75% to 100%. A dipping test was subsequently conducted on durian fruits using three fungicides—prochloraz, cyproconazole, and pyraclostrobin—each applied at a rate of 100 g per 100 L of water. Among them, prochloraz exhibited the highest efficacy, achieving an 80% fungal growth inhibition rate, followed by cyproconazole and pyraclostrobin. Dissection of treated durian fruits revealed no LT-10 infection in the fruit pulp across all treatments. In conclusion, the results of this study demonstrated that prochloraz at concentrations of 10, 100, 500, and 1,000 mg/L effectively inhibited the fungal pathogens causing durian fruit rot under laboratory conditions. However, further studies under field conditions are required to evaluate its efficacy, suitability, and safety before practical application in commercial durian orchards.

Keywords: Prochloraz, Cyproconazole, Pyraclostrobin, Fruit rot, *Lasiodiplodia theobromae*

บทนำ

ปัจจุบันทุเรียนได้รับความนิยมในการปลูกกันทั่วทุกจังหวัดในประเทศไทยเพื่อจำหน่ายทั้งภายในและส่งออกต่างประเทศ ได้แก่ จีน เวียดนาม และ ฮองกง โดยในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่ต้นทุเรียนที่ให้ผลผลิต 1,057,574 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 1,476,174 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,396 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่ 978,799 ไร่ ผลผลิต 1,335,728 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 1,365 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2566) จากความต้องการผลผลิตทุเรียนที่เพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี ส่งผลทำให้ต้องมีการควบคุมคุณภาพของผลทุเรียนตั้งแต่เริ่มการเก็บเกี่ยวจนกระทั่งส่งออกให้กับผู้คอนเทนเนอร์ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อเป็นการช่วยคงสภาพความสุกแก่ของผลทุเรียนและให้ปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อราสาเหตุโรคที่เข้ามาก่อให้เกิดความเสียหายกับผลทุเรียนในระหว่างขนส่ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายของผลผลิตทั้งผู้คอนเทนเนอร์

จากการรายงานการแพร่ระบาดของโรคผลเน่าในทุเรียน ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. เชื้อดังกล่าวก่อให้เกิดแผลบริเวณหนามและผิวผล สามารถพบการระบาดได้ตั้งแต่ในแปลงปลูก ช่วงเก็บเกี่ยวจนถึงระหว่างขนส่ง นอกจากนี้ เชื้อยังสามารถเข้าทำลายเนื้อภายในผล ส่งผลให้เกิดอาการเน่าและและแพร่กระจายไปยังผลอื่น ๆ ทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อคุณภาพและมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตทุเรียน (Chantarasiri and Boontanom, 2021) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าเชื้อรา *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia* sp., *Colletotrichum* sp. และ *Phomopsis* sp. สามารถเข้าทำลายผลทุเรียนได้เช่นกัน (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2564; Khanzada et al., 2004; Munirah et al., 2017) เพื่อป้องกันความเสียหาย เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีหลายประเภทในการฉีดพ่นหรือชุบเคลือบผลทุเรียนก่อนส่งขาย อย่างไรก็ตาม เกษตรกรเองก็ยังเผชิญปัญหาในการเลือกใช้สารเคมีที่ลดความเสียหายของผลผลิตให้ได้มากที่สุด โดยต้องคำนึงถึงปริมาณสารพิษตกค้างให้อยู่ในระดับที่เป็นไปตามมาตรฐานของสำนักงาน AQSIQ แห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน (Zhang et al., 2010; Zheng et al., 2012; Zhao et al., 2019) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่อการส่งผลผลิตทุเรียนออกไปขายยังประเทศจีน

ปัจจุบัน มีการใช้สารป้องกันเชื้อราหลายชนิดสำหรับฉีดพ่นหรือชุบผลทุเรียน เช่น อะซอกซีสโตรบิน, โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล, ไพราโคลสโตรบิน และคาร์เบนดาซิม ซึ่งอยู่ในกลุ่มของสารเคมีตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร มีอยู่หลากหลายกลุ่ม คือ 1, 3, 11, 32 และ 40 สารเหล่านี้สามารถยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคได้หลายชนิด เช่น *Phytophthora* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp. และ *Phomopsis* sp. (Piasai et al., 2021; Nur-Shakirah et al., 2022) ที่เป็นเชื้อราสาเหตุโรคในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น เงาะ ลองกอง มังคุด มะม่วง รวมไปถึงทุเรียน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจสนใจที่จะคัดเลือกสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคผลเน่าในทุเรียน เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรนำไปใช้ในการป้องกันและกำจัดโรคดังกล่าวต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

ระเบียบวิธีวิจัย

การเก็บตัวอย่างและการจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวในผลทุเรียน

เก็บตัวอย่างผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่แสดงอาการผลเน่า (ภาพที่ 1) จากตำบลเขาหัวพลอยแหวน อำเภอน้ำใหม่จังหวัดจันทบุรี และ ต.รำพัน อ. ท่าใหม่ จ.จันทบุรี โดยสังเกตจากลักษณะเปลือกของผลทุเรียนว่ามีส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรคปะปนอยู่บริเวณหนามของผลทุเรียน เช่น เส้นใย หรือสปอร์ นำมาทำการแยกเชื้อสาเหตุด้วยวิธี Tissue transplanting technique โดยนำชิ้นส่วนเปลือกของผลทุเรียนมาตัดให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร จากนั้นใช้คีมคีบชิ้นส่วนพืชล้างด้วย Ethanol 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วินาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อนาน 30 วินาที ล้างต่อด้วย sodium hypochlorite 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 1-2 นาที สุดท้ายล้างออกด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ นาน 3 นาที เมื่อครบระยะเวลาใช้คีมคีบตัวอย่างมาซับด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการฆ่าเชื้อให้แห้งรอการย้ายมาเลี้ยงลงบนอาหาร Water agar (WA) สังเกตลักษณะเส้นใยของเชื้อที่เจริญเมื่อพบการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อให้ย้ายลงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) และเก็บรักษาเชื้อให้บริสุทธิ์ไว้ในอาหาร PDA slant เพื่อใช้ในการจัดจำแนกชนิดเชื้อราสาเหตุโรคต่อไป จากนั้นสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป Prep man ultra (Applied Biosystems) โดยส่งตัวอย่างดีเอ็นเอไปวิเคราะห์ที่บริษัท MacroGen กรุงโซล ประเทศเกาหลีใต้ ใช้ universal primer ITS4 และ ITS5 คือ primer ITS4 (5-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3) ITS5 (5-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3) (White et al., 1990) โดยทำการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ไปเปรียบเทียบหาความเหมือน (identity) ด้วยโปรแกรม BLAST ในฐานข้อมูล GenBank นำค่าที่มาวิเคราะห์ด้วยวิธี maximum likelihood (ML) ด้วยโปรแกรม MEGA 11.0 กำหนดค่า bootstrap analysis ให้มีค่าเท่ากับ 1000 พร้อมรายงานผลเป็น Phylogenetic tree เก็บรักษาเชื้อต่อไป



ภาพที่ 1 ลักษณะอาการผลเน่าที่มีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp.

(ก) เริ่มสังเกตพบเส้นใยสีขาวเจริญขึ้นปกคลุมบริเวณเปลือกของผล

(ข) หลังจากนั้นเส้นใยสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีเทาปนดำ และสามารถแพร่กระจายไปยังผลข้างเคียงต่อไป

การทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test)

นำเชื้อราที่ได้จากการแยกเชื้อมาทำการทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test) โดยเริ่มจากการเตรียมเชื้อราสาเหตุโรคพืช *Lasiodiplodia* sp. จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT01, LT05 และ LT10 เป็นต้น หลังจากนั้นนำผลทุเรียนมาฆ่าเชื้อที่ผิวเปลือกโดยจุ่มผลในสารละลายไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที แล้วผึ่งลมให้แห้งเพื่อฆ่าเชื้อบริเวณผิวผล เริ่มจากปลุกเชื้อโดยใช้แท่นเหล็กขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะเปลือกให้เป็นรูแล้ววางชิ้นวุ้นของเชื้อสาเหตุโรค (agar plug) จำนวน 1 ชิ้น ต่อ 1 ผล (1 ผล ทำจำนวน 3 ผล) (ภาพที่ 2) บ่มผลทุเรียนไว้ในกล่องที่มีฝาปิดเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อภายนอก เป็นเวลา 15 วัน หลังจากนั้นสังเกตการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรค บันทึกผลการทดลองโดย วัดขนาดแผลและคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรค ดัดแปลงวิธีการของ Nianwichai et al. (2022) ดังต่อไปนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (% Disease incidence : DI) = [(0) ไม่พบอาการของโรคที่ผลทุเรียน 0 %; (1) ผลทุเรียนเริ่มมีเส้นใยสีขาวเจริญปกคลุมแผล 25%; (2) ผลทุเรียนเริ่มเปลี่ยนจากเส้นใยสีขาวเป็นสีน้ำตาลปนดำปกคลุมแผล 26-50%; (3) ผลทุเรียนเริ่มมีอาการเน่าและ มีเส้นใยสีดำปกคลุมแผล 51-75%; (4) ผลทุเรียนมีอาการเน่าและ ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเหม็น และผลแตก 76-100%] เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (% Disease severity : DS) = $\frac{\sum (\text{จำนวนแผลที่แสดงอาการ} \times \text{ระดับการเกิดโรค})}{(\text{จำนวนแผลทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการโรคสูงสุด})} \times 100$ จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 2 ลักษณะการปลุกเชื้อสาเหตุโรค (Inoculation)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธี Poisoned food technique

เลี้ยงเชื้อ *L. theobromae* (LT-10) เป็นเวลา 5 วัน เพื่อเตรียมนำมาทดสอบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา *L. theobromae* ด้วยวิธี poisoned food technique โดยผสมสารเคมีกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด คือ โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) โดยสารแต่ละชนิดมีความเข้มข้นเท่ากับ 5 ระดับความเข้มข้นคือ 0, 10, 100, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นตัดชิ้นวุ้นเชื้อบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ย้ายมาวางเลี้ยงลงตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ความเข้มข้น ๆ ละ 5 ซ้ำ เปรียบเทียบการเจริญของเชื้อรากับชุดควบคุมที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ไม่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา บ่มเชื้อไว้ในห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส บันทึกการเจริญของเส้นใยเชื้อราโดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีและคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ดัดแปลงตามวิธีการของ (Dennis and Webster, 1971) ดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (\% GI)} = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100$$

โดย

- R1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรค ในจานอาหารเปรียบเทียบ (Control)
R2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรค ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อผสมร่วมกับสารเคมี (Dual culture test)

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธีชุบผล (Dipping Fruits)

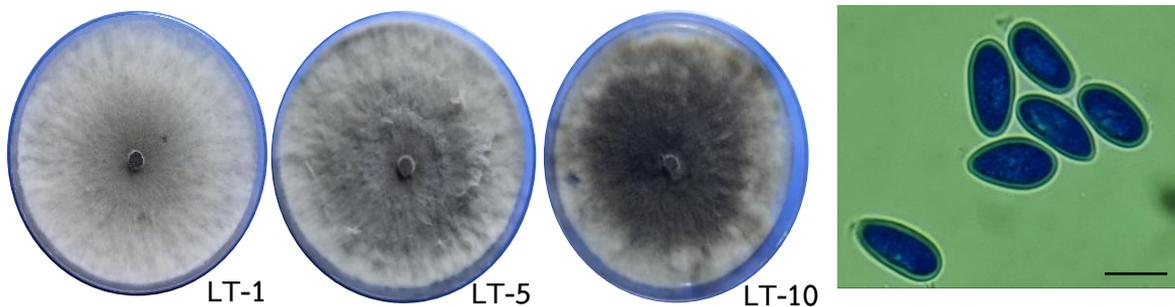
นำเชื้อราสาเหตุโรค *L. theobromae* (LT-10) เตรียมผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่เก็บจากสวนเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี โดยคัดเลือกผลที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.5-3.0 กิโลกรัม และมีความสุกแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลทุเรียนปราศจากรอยตำหนิหรือการเข้าทำลายของโรคและแมลง นำผลทุเรียนมาฆ่าเชื้อที่ผิวเปลือกโดยจุ่มผลในสารละลายไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที แล้วผึ่งลมให้แห้งเพื่อฆ่าเชื้อบริเวณผิวผลทุเรียน จากนั้นชุบผลทุเรียนด้วยสารเคมีป้องกันเชื้อรา 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ระดับความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร นาน 3 นาที หลังจากนั้นนำผลทุเรียนไปปลูกเชื้อสาเหตุโรคลงบนผิวของผลทุเรียน การปลูกเชื้อใช้แทนเหล็กขนาด 0.5 เซนติเมตร เจาะเปลือกให้เป็นรูผลแล้ววางชิ้นวุ้นของเชื้อสาเหตุโรค (agar plug) จำนวน 1 ชิ้น ต่อ 1 แผล (1 ผล ทำจำนวน

2 ผล) การทำผลจะเลือกทำบริเวณกึ่งกลางของผลทุเรียน ซึ่งการทำผลนั้นจะทำคนละฝั่งของผลเพื่อไม่ให้ผลทั้ง 2 ผลอยู่ใกล้กัน (ลดการปนเปื้อน) หลังจากนั้นวางผลทุเรียนไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส ในที่อากาศถ่ายเท บันทึกผลการเจริญของเส้นใยเชื้อที่เจริญออกมาจากผลที่วางขึ้นวันเชื้อสาเหตุโรคและคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ยั้งการเจริญของเชื้อรา วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ (รวมใช้ทุเรียน จำนวน 20 ผล)

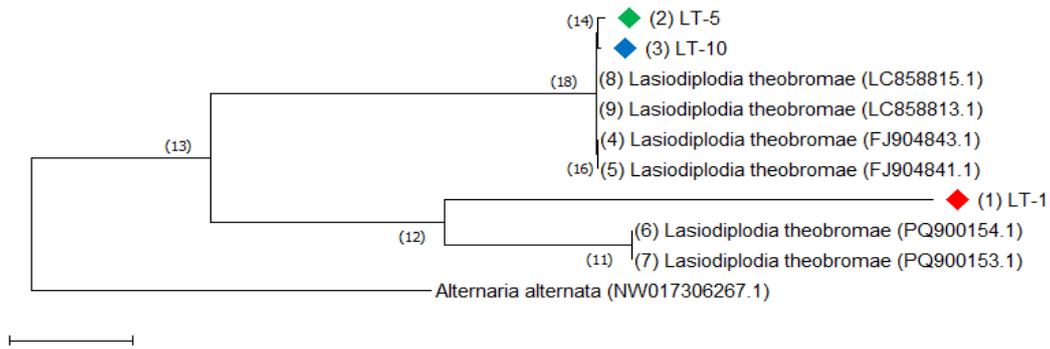
ผลการวิจัย

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน

จากการแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของผลทุเรียน จากตำบลเขาหัวพลอยแหวน อำเภอท่าใหม่จังหวัดจันทบุรี และ ต.รำพัน อ. ท่าใหม่ จ.จันทบุรี สามารถแยกเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ได้ จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 (ภาพที่ 3) โดยลักษณะเส้นใยเริ่มแรกจะมีสีขาวเจริญอยู่หน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทาปนดำ เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อรวมเวลา 7 วัน หลังจากนั้นเมื่อส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ พบส่วนขยายพันธุ์ลักษณะคล้ายไข่ไก่ (Immature conidia) ในระยะนี้มีสีใสไม่มีผนังกันเซลล์ (ภาพที่ 3) เมื่อตรวจสอบระดับชีวโมเลกุลโดยใช้ primer ในส่วนของ rDNA อยู่ในช่วง 500–600 bp (ITS4 และ ITS5) คือ primer ITS4 (5-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3) - ITS5 (5-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3) ทำการวิเคราะห์ ITS เปรียบเทียบกับเชื้อ *Lasiodiplodia* spp. สายพันธุ์อื่นๆ สามารถจัดจำแนกได้ว่าเป็นเชื้อรา *L. theobromae* ทั้ง 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 ถึง 98-100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-1, LT-5 และ LT-10) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อายุ 7 วัน และส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อ ลักษณะคล้ายไข่ไก่ (Immature conidia) ในระยะนี้มีสีใสไม่มีผนังกันเซลล์



ภาพที่ 4 การจัดจำแนกเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-1, LT-5 และ LT-10)

โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม Phylogenetic tree ที่ได้จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ บริเวณ ITS ด้วยวิธี maximum likelihood (ML) ด้วยโปรแกรม MEGA 6.0 กำหนดค่า bootstrap analysis ให้มีค่าเท่ากับ 1000

การทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test)

จากการทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test) โดยนำเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าของผลทุเรียน ที่ผ่านการแยกเชื้อและจัดจำแนกในระดับชีวโมเลกุล จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 ตามลำดับ มาทดสอบกับผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (อายุ 70 วัน) พบว่าเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลท สามารถก่อให้เกิดโรคกับผลทุเรียนได้ทั้งหมด โดยในกรรมวิธีที่ 3 ที่ปลูกเชื้อรา LT-10 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลอง (3 วันหลังการปลูกเชื้อ) และเพิ่มขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5 จนกระทั่งวันสุดท้ายของการทดลอง (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) รวมไปถึงแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค โดยในช่วงแรกของการปลูกเชื้อ พบเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค เท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึงสิ้นสุดการทดลองก็พบว่าเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคเพิ่มสูงขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ในขณะเดียวกันเมื่อสังเกตบริเวณแผลที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพบเส้นใยสีขาวขึ้นเจริญปกคลุมทับแผล (ภาพที่ 5) รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ LT-5 ที่พบเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค เท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกรรมวิธีที่ 1 ปลูกเชื้อ LT-1 พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ และความรุนแรงของโรคอยู่ในช่วง 12-24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคผลเน่าในทุเรียน หลังปลูกเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-1, LT-5 และ LT-10) ในระยะผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (Pathogenicity test)

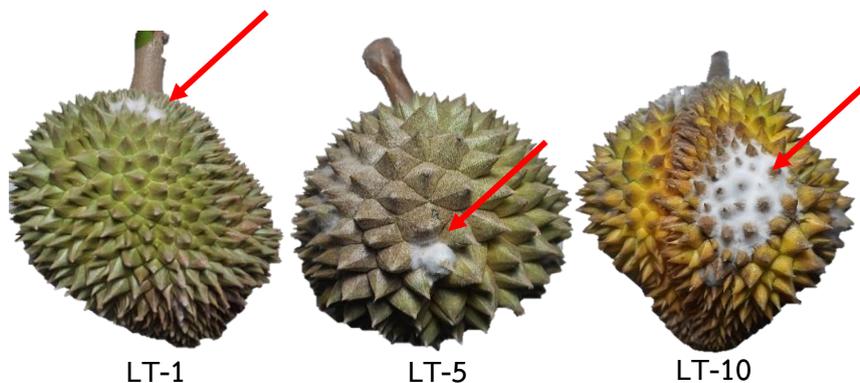
กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (DI) ^{1/} : เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (DS) (%) ^{2/}			
ผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (อายุ 70 วัน)	3 DAI ^{4/}	5 DAI	7 DAI	9 DAI
กรรมวิธีที่ 1 <i>L. theobromae</i> LT-1	20 ^c :12 ^c ^{3/}	40 ^c :12 ^c	40 ^c :18 ^c	40 ^c :24 ^c
กรรมวิธีที่ 2 <i>L. theobromae</i> LT-5	40 ^b :24 ^b	60 ^b :24 ^b	60 ^b :32 ^b	60 ^b :48 ^b
กรรมวิธีที่ 3 <i>L. theobromae</i> LT-10	80 ^a :89 ^a	100 ^a :95 ^a	100 ^a :100 ^a	100 ^a :100 ^a
C.V. (%)	8.8	7.1	6.3	5.2
F-value	*	*	*	*

^{1/}เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (% Disease incidence: DI) = [(0) ไม่พบอาการของโรคที่ผลทุเรียน 0 %; (1) ผลทุเรียนเริ่มมีเส้นใยสีขาวเจริญปกคลุมแผล 25%; (2) ผลทุเรียนเริ่มเปลี่ยนจากเส้นใยสีขาวเป็นสีน้ำตาลปนดำปกคลุมแผล 26-50%; (3) ผลทุเรียนเริ่มมีอาการเน่าและ มีเส้นใยสีดำปกคลุมแผล 51-75%; (4) ผลทุเรียนมีอาการเน่าและ ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเหม็น และผลแตก 76-100%]

^{2/}เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (% Disease severity : DS) = $\frac{\sum (\text{จำนวนแผลที่แสดงอาการ} \times \text{ระดับการเกิดโรค})}{\text{จำนวนแผลทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการโรคสูงสุด}} \times 100$

^{3/}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P= 0.05 โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{4/}DAI: Day after inoculation



ภาพที่ 5 การทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test) ด้วยเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-1, LT-5 และ LT-10) ที่ระยะเวลา 9 วันหลังการปลูกเชื้อ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธี Poisoned food technique

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธี Poisoned food technique พบว่ามีเพียงสารเคมีโพรคลอราซเพียงชนิดเดียวที่สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ได้ทุกระดับความเข้มข้น (10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดย

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน ซึ่งความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อสูงที่สุดถึง 97 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) และเมื่อสังเกตการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว ก็ไม่พบการเจริญของเส้นใยออกมาจากชิ้นวุ้นเชื้อ (ภาพที่ 6) รองลงมาคือความเข้มข้น 100 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

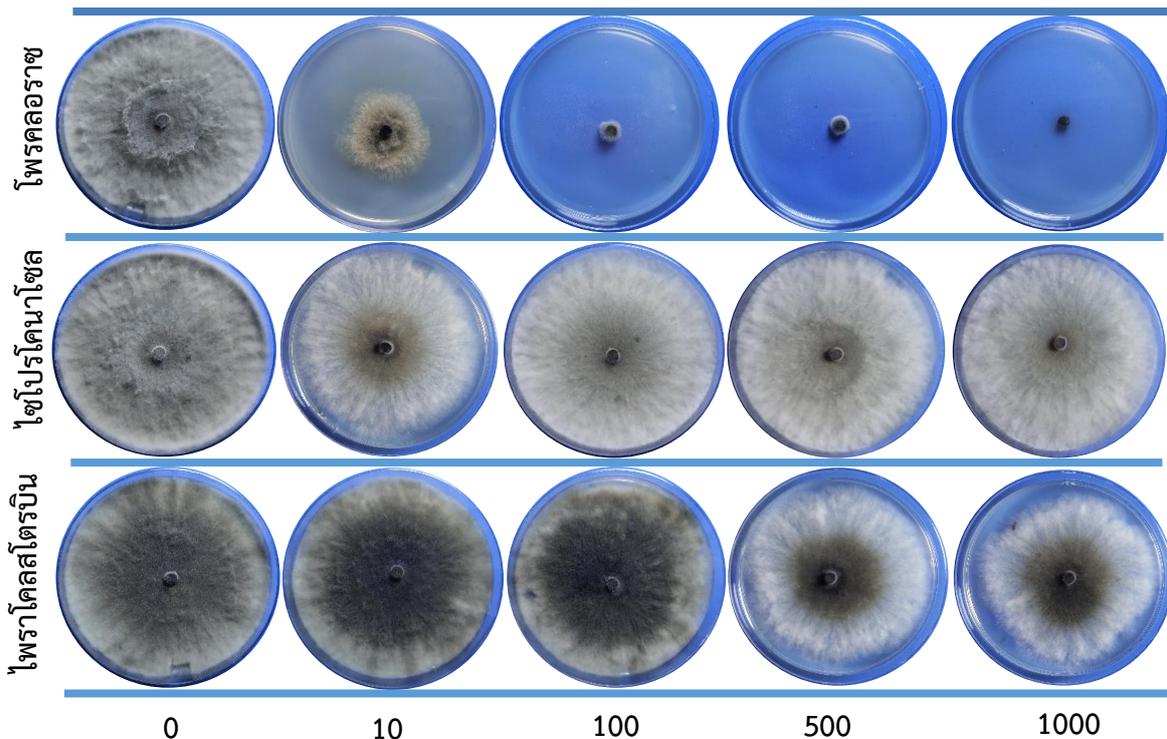
ส่วนสารเคมีไพราโคลสโตรบิน มีเพียงความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) แต่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อที่เกิดขึ้นนั้นน้อยมาก มีค่าเท่ากับ 10 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และเมื่อสังเกตการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว พบว่าเชื้อราสาเหตุโรคสามารถเจริญได้เต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม (ภาพที่ 6) และสารเคมีไซโปรโคนาโซล ในทุกความเข้มข้นที่ทดลองไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ได้เลย

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน ด้วยสารเคมี 3 ชนิด (ไพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ 5 ระดับความเข้มข้น (0, 10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยวิธี Poisoned food technique

ชื่อสารเคมี	ระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อ (% GI) ^{1/} เชื้อรา <i>Lasiodiplodia theobromae</i> (LT-10)
ไพรคลอราซ	0	0c ^{2/}
	10	75b
	100	89ab
	500	97a
	1000	100a
ไซโปรโคนาโซล	0	0c
	10	0c
	100	0c
	500	0c
	1000	0c
ไพราโคลสโตรบิน	0	0c
	10	0c
	100	0c
	500	10bc
	1000	14bc

^{1/} เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%) = ((R1 - R2) / R1) x 100 (R1- การเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคในกรรมวิธีควบคุม; R2-การเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคในกรรมวิธีร่วมกับสารเคมี)

^{2/} ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P= 0.05 โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ 5 ระดับความเข้มข้น (0, 10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัม) ต่อการยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-10) ที่อายุ 7 วัน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธีชุบผล (Dipping Fruits)

จากการการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธีชุบผล (Dipping Fruits) ที่ระดับความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่ากรรมวิธีสารเคมีโพรคลอราซ พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยที่สุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลอง (3 วันหลังการปลูกเชื้อ) จนสิ้นสุดการทดลอง (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) และเมื่อประเมินถึงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3; ภาพที่ 7) รองลงมาคือกรรมวิธีสารเคมีไฮโปรโคนาโซล ในช่วงแรกของการทดสอบพบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่แตกต่างกับสารเคมีโพรคลอราซ เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคก็เพิ่มสูงขึ้นตามซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคก็แสดงผลไปในทิศทางเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค กล่าวคือเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคก็เพิ่มขึ้นตาม โดยในวันสุดท้ายของการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคำนวณถึง

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่าสามารถยับยั้งได้ 40 เปอร์เซ็นต์ และในสารเคมีไพราโคลสโตรบิน เป็นเพียงสารเคมีชนิดเดียวที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่วันที่ 7 หลังปลูกเชื้อ และความรุนแรงของการเกิดโรคก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์สูงสุดเช่นเดียวกัน มีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่ามีการยับยั้งน้อยที่สุด เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3; ภาพที่ 7)

หลังจากทำการผ่าผลทุเรียนเพื่อประเมินผลที่เชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) เข้าทำลายผลทุเรียน พบว่าจากการชุบผลด้วยสารเคมีทั้ง 3 ชนิด (ไพโรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) เชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ยังไม่สามารถเข้าทำลายไปถึงเนื้อของทุเรียน (ภาพที่ 8) แต่การเข้าทำลายนั้นจะเข้าบริเวณส่วนของเนื้อเปลือกทะลุจากด้านบนเข้าสู่ด้านในของผลแต่ยังไม่ถึงเนื้อทุเรียน อย่างไรก็ตามสารเคมีไพโรคลอราซก็ยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด กล่าวคือลักษณะแผลที่เกิดมีการแพร่กระจายตัวที่น้อยแตกต่างกับสารเคมีทั้ง 2 ชนิด คือ ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน ที่มีการเข้าทำลายของเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) และกำลังสร้างเส้นใยขึ้นปกคลุมแผลบริเวณเปลือกด้านบน (หนามทุเรียน) (ภาพที่ 8)

ตารางที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (ไพโรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธีชุบผล (Dipping Fruits)

กรรมวิธี	การเกิดโรค (DI) ^{1/} : ความรุนแรงของโรค (DS) (%) ^{2/}				การยับยั้งเชื้อ (%) ^{3/}
	3 DAI ^{5/}	5 DAI	7 DAI	9 DAI	9 DAI
ควบคุม	0 ^c :0 ^c ^{4/}	0 ^c :0 ^c	0 ^d :0 ^d	0 ^d :0 ^d	0 ^d
ไพโรคลอราซ	20 ^b :20 ^b	20 ^{bc} :20 ^{bc}	20 ^c :20 ^c	20 ^c :20 ^c	80 ^a
ไฮโปรโคนาโซล	40 ^a :20 ^b	60 ^b :30 ^b	80 ^b :45 ^b	80 ^b :60 ^b	40 ^b
ไพราโคลสโตรบิน	40 ^a :40 ^a	80 ^a :60 ^a	100 ^a :80 ^a	100 ^a :80 ^a	20 ^c
C.V. (%)	10.5	9.8	7.3	6.2	5.8
F-value	*	*	*	*	*

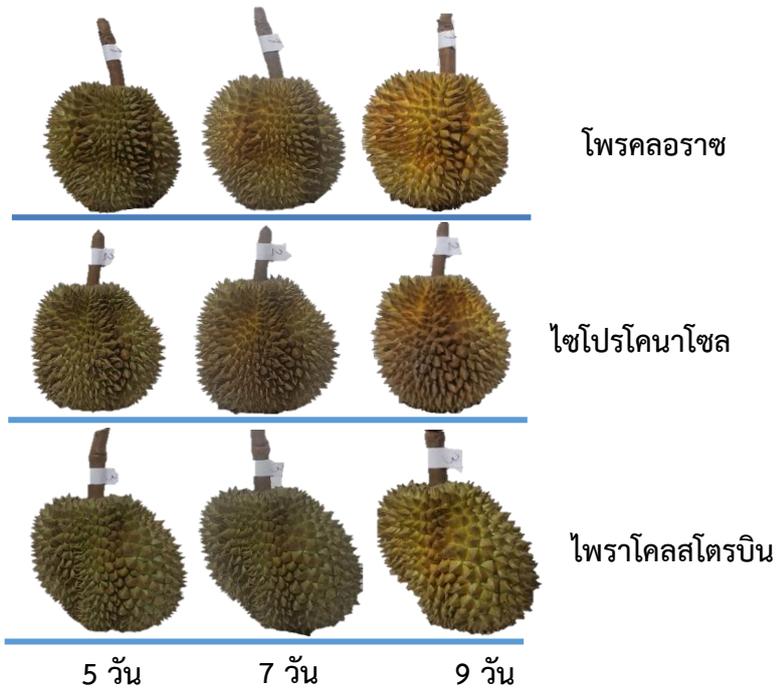
^{1/}เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (% Disease incidence: DI) = [(0) ไม่พบอาการของโรคที่ผลทุเรียน 0 %; (1) ผลทุเรียนเริ่มมีเส้นใยสีขาวเจริญปกคลุมแผล 25%; (2) ผลทุเรียนเริ่มเปลี่ยนจากเส้นใยสีขาวเป็นสีน้ำตาลปนดำปกคลุมแผล 26-50%; (3) ผลทุเรียนเริ่มมีอาการเน่าและ มีเส้นใยสีดำปกคลุมแผล 51-75%; (4) ผลทุเรียนมีอาการเน่าและ ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเหม็น และผลแตก 76-100%]

^{2/}เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (% Disease severity: DS) = $\frac{\sum (\text{จำนวนแผลที่แสดงอาการ} \times \text{ระดับการเกิดโรค})}{\text{จำนวนผลทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการโรคสูงสุด}} \times 100$

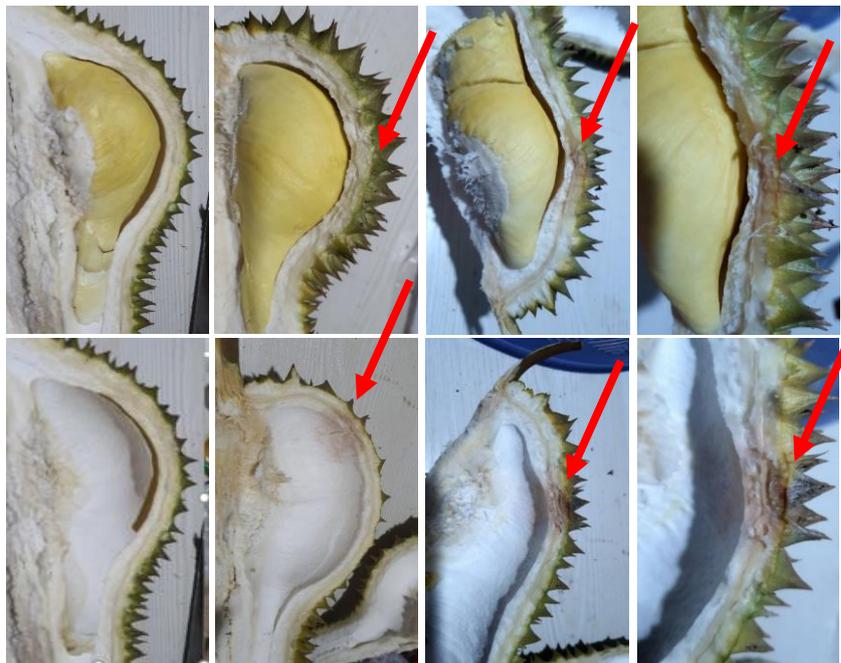
^{3/}เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อ (%) = $\frac{\text{ความรุนแรงของโรคสูงสุด} - \text{ความรุนแรงของโรคที่เกิดขึ้นในวันสุดท้ายของการทดลอง}}{\text{ความรุนแรงของโรคสูงสุด}} \times 100$

^{4/}ค่าเฉลี่ยกำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ P= 0.05 โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

^{5/}DAI: Day after inoculation



ภาพที่ 7 ผลทุเรียนที่ผ่านวิธีการชุบผล (Dipping Fruits) ด้วยสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราช, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* (LT-10) ที่ระยะเวลา 5, 7 และ 9 วันหลังการปลูกเชื้อ



กรรมวิธี โพรคลอราช ไซโปรโคนาโซล ไพราโคลสโตรบิน

ภาพที่ 8 การเข้าทำลายของเชื้อ *Lasiodiplodia theobromae* (LT-10) ที่ส่วนของเปลือก และเนื้อทุเรียน หลังผ่านวิธีการชุบผล (Dipping Fruits) ด้วยสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราช, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ระยะเวลา 9 วันหลังการปลูกเชื้อ

การอภิปรายผล

จากการทดสอบผลของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน เริ่มจากการแยกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน สามารถแยกเชื้อรา *Lasiodiplodia* spp. ได้ จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 เป็นต้น หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ในระดับชีวโมเลกุลสามารถจัดจำแนกได้ว่าเป็นเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 โดยมีความคล้ายคลึงกันถึง 98-100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาภัสรา ทิรรอดและคณะ (2566); Munirah et al. (2017); Pipattanpuckdee et al. (2019) ที่จัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าของทุเรียน ด้วยวิธี ITS พบว่ามีสาเหตุจากเชื้อรา *L. theobromae* เช่นเดียวกับงานทดลองของ รังสิมันต์ อีระวงศภิญโญ และคณะ (2562); Alves et al. (2008) ที่ตรวจสอบว่าโรคผลเน่าในทุเรียนมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *L. theobromae* หลังจากนั้นนำเชื้อรา *L. theobromae* จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 มาทดสอบการก่อให้เกิดโรคในผลทุเรียน (Pathogenicity test) กับผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (อายุ 70 วัน) พบว่าเชื้อรา *L. theobromae* ทั้ง 3 ไอโซเลท สามารถก่อให้เกิดโรคกับผลทุเรียนได้ทั้งหมด โดยในกรรมวิธีที่ 3 ที่ปลูกเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมามากที่สุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลอง (3 วันหลังการปลูกเชื้อ) และเพิ่มขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5จนกระทั่งวันสุดท้ายของการทดลอง (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) รองลงมาคือ ไอโซเลท LT-5 และ LT-1 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Piasai et al. (2021) จากการทดสอบการก่อให้เกิดโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยเชื้อรา 3 ชนิด คือ *Fusarium solani*, *Phomopsis* sp. และ *L. theobromae* พบว่าเชื้อราทั้ง 3 ชนิดก่อให้เกิดในผลทุเรียนตั้งแต่วันที่ 5 หลังการปลูกเชื้อ และเมื่อครบเวลา 9 วันผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองเกิดโรครุนแรงได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากเชื้อรา *L. theobromae* จะเป็นสาเหตุของโรคผลเน่าแล้วยังสามารถก่อให้เกิดโรคแผลจุดดำในมะม่วง (Rehman et al., 2015) โรคลำต้นเน่าในมะพร้าว (Rosado et al., 2016) โรคใบไหม้และผลเน่าในลองกอง (Serrato-Diaz et al., 2014) นอกจากนี้แม้ผลแล้วก็ยังมียางานว่าเชื้อรา *L. theobromae* สามารถเข้าทำลายในกลุ่มไม้ยืนต้นได้ เช่น ต้นพอลเนียบ (Rodriguez-Solis et al., 2025)

หลังจากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียนด้วยวิธี Poisoned food technique พบว่ามีเพียงสารเคมีโพรคลอราซเพียงชนิดเดียวที่สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ได้ทุกระดับความเข้มข้น (10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน ซึ่งความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อสูงที่สุดถึง 97 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการรายงานของ พิกุล นุชนวลรัตน์ และ อัจฉรา บุญโรจน์ (2558) ที่ทดสอบสารกำจัดเชื้อรา โพรคลอราซ และ แมนโคเซป ด้วยวิธี poisoned food technique สามารถยับยั้งได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงงานวิจัยของ Thomidis et al. (2008) ที่ทดสอบสารเคมีที่บูโคนาโซล คาร์เบนดาซิม ไพราโคลสโตรบิน และไทโอฟา

เนต-เมทิล ในการควบคุมเชื้อ *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* spp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizopus stolonifera*, *L. theobromae* และ *Gilbertella persicaria* พบว่าความเข้มข้น 200–300 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *L. theobromae*, *Fusarium* spp. และ *C. gloeosporioides* ได้ประมาณ 70-78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือสารเคมีไพราโคลสโตรบินที่ความเข้มข้น 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) เท่ากับ 10 และ 14 เปอร์เซ็นต์ และสารเคมีไซโปรโคนาโซลไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ได้จากการทดสอบสารเคมีทั้ง 3 ชนิด (ไพโรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ให้ผลในการควบคุมเชื้อแตกต่างกันเนื่องจากกลไกการออกฤทธิ์ของสารแตกต่างกัน (Mode of action) กล่าวคือในกลุ่มสารไพโรคลอราซเป็นสารกลุ่ม DMI (Demethylation Inhibitors; FRAC group 3) ออกฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์ ergosterol ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์เชื้อรา ทำให้โครงสร้างเซลล์ไม่สมบูรณ์และเชื้อราหยุดการเจริญเติบโต จึงทำให้เชื้อ *L. theobromae* มีความไวต่อกลุ่ม DMI สูง จึงมักให้ประสิทธิภาพเด่นชัด ส่วนสารไซโปรโคนาโซลถึงจะอยู่ในกลุ่ม DMI เช่นเดียวกัน แต่มีคุณสมบัติการดูดซึมและการกระจายตัวในเนื้อเยื่อต่างจากไพโรคลอราซ ส่งผลให้ระดับการออกฤทธิ์ต่อเชื้อราแตกต่างกัน และในสารไพราโคลสโตรบิน เป็นสารกลุ่ม QoI (Quinone Outside Inhibitor; FRAC group 11) ออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทำให้เชื้อราขาดพลังงาน ATP ดังนั้นในเชื้อรา *L. theobromae* อาจมีความไวต่อกลุ่ม QoI ต่ำกว่า DMI จึงทำให้ไม่สามารถมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราดังกล่าวได้ (He et al., 2021)

ส่วนการทดสอบผลการชุปผลทุเรียนด้วยสารเคมี 3 ชนิด (ไพโรคลอราซ, ไซโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน ที่ระดับความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่ากรรมวิธีสารเคมีไพโรคลอราซ เกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยที่สุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ช่วงแรก จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) และเมื่อประเมินถึงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานทดลองของ Zhao et al. (2019) ที่ทดสอบสารเคมีไพโรคลอราซ ความเข้มข้น 1000 และ 1500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการควบคุมโรคผลเน่าของต้นหยางเหมย์ พบว่าสามารถควบคุมโรคผลเน่าได้ถึง 43 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 20 วัน หลังฉีดพ่นสารไพโรคลอราซ รองลงมาคือกรรมวิธีสารเคมีไซโปรโคนาโซล ในช่วงแรกของการทดสอบพบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่แตกต่างกับสารเคมีไพโรคลอราซ เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคก็เพิ่มสูงขึ้นตามซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (9 วันหลังการปลูกเชื้อ) และเมื่อคำนวณถึงเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่าสามารถยับยั้งได้ 40 เปอร์เซ็นต์ และในสารเคมีไพราโคลสโตรบิน เป็นเพียงสารเคมีชนิดเดียวที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ตั้งแต่วันที่ 7 หลังปลูกเชื้อ และความรุนแรงของการเกิดโรคก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์สูงสุดเช่นเดียวกัน มีค่าเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก็พบว่ามีการยับยั้งน้อยที่สุด เท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์

หลังจากทำการผ่าผลทุเรียนเพื่อประเมินผลที่เชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) เข้าทำลายผลทุเรียน พบว่าจากการชุบผลด้วยสารเคมีทั้ง 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) เชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ยังไม่สามารถเข้าทำลายไปถึงเนื้อของทุเรียน แต่การเข้าทำลายนั้นจะเข้าบริเวณ ส่วนของเนื้อเปลือกทะเลจากด้านบนเข้าสู่ด้านในของผลแต่ยังไม่ถึงเนื้อทุเรียน อย่างไรก็ตามสารเคมีโพรคลอราซก็ยังคงมีประสิทธิภาพดีที่สุดใน สอดคล้องกับงานทดลองของ Zheng *et al.* (2012) ที่ทดสอบสารเคมีโพรคลอราซ 45% ที่ระดับความเข้มข้น 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการชุบผลกล้วยและเก็บรักษากล้วย พบว่า ผลกล้วยที่ชุบผลด้วยสารเคมีโพรคลอราซสามารถเก็บรักษาโดยยืดอายุได้นานขึ้นประมาณ 21 วัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื้อกล้วยที่อยู่ด้านในของผลกล้วย

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ต่อการควบคุมเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* สาเหตุโรคผลเน่าในทุเรียน เริ่มจากการทำการแยกเชื้อราสาเหตุโรคจากส่วนของผลทุเรียนที่แสดงอาการของโรค หลังจากแยกเชื้อราและจัดจำแนกทางชีวโมเลกุลแล้ว พบว่าเป็นเชื้อรา *L. theobromae* จำนวน 3 ไอโซเลท คือ LT-1, LT-5 และ LT-10 จึงได้นำมาพิสูจน์การเกิดโรคกับผลทุเรียนเล็กตัดแต่ง (อายุ 70 วัน) พบว่าไอโซเลท LT-10 ก่อให้เกิดโรครุนแรงที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาจึงได้นำมาทดสอบกับสารกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ด้วยวิธี Poisoned food technique ที่ 5 ระดับความเข้มข้น (0, 10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่าสารกำจัดเชื้อราโพรคลอราซสามารถควบคุมเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ได้ทุกความเข้มข้น โดยความเข้มข้นเริ่มที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นต้นไป สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุได้ประมาณ 75- 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทดสอบการชุบผลทุเรียน (Dipping fruits) กับสารเคมี 3 ชนิด (โพรคลอราซ, ไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน) ที่ระดับความเข้มข้น 100 กรัมต่อน้ำ 100 ลิตร พบว่าสารเคมีโพรคลอราซ ก็ให้ประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคดีที่สุดใน และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อสูงที่สุดถึง 80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ สารเคมีไฮโปรโคนาโซล และไพราโคลสโตรบิน และเมื่อผ่าผลทุเรียนเพื่อสังเกตการเข้าทำลายของเชื้อรา *L. theobromae* (LT-10) ก็พบว่าผลทุเรียนที่ชุบสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ไม่พบการเข้าทำลายถึงเนื้อทุเรียน โดยสารเคมีโพรคลอราซพบการเข้าทำลายของเชื้อกับเนื้อเปลือกทุเรียนน้อยที่สุด โดยสรุปสามารถยืนยันได้ถึงประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าทุเรียน โดยการใช้สารเคมีโพรคลอราซ ความเข้มข้น 10, 100, 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ในการชุบผลทุเรียนหรืออาจจะประยุกต์ใช้ในการฉีดป้องกันลูกทุเรียนในระหว่างติดผลได้ตลอดจนเก็บผลผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการโรคพืชวิทยา ของสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี และบริษัทเจียไต๋ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- พิกุล นุชนวลรัตน์ และ อัจฉรา บุญโรจน์. (2558). ผลของสารเคมี Prochloraz, Benomyl, Carbendazim, Azoxystrobin, Mancozeb และ Copper oxychloride ต่อการควบคุมโรคแอนแทรกโนสของแก้วมังกร. *วารสารวิจัยไร่ไพพรรณ*, 9(2), 15-20. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/RRBR/article/view/247029>
- พิสุทธิ์ เอกอำนวยการ. (2564). *ทุเรียน ราชผลไม้ Durian, King of fruits*. บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- รังสิมันต์ ธีระวงศ์ภิญโญ, สมศิริ แสงโชติ และ ปัฐวิภา สงกุมาร. (2562). การระบุชนิดของเชื้อรา *Lasiodiplodia* species สาเหตุโรคผลเน่าทุเรียนในประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 50(3), 147-150. <https://www.phtnet.org/download/phtic-seminar/1926.pdf>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). *สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2567*. <http://www.oae.go.th>
- อารักสา หีดรอด, รัตติยา พงศ์พิสุธา และชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล. (2566). การจำแนกชนิดและความแปรปรวนทางพันธุกรรมบริเวณ Internal transcribed spacer (ITS) ของเชื้อรา *Lasiodiplodia theobromae* ที่แยกได้จากทุเรียน (*Durio* sp.). *แก่นเกษตร*, 51(1), 107-123. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj/article/view/254873>
- Alves A., Crous, P. W., Correia, A., & Phillips, A. J. L. (2008). Morphological and molecular data reveal cryptic speciation in *Lasiodiplodia theobromae*. *Fungal Divers*, 28, 1–13. <http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/28-1.pdf>
- Chantarasiri A., & Boontanom, P. (2021). *Fusarium solani* and *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, fungal pathogens causing stem rot disease on durian trees (*Durio zibethinus*) in Eastern Thailand. *New Disease Reports*, 44(3), 12026. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12026>
- Dennis C., & Webster, J. (1971). Antagonist properties of species group of *Trichoderma*; Production of volatile antibiotics. *Transactions British Mycological Society*, 57(1), 25-39. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80077-3)
- He, R., Yang, Y., Hu, Z., Xue, R., & Hu, Y. (2021). Resistance mechanisms and fitness of pyraclostrobin-resistant isolates of *Lasiodiplodia theobromae* from mango orchards. *PLoS ONE*, 16(6), e0253659. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253659>

- Khanzada, M. A., Lodhi, A. M., & Shahzad, S. (2004). Pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani* on mango. *Pakistan Journal of Botany*, 36, 181–189.
https://www.researchgate.net/publication/266069789_Pathogenicity_of_Lasiodiplodia_theobromae_and_Fusarium_solani_on_mango
- Munirah, M. S., Azmi, A. R., Yong, S. Y. C., & Nur, A. I. M. Z. (2017). Characterization of *Lasiodiplodia theobromae* and *L. pseudotheobromae* causing fruit rot on pre-harvest mango in Malaysia. *Plant Pathology & Quarantine*, 7(2), 202–213.
<https://doi.org/10.5943/ppq/7/2/14>
- Nianwichai P., Tong Sri, V., Taraput, N., Srisopha, W., Sichai, K., Bussbong, N., Songkumarn, P., & Koochapitagtam, M. (2022). Macozeb resistance of *Phytophthora palmivora*, a causal agent of stem rot and leaf blight of durian in eastern Thailand. *King Mongkut's Agriculture Journal*, 40(3), 225-235. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/254891>
- Nur-Shakirah A. O., Khadijah, M. S., Kee, Y. J., Huda-Shakirah, A. R., Hafifi, A. B. M., Nurul-Aliyaa, Y. A., Chew, B. L., Zakaria, L., Mohamed, N. M. I., Sreeramanan, S., Yin-Hui, L., & Mohd, M. H. (2022). Characterization of *Lasiodiplodia* species causing leaf blight, stem rot and fruit rot of fig (*Ficus carica*) in Malaysia. *Plant Pathology*, 71(7), 1594-1605.
<https://doi.org/10.1111/ppa.13580>
- Piasai, R., Chalmers, P., Piasai, O., & Khewkhom, N. (2021). Postharvest fungicide dips to control fruit rot of 'Monthong' durian (*Durio zibethinus*). *European Journal of Plant Pathology*, 160, 325-336. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02246-3>
- Pipattanpuckdee, A., Danai, B., Chantala, T. k, Pimjai, S., & On-Uma, R. (2019). *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causes postharvest fruit rot of longan in Thailand. *Australasian Plant Disease Notes*, 14(1), 15-21. <https://doi.org/10.1007/s13314-019-0350-9>
- Rehman, U. A., Din, U., Naqvi, S., Latif, M., Khan, S., Malik, M. T., & Freed, S. (2015). Emerging resistance against different fungicide in *Lasiodiplodia theobromae* as the cause of mango die back in Pakistan. *Archives of Biological Science Belgrade*, 67(1), 241–249.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53588327>
- Rodriguez-Solís M., Guevara-Bonilla, M., Méndez-Álvarez, D., & Esquivel-Segura, E. (2025). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing *Paulownia elongata* dieback in Costa Rica. *New Disease Reports*, 51(1), 70015. <https://doi.org/10.1002/ndr2.70015>

- Rosado, A. W. C., Machado, A. R., Freire, F. C. O., & Pereira, O. L. (2016). Phylogeny, identification, and pathogenicity of *Lasiodiplodia* associated with postharvest stem-end rot of coconut in Brazil. *Plant Disease*, *100*(3), 561–568.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0242-RE>
- Serrato-Diaz, L. M., Rivera-Vargas, L. I., Goenaga, R., & French-Monar, R. D. (2014). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing inflorescence blight and fruit rot of Longan (*Dimocarpus longan* L.) in Puerto Rico. *Plant Disease*, *98*(2), 270-279.
<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0473-PDN>
- Thomidis, T., Michailides, T., & Exadaktylou, E. (2008). Contribution of pathogens to peach fruit rot in northern Greece and their sensitivity to iprodione, carbendazim, thiophanate-methyl and tebuconazole fungicides. *Journal of Phytopathology*, *157*, 194–200. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01469.x>
- White, T. J., . Bruns, T. D., Lee, B., & Taylor, J. W. (1999). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*: In: M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White Eds., *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, Academic Press, New York, 315-322.
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:85783615>
- Zhang S. R., Sun, D., & Yuan, H. Q. (2010). Residue determination and dynamic research of prochloraz and its metabolite in orange. *Journal of Instrumental Analysis*, *49*(6), 430–442. <https://scispace.com/papers/residue-determination-and-dynamic-research-of-prochloraz-and-40lx1160dj>
- Zhao H., Yang, G., Liu, Y., Ye, H., Qi, X., & Wang, Q. (2019). Residual behavior and risk assessment of prochloraz in bayberries and bayberry wine for the Chinese population. *Environmental Monitoring and Assessment*, *191*(11), 644.
https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-019-7804-6?utm_source=researchgate.net&utm_medium=article
- Zheng X. H., Xie, D. F., Lv, D. Z., Xinping F., & Yongbo, P. (2012). Residual dynamics of 45% prochloraz in storage banana. *Chinese Journal of Tropical Crops*, *33*(12), 2273–2278.
<https://www.rdzwx.com/EN/Y2012/V33/I12/2273>

ผลการเจือสาร Nb และ Fe ที่มีผลต่อโครงสร้างผลึก สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติแม่เหล็กของเซรามิก BCTS ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการเผาไหม้ของแข็ง

The Effect of Nb and Fe on Crystal Structure, Electrical Properties and Magnetic Properties of BCTS Ceramics Synthesized Solid-State Combustion Technique

ณัฐนันท์ เรียบเรียง* และ จิตรกร กรพรม

Nathanun Reabreang* and Chittakorn Kornphom

ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Department of General Sciences and Physics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

สุนันทา ยิ้มสบาย

Sununta Yimsabai

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University

สุรรัตน์ ยอดเดือน

Surirat Yotthuan

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Department of Science Service

สุปรีย์ พิณจสุนทร

Supree Pinitsoontorn

สถาบันวิจัยและนวัตกรรมวัสดุนาโนเพื่อพลังงาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Institute of Nanomaterials Research and Innovation for Energy (IN-RIE), Khon Kaen University

ธีระชัย บงการณ

Theerachai Bongkarn

สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Research Center for Academic Excellence in Applied Physics, Faculty of Science, Naresuan University

E-mail : nathanun_rea@g.cmru.ac.th*, chittakorn_kor@g.cmru.ac.th, sununtay63@nu.ac.th,

s.yotthuan@gmail.com, psupree@kku.ac.th and theerachaib@nu.ac.th

*Corresponding author

(Received: 21 July 2025, Revised: 7 January 2026, Accepted: 16 January 2026)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1255>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเจือคู่สาร Nb และ Fe ในเซรามิกปราศจากตะกั่ว $Ba_{0.945}Ca_{0.055}(Ti_{0.9946-x}Sn_{0.0054})(Nb_{0.5}Fe_{0.5})_xO_3$ โดยที่ $x = 0.0, 0.010, 0.020$ และ 0.030 ซึ่งเรียกว่าเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ $x = 0.00, 0.01, 0.02$ และ 0.03 โดยสังเคราะห์ด้วยวิธีการเผาไหม้ของแข็ง ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเจือคู่สารต่อโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางแม่เหล็ก ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) แสดงว่าเซรามิกทั้งหมดมีโครงสร้างเพอโรฟสไกต์บริสุทธิ์ และเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างจากแบบเทตระโกนัลเป็นแบบลูกบาศก์ เมื่อปริมาณการเจือเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์สมบัติไดอิเล็กทริกพบว่าอุณหภูมิคูรี (T_C) ลดลงตามการเพิ่มปริมาณ x และสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกมีแนวโน้มอ่อนลง ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) แสดงว่าเซรามิกที่ $x = 0.02$ มีขนาดเกรนเฉลี่ย และความหนาแน่นสูงที่สุด ขณะที่การวิเคราะห์สมบัติทางแม่เหล็กด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบสั่นตัวอย่าง (vibrating sample magnetometer; VSM) พบว่าการเจือคู่สารสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดสมบัติแม่เหล็กในระบบเซรามิก โดยตัวอย่างที่ $x = 0.02$ แสดงพฤติกรรมแม่เหล็กที่เด่นชัดที่สุด ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเจือคู่สาร Nb และ Fe ในเซรามิก BCTS สามารถปรับสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแม่เหล็กได้พร้อมกัน และมีศักยภาพสำหรับการพัฒนาเซรามิกมัลติเฟอร์โรอิกปราศจากตะกั่วในอนาคต

คำสำคัญ: เซรามิกไพเอโซอิเล็กทริก วัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรอิก สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติแม่เหล็ก วิธีการเผาไหม้ของแข็ง

Abstract

This study investigates the effects of niobium (Nb) and iron (Fe) co-doping on lead-free $Ba_{0.945}Ca_{0.055}(Ti_{0.9946-x}Sn_{0.0054})(Nb_{0.5}Fe_{0.5})_xO_3$ ceramics denoted as BCTS-xNF, where $x = 0.00, 0.01, 0.02,$ and 0.03 . The ceramics were synthesized using the solid-state combustion method. The objective of this work was to examine the influence of Nb and Fe co-doping on the crystal structure, microstructure, electrical properties, and magnetic properties of the ceramics. X-ray diffraction (XRD) analysis revealed that all samples exhibited a pure perovskite structure, with a structural transition from tetragonal to cubic symmetry as the doping concentration increased. Dielectric measurements indicated that the Curie temperature (T_C) decreased with increasing x , accompanied by a gradual weakening of ferroelectric properties. Microstructural analysis using scanning electron microscopy (SEM) showed that the sample with $x = 0.02$ possessed the largest average grain size and the highest density. Magnetic characterization performed using a vibrating sample magnetometer (vibrating sample magnetometer; VSM) demonstrated that Nb and Fe co-doping induced magnetic behavior in the BCTS ceramic system, with the $x = 0.02$ composition exhibiting the most pronounced magnetic response.

Keywords: Piezoelectric ceramics, Multiferroic materials, Electrical properties, Magnetic properties, Solid-state reaction method

บทนำ

วัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรอิก (multiferroic materials) เป็นวัสดุที่แสดงสภาพเฟอร์โรแมกเนติก (ferromagnetism) สภาพเฟอร์โรอิเล็กทริก (ferroelectricity) หรือสภาพเฟอร์โรยืดหยุ่น (ferroelasticity) ในเฟสเดียวกัน โดยวัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรอิกที่เกิดอันตรกิริยาคู่ควบระหว่างสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและเฟอร์โรแมกเนติกในเฟสเดียวกัน จะเกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก (magnetoelectric effect (ME)) ซึ่งการตอบสนองของปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริก คือ การเกิดขั้วไฟฟ้า (electric polarization; P) เมื่อให้สนามแม่เหล็ก (magnetic field; H) เข้าไป หรือเกิดสภาพความเป็นแม่เหล็ก (magnetization; M) เมื่อให้สนามไฟฟ้า (electric field; E) เข้าไปวัสดุชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในกลุ่มของสปินทรอนิกส์ (spintronics) ตัวแปลงความถี่ หรือกระแส (transducers) ตัวขับเคลื่อน (actuators) ตัวเก็บประจุ (capacitors) เครื่องตรวจจับ (sensors) และหน่วยความจำ (memory) เป็นต้น (Chawla et al., 2021, Fiebig et al., 2016, Hill et al., 2000) อย่างไรก็ตามเซรามิกส่วนใหญ่ที่แสดงปรากฏการณ์แมกนีโตอิเล็กทริกจะมีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษอย่างมากและนำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากความเป็นพิษสูงของตะกั่วออกไซด์ จึงมีความจำเป็นอย่างมากในการพัฒนาเซรามิกแม่เหล็กเฟอร์โรอิกที่ปราศจากตะกั่ว เพื่อทดแทนเซรามิกที่มีตะกั่ว ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยจำนวนมากพยายามปรับปรุงสมบัติแม่เหล็กเฟอร์โรอิกของเซรามิกที่ปราศจากตะกั่วในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาเซรามิกคอมโพสิตที่ปราศจากตะกั่วในกลุ่มของเซรามิก $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ (BNT), $\text{K}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{NbO}_3$ (KNN) และ BaTiO_3 (BT) เพื่อนำมาใช้ทดแทนเซรามิกที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบ (Kornphom et al., 2023, Zheng et al. 2018) ในบรรดาวัสดุโพซิโวลีอิเล็กทริกปราศจากตะกั่ว เซรามิก BaTiO_3 (BT) ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีโครงสร้างแบบเพอโรฟสไกต์ที่อุณหภูมิห้อง และมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสูง อย่างไรก็ตาม ค่าโพซิโวลีอิเล็กทริก (piezoelectric coefficient; d_{33}) ของเซรามิก BT ยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเซรามิกที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบหลัก (Dang et al., 2011, Redhu et al., 2018) ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยจึงพยายามปรับปรุงสมบัติโพซิโวลีอิเล็กทริกของเซรามิก BT เพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทน โดยอาศัยกลยุทธ์การเจือสารแทนที่ไอออนในตำแหน่ง A-site และ B-site ของโครงสร้างเพอโรฟสไกต์ในรูปของสารละลายของแข็ง ตัวอย่างของระบบวัสดุที่ได้รับการศึกษามาแล้ว ได้แก่ $(\text{Ba}, \text{Ca})\text{TiO}_3$, $\text{Ba}(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$, $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Zr})\text{O}_3$, $\text{BaTiO}_3\text{-BaSnO}_3$, และ $(\text{Ba}, \text{Ca})(\text{Ti}, \text{Sn})\text{O}_3$ เป็นต้น (Zhu et al., 2016, Wang et al. 2016)

ในช่วงที่ผ่านมา Zhu และคณะ (Zhu et al., 2016) ได้รายงานการสังเคราะห์เซรามิกโพซิโวลีอิเล็กทริกในระบบ $(1-x)(\text{Ba}_{0.9}\text{Ca}_{0.1})\text{TiO}_3\text{-xBa}(\text{Sn}_{0.2}\text{Ti}_{0.8})\text{O}_3$ ที่ปริมาณ x ต่าง ๆ โดยใช้วิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง พบว่าที่ปริมาณ $x = 0.45$ ซึ่งมีองค์ประกอบเป็น $(\text{Ba}_{0.945}\text{Ca}_{0.055})(\text{Ti}_{0.91}\text{Sn}_{0.09})\text{O}_3$ หรือที่เรียกว่า BCTS เซรามิกดังกล่าวแสดงค่าสัมประสิทธิ์โพซิโวลีอิเล็กทริกสูง ($d_{33} \approx 630$ pC/N) และมีสนามไฟฟ้าลบล้างต่ำ (coercive field; $E_C \approx 0.81$ kV/cm) นอกจากนี้ยังปรากฏโครงสร้างเฟสแบบผสมของออร์โธโรมบิก เทตระโกนัล และ รอมโบฮีดรัล (R+O+T) ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นลักษณะที่เอื้อต่อการปรับปรุงสมบัติโพซิโวลีอิเล็กทริกและสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก ด้วยเหตุนี้ เซรามิก BCTS จึงเป็นระบบวัสดุที่มีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาต่อยอดไปสู่วัสดุแม่เหล็กเฟอร์โรอิก

ต่อมา Lia และคณะ (Lia et al., 2020) ได้ศึกษาผลของการเจือจุ่มสาร ($\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}$)⁴⁺ ที่ปริมาณต่าง ๆ แทนที่บางส่วนของไทเทเนียมในตำแหน่ง B-site ของเซรามิก ($\text{Ba}_{0.70}\text{Ca}_{0.30}\text{Ti}_{1-x}(\text{Nb}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_x\text{O}_3$) ซึ่งสังเคราะห์ด้วยวิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็ง ผลการศึกษาพบว่าเซรามิกที่มีการเจือจุ่มสารในปริมาณ $x = 0.02$ แสดงโครงสร้างเฟสแบบผสมระหว่างเทอร์โกนัลและออร์โธโรมบิก พร้อมทั้งสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีขึ้น โดยมีค่าสภาพขั้วคงค้าง (remanent polarization; P_r) เท่ากับ $6.1 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ และค่า d_{33} เท่ากับ $117 \text{ pC}/\text{N}$ นอกจากนี้ยังตรวจพบสมบัติทางแม่เหล็กในระบบวัสดุดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการเจือจุ่มด้วยไอออนเหล็กและนีโอเบียมสามารถส่งเสริมการเกิดสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแม่เหล็กควบคู่กัน อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการก่อตัวของสมบัติมัลติเฟอร์โรอิก นอกเหนือจากองค์ประกอบทางเคมีและกลยุทธ์การเจือจุ่มแล้ว วิธีการสังเคราะห์เซรามิกยังมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค และสมบัติเชิงฟังก์ชันของเซรามิกในระบบ BaTiO_3 -based โดยทั่วไป การเตรียมเซรามิก BCTS มักใช้วิธีปฏิกิริยาสถานะของแข็งแบบดั้งเดิม ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการแคลไซน์และซินเตอร์ที่ค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกิดการเติบโตของเกรนมากเกินไปและการกระจายตัวขององค์ประกอบทางเคมีที่ไม่สม่ำเสมอในบางกรณี ในทางตรงกันข้ามวิธีการเผาไหม้ของแข็งเป็นแนวทางการสังเคราะห์ที่มีข้อได้เปรียบหลายประการ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วจากพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยภายในระบบ การผสมในระดับโมเลกุลของสารตั้งต้นที่มีประสิทธิภาพ และความสามารถในการลดอุณหภูมิและระยะเวลาในการแคลไซน์ ส่งผลให้ได้ผงเซรามิกที่มีความบริสุทธิ์ของเฟสสูง ขนาดผลึกละเอียด และการกระจายตัวขององค์ประกอบทางเคมีที่สม่ำเสมอ สำหรับระบบเซรามิก BCTS ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเฟสและข้อบกพร่องในแลตทิซ การใช้วิธีการเผาไหม้ของแข็งยังช่วยควบคุมความเข้มข้นของช่องว่างออกซิเจนและลดการเกิดเฟสแปลกปลอม อันเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสมบัติไดอิเล็กทริก เฟอร์โรอิเล็กทริก และแม่เหล็กของวัสดุ ดังนั้น วิธีการเผาไหม้ของแข็งจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์เซรามิก BCTS ที่เจือจุ่มสาร เพื่อให้สามารถประเมินผลของการแทนที่ไอออนที่ตำแหน่ง B-site ต่อสมบัติเชิงฟังก์ชันของวัสดุได้อย่างชัดเจน

แม้ว่าจะมีรายงานจำนวนมากเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติไพโซอิเล็กทริกของเซรามิก BaTiO_3 และระบบสารละลายของแข็งที่เกี่ยวข้องผ่านการเจือจุ่มแทนที่ทั้งในตำแหน่ง A-site และ B-site ของโครงสร้างเพอรอฟสไกต์ แต่การเจือจุ่มที่ตำแหน่ง B-site ยังคงเป็นแนวทางที่น่าสนใจเป็นพิเศษสำหรับการพัฒนาวัสดุมัลติเฟอร์โรอิก (Liu et al., 2020, Rahman et al., 2023) เนื่องจากตำแหน่ง B-site มีบทบาทโดยตรงต่อการบิดเบี้ยวของออกตะฮีดรอน BO_6 ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ควบคุมสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของวัสดุ ขณะเดียวกัน การแทนที่ไอออน Ti^{4+} ด้วยไอออนโลหะทรานซิชันที่มีโมเมนต์แม่เหล็ก เช่น Fe^{3+} ยังสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดสมบัติทางแม่เหล็กภายในโครงสร้างเดียวกันได้ นอกจากนี้ การเจือจุ่มด้วยไอออนที่มีเวเลนซ์ต่างกัน เช่น Nb^{5+} และ Fe^{3+} ยังเอื้อต่อการปรับสมดุลประจุภายในแลตทิซ ลดการเกิดเฟสแปลกปลอม และช่วยควบคุมความเข้มข้นของข้อบกพร่องจำพวกช่องว่างออกซิเจน ซึ่งล้วนส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กของเซรามิก

จากรายงานก่อนหน้าพบว่า การเจือคู่สาร ($\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}$)⁴⁺ ที่ตำแหน่ง B-site สามารถส่งเสริมการเกิดสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกและสมบัติทางแม่เหล็กควบคู่กันในเซรามิก BaTiO₃-based ได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ศึกษาผลของการเจือคู่สารดังกล่าวในระบบเซรามิก BCTS ซึ่งมีโครงสร้างเฟสใกล้ขอบเขตการเปลี่ยนเฟสและแสดงสมบัติโพธิโซอิเล็กทริกสูง ยังมีรายงานอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการเจือคู่สาร ($\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}$)⁴⁺ ที่ตำแหน่ง B-site ของเซรามิก BCTS ต่อโครงสร้างผลึก โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติแม่เหล็ก เพื่อประเมินศักยภาพของระบบวัสดุนี้สำหรับการพัฒนาเซรามิกมัลติเฟอร์โรอิกปราศจากตะกั่วในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมเซรามิกปราศจากตะกั่ว $\text{Ba}_{0.945}\text{Ca}_{0.055}(\text{Ti}_{0.9946-x}\text{Sn}_{0.0054})(\text{Nb}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_x\text{O}_3$ (BCTS-xNF) ที่ปริมาณ $x = 0.00, 0.01, 0.02$ และ 0.03 สังเคราะห์ด้วยวิธีการเผาไหม้ของแข็ง โดยใช้สารตั้งต้น ได้แก่ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2, \text{CaCO}_3, \text{TiO}_2, \text{SnO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Nb}_2\text{O}_5$ และไกลซีน (glycine) เป็นเชื้อเพลิง สารตั้งต้นทั้งหมดมีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 98% สารตั้งต้นถูกชั่งตามอัตราส่วนที่คำนวณจากสมการเคมี และบดผสมแบบเปียกด้วยลูกบอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ทานอลเป็นตัวกลาง จากนั้นทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และบดให้ได้ผงที่มีขนาดสม่ำเสมอ ผงที่ได้ถูกผสมกับไกลซีนในอัตราส่วนโดยมวล 1:1.11 และนำไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที

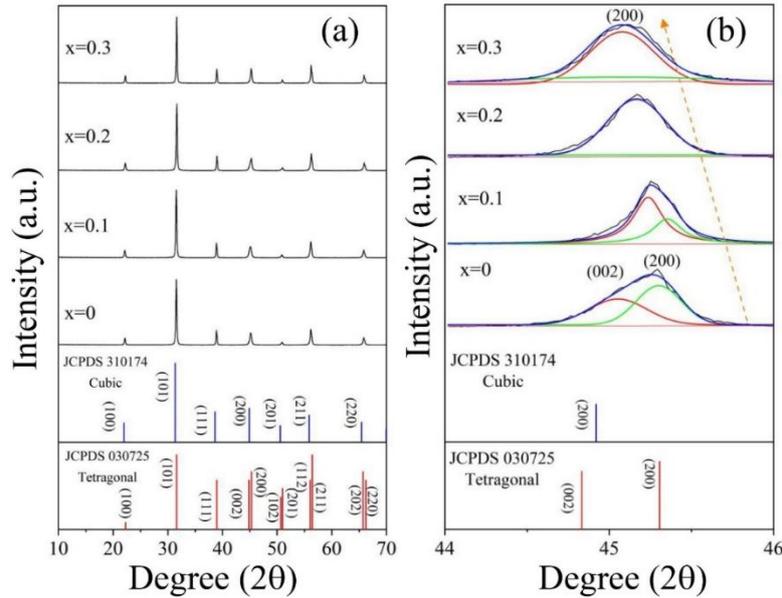
2. การขึ้นรูปและการเผาผนึก นำผงที่ผ่านการแคลไซน์ผสมกับสารยึดเกาะโพลีไวนิลบิวทียรัล (polyvinyl butyral; PVB) ในอัตราร้อยละ 3 โดยมวล และบดผสมแบบเปียกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำให้แห้งและบดอีกครั้ง ก่อนอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร ภายใต้ความดัน 80 เมกะปาสคาล (MPa) ตัวอย่างที่ขึ้นรูปแล้วถูกเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที

3. การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของเซรามิกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) ในช่วงมุม 2θ ระหว่าง $10-70^\circ$ เพื่อระบุเฟสผลึกและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) โดยขนาดเกรนเฉลี่ยคำนวณจากภาพ SEM ด้วยโปรแกรม ImageJ และหาความหนาแน่นของเซรามิกโดยใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle)

4. การวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแม่เหล็ก โดยตรวจวัดสมบัติไดอิเล็กทริกของตัวอย่างวัดด้วยเครื่องวัด LCR ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ (kHz) ในช่วงอุณหภูมิ 25-150 องศาเซลเซียส สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกศึกษาจากวงวนโพลาริเซชัน-สนามไฟฟ้า (P-E hysteresis loop) ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สนามไฟฟ้าสูงสุด 30 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร (kV/cm) โดยใช้วงจร Sawyer-Tower ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ สมบัติทางแม่เหล็กของเซรามิกวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบสั่นตัวอย่าง (vibrating sample magnetometer; VSM) ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สนามแม่เหล็กสูงสุด ± 10 กิโลโอเอิร์สเทด (kOe)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของเซรามิก $\text{Ba}_{0.945}\text{Ca}_{0.055}(\text{Ti}_{0.9946-x}\text{Sn}_{0.0054})(\text{Nb}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})_x\text{O}_3$ (BCTS-xNF) ที่ปริมาณ $x = 0, 0.01, 0.02$ และ 0.03 ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction; XRD) แสดงในภาพที่ 1 (a) ในช่วงมุม 2θ ระหว่าง $10 - 70^\circ$ (ภาพที่ 1 (a)) จากผลการวิเคราะห์พบว่าเซรามิกทุกตัวอย่างแสดงลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเพอโรฟสไกต์โดยไม่พบเฟสแปลกปลอม สอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐาน JCPDS PDF No. 03-0725 ซึ่งแสดงโครงสร้างผลึกแบบเทตระโกนัล และ JCPDS PDF No. 31-0174 ซึ่งแสดงโครงสร้างแบบลูกบาศก์ (Kornphom, et al. 2018) นอกจากนี้ไม่พบเฟสแปลกปลอมเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าไอออน Nb^{5+} และ Fe^{3+} ได้กระจายอย่างสม่ำเสมอในโครงสร้างแลตทิซของเซรามิก BCTS ในรูปของสารละลายของแข็ง โดยทั่วไปลักษณะเฉพาะของโครงสร้างผลึกของโครงสร้างเทตระโกนัลแสดงพีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์แบบพีคคู่ระนาบ (200)/(002) ที่มุม 2θ ประมาณ 45° สำหรับโครงสร้างแบบลูกบาศก์ แสดงพีคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แบบพีคเดี่ยวระนาบ (200) ที่มุม 2θ ประมาณ 45° ดังแสดงในภาพที่ 1 (b) เมื่อวิเคราะห์ลักษณะพีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่มุม 2θ ประมาณ 45° โดยใช้การสแกนแบบขยายของรูปแบบ XRD ที่ 2θ ระหว่าง $44-46^\circ$ ทำการปรับแต่งด้วยโปรแกรม Origin ภายใต้ฟังก์ชัน Gaussian-Lorentzian และผลลัพธ์ของการปรับแต่งมีค่า χ^2 และ R^2 ต่ำกว่า 1.0 ผลการวิเคราะห์พบว่าเซรามิกที่ปริมาณ x เท่ากับ 0 พีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์แสดงพีคคู่ของระนาบ (200)/(002) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของโครงสร้างเทตระโกนัล เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0.01 เป็น 0.03 พบว่าพีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์มีการรวมกันจากพีคคู่ของระนาบ (200)/(002) เป็นพีคเดี่ยวของระนาบ (200) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกจากเทตระโกนอลเป็นแบบลูกบาศก์ นอกจากนี้พบว่าพีคการเลี้ยวเบนที่มุม 2θ ประมาณ 45° มีการเลื่อนไปที่มุมต่ำขึ้นเมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้น แสดงถึงการขยายตัวของหน่วยเซลล์เนื่องจากการแทนที่ของอะตอม Nb^{5+} (0.64 \AA) และ Fe^{3+} (0.645 \AA) ในตำแหน่ง B-site มีรัศมีอะตอมที่มีขนาดใหญ่กว่ารัศมีอะตอมของ Ti (0.61 \AA) ดังแสดงในภาพที่ 1 (b) (Lia et al., 2020, Kornphom, et al. 2024)



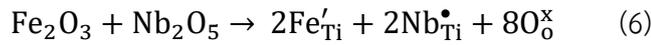
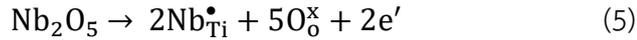
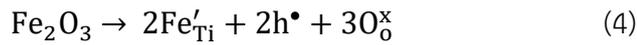
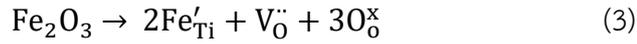
ภาพที่ 1 (a) รูปแบบ XRD ที่อุณหภูมิห้องของเซรามิก BCTS-xNF โดยที่ $x = 0.0-0.030$ ในช่วง 2θ ที่ $10-70^\circ$ (b) การสแกน XRD แบบขยายที่มุม 2θ ที่ $44-46^\circ$

ขนาดผลึกและความเครียดแลตทิซของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x เท่ากับ $x = 0.0, 0.010, 0.020$ และ 0.030 คำนวณโดยใช้สมการ (1) และ (2) ตามลำดับ (Habiba et al., 2023)

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

$$B_r \cos\theta = \frac{k\lambda}{D} + \varepsilon \sin\theta \quad (2)$$

โดยที่ D แทนขนาดผลึก k คือ ค่าคงที่ของเชอเรอร์ (Scherer's constant = 0.89) λ คือ ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ β คือ ความกว้างเต็มทีครึ่งหนึ่งของค่าสูงสุด (FWHM) ของพีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ระนาบ (101) θ คือ มุมการเลี้ยวเบนเป็นเรเดียน B_r คือ การขยายของค่าสูงสุดการเลี้ยวเบน (FWHM เป็นเรเดียน) และ ε คือ การกระจายความเค้นภายในวัสดุ ซึ่งหาได้จากความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง $B_r \cos\theta / \lambda$ และ $\sin\theta / \lambda$ ตามหลักการของ Hall-Williamson (Bhardwaj et al. 2023) ขนาดผลึกและความเครียดแลตทิซที่คำนวณได้ของเซรามิกที่ปริมาณ x ต่างๆ แสดงอยู่ในตารางที่ 1 พบว่าขนาดผลึกและความเครียดแลตทิซมีค่าเพิ่มเมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของขนาดแลตทิซและความเครียดแลตทิซสามารถอธิบายได้จากการแทนที่ของอะตอม Nb^{5+} (0.64 \AA) และ Fe^{3+} (0.645 \AA) ในตำแหน่งของ Ti^{4+} (0.61 \AA) ที่ B-site ซึ่ง Nb และ Fe รัศมีอะตอมที่มีขนาดใหญ่กว่ารัศมีอะตอมของ Ti ทำให้หน่วยเซลล์ขยายตัวส่งผลขนาดผลึกเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของพีคกราฟ XRD ที่มุม 2θ ประมาณ 45° นอกจากนี้ความแตกต่างของไอออนของ Nb^{5+} และ Fe^{3+} แทนที่ Ti^{4+} ก่อให้เกิดช่องว่างของออกซิเจน (Oxygen vacancy) และโฮล (Hole) เกิดขึ้นในโครงสร้างแลตทิซตามสมการที่ (3) - (5) ส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องในโครงสร้างของเซรามิกส่งผลให้ความเครียดแลตทิซของเซรามิกเพิ่มขึ้น (Kornphom, et al. 2024)



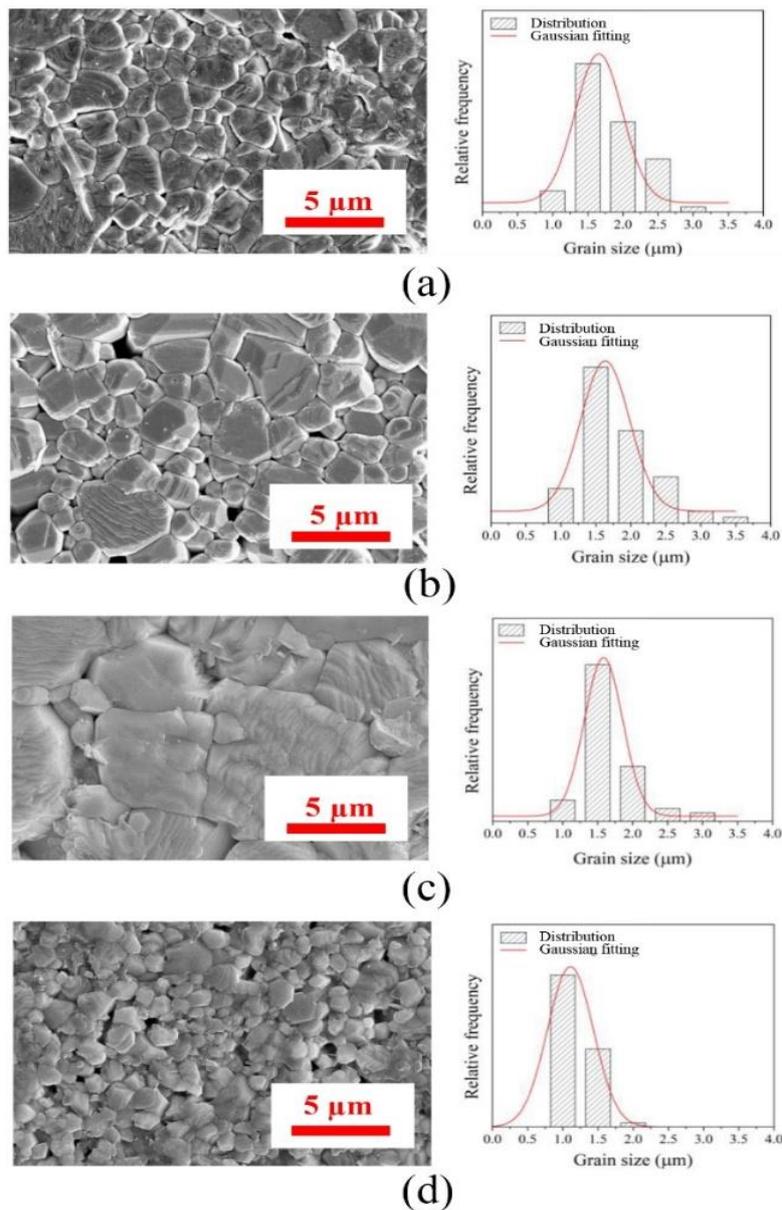
จากสมการข้างต้น การเจือคู่สาร Fe^{3+} และ Nb^{5+} ในสัดส่วนเท่ากันสามารถรักษาสมดุลประจุเฉลี่ยที่ตำแหน่ง B-site ให้ใกล้เคียงกับ Ti^{4+} ได้โดยไม่จำเป็นต้องสร้างข้อบกพร่องเพิ่มเติมในเชิงอุดมคติ ดังแสดงในสมการที่ (6) อย่างไรก็ตาม ในสภาวะการสังเคราะห์จริง โดยเฉพาะกระบวนการเผาไหม้ของแข็งที่อุณหภูมิสูง อาจเกิดความไม่สมบูรณ์เชิงสมมาตรและการเปลี่ยนสถานะออกซิเดชันของไอออนบางส่วน ส่งผลให้ยังคงเกิดช่องว่างออกซิเจนหรือพาหะประจุ (h^\bullet , e') ในโครงสร้างแลตทิซ ซึ่งมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของเกรน การสูญเสียไดอิเล็กทริก และสมบัติแม่เหล็กของเซรามิก อย่างไรก็ตาม การเจือคู่สาร $(\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})^{4+}$ ในเชิงอุดมคติสามารถรักษาสมดุลประจุเฉลี่ยเทียบเท่า Ti^{4+} ได้โดยไม่จำเป็นต้องเกิดช่องว่างออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการสังเคราะห์จริง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงและสภาวะเผาไหม้ อาจเกิดการเบี่ยงเบนของสัดส่วนออกซิเดชันของ Fe และ Nb รวมถึงการสูญเสียออกซิเจนบางส่วน ส่งผลให้เกิดช่องว่างออกซิเจนและโฮลในโครงสร้างแลตทิซ ซึ่งมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของเกรนและสมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กของเซรามิก

ภาพที่ 2(a)-(g) แสดงโครงสร้างจุลภาคของพื้นผิวเซรามิกที่ผ่านการกัดผิวด้วยความร้อน (thermally etched surface) และการกระจายขนาดเกรนของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x เท่ากับ 0.0, 0.010, 0.020 และ 0.030 พบว่าโครงสร้างจุลภาคของเซรามิกทั้งหมดแสดงลักษณะเกรนที่มีรูปร่างหลายเหลี่ยมขอบเกรนที่ชัดเจน โดยที่ปริมาณ x เท่ากับ 0-0.02 แสดงโครงสร้างจุลภาคที่หนาแน่น ขณะที่ x เท่ากับ 0.03 โครงสร้างจุลภาคปรากฏโครงสร้างรูพรุนเกิดขึ้นจำนวนมาก ขนาดเกรนเฉลี่ยของเซรามิกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ImageJ พบว่าขนาดเกรนเฉลี่ยมีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 2.3 ถึง 7.8 μm เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0.0 ถึง 0.02 (ตารางที่ 1) เมื่อปริมาณ x เท่ากับ 0.03 พบว่าขนาดเกรนเฉลี่ยมีขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับการกระจายตัวของขนาดเกรนในภาพที่ 2(a)-(g) พบว่าการกระจายตัวของขนาดลดลง สามารถสังเกตจากจำนวนกราฟแท่งที่ลดลง ซึ่งแสดงถึงขนาดเกรนมีขนาดที่สม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อปริมาณ x มากขึ้น

ความหนาแน่นของเซรามิกทั้งหมดโดยใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes' Principle) พบว่าค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.63 ถึง 5.78 g/cm^3 เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.02 ตามที่แสดงในตารางที่ 1 หลังจากนั้นค่าความหนาแน่นมีค่าลดลงเมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นเป็น 0.03 ซึ่งเกิดจากความพรุนที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) ค่าความหนาแน่นสอดคล้องกับโครงสร้างจุลภาค การเพิ่มขนาดเกรนและความหนาแน่นของเซรามิกเป็นผลมาจากช่องว่างออกซิเจนที่เกิดจากการแทนที่ของ Nb และ Fe เพิ่มขึ้นตามสมการ (3) และ (5) ซึ่งช่วยส่งเสริมการถ่ายเทมวลขององค์ประกอบทางเคมีระหว่างกระบวนการเผาไหม้ทำให้ขนาดเกรนเพิ่มขึ้น (Yang et al., 2009, Dou et al. 2019) อย่างไรก็ตามขนาดเกรนเฉลี่ยและค่าความหนาแน่นมีค่าลดลงอย่างมากที่ปริมาณ x = 0.03 อาจเกิดจากข้อบกพร่องของช่องว่างออกซิเจนและโฮลที่มีปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้ยับยั้งการเจริญเติบโตบริเวณขอบเกรนและเกิดโครงสร้างของรูพรุนในเซรามิก (Kornphom, et al. 2024)

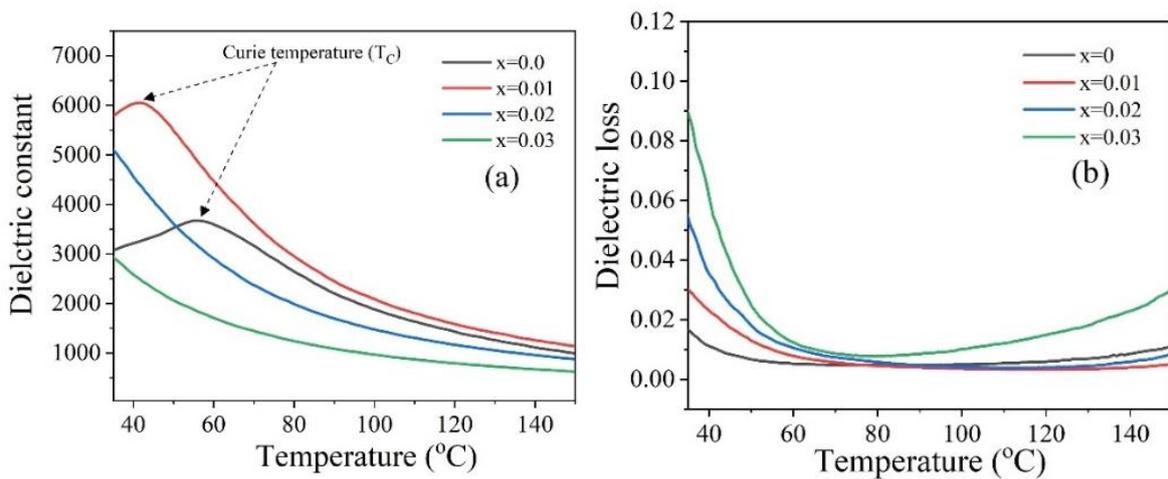
ตาราง 1 ขนาดผลึก ความเครียดแลตทิซ ขนาดเกรนเฉลี่ย และความหนาแน่น ของเซรามิก BCTS-xNF ที่ ปริมาณ x ต่างๆ

ปริมาณ x	ขนาดผลึก (nm)	ความเครียดแลตทิซ (%)	ขนาดเกรนเฉลี่ย (μm)	ความหนาแน่น (g/cm^3)
0	350	0.151	2.3	5.63
0.01	466	0.241	3.7	5.67
0.02	526	0.271	7.8	5.78
0.03	843	0.362	2.1	5.57



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้อง SEM ของเซรามิก BCTS-xNF และการกระจายขนาดเกรนของ เซรามิกที่มีปริมาณ x ต่างๆ (a) $x = 0$, (b) $x = 0.010$, (c) $x = 0.020$, และ (d) 0.030

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (ϵ) และการสูญเสียไดอิเล็กทริก ($\tan\delta$) ในช่วงอุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 150°C ที่ความถี่ 1 kHz ของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่างๆ แสดงในภาพที่ 3 (a) และ (b) เมื่อพิจารณารูปกราฟค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ปริมาณ x เท่ากับ 0 และ 0.01 แสดงการเปลี่ยนแปลงความโค้งที่จุดสูงสุดสอดคล้องกับอุณหภูมิคูรี (T_C) ซึ่งแสดงการเปลี่ยนเฟสโครงสร้างผลึกจากเทอร์โกนัลเฟร์โรอิเล็กทริกเป็นแบบลูกบาศก์พาราอิเล็กทริก (Kornphom, et al. 2025) โดยพบว่า T_C ลดลงจากอุณหภูมิ 56 เป็น 42°C เมื่อ x เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 0.01 และที่ปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0.02 และ 0.03 พบว่าส่วนโค้งของกราฟที่แสดง T_C ไม่ปรากฏ ซึ่งสันนิษฐานว่า T_C เลื่อนไปอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากเทอร์โกนัลเป็นแบบลูกบาศก์ซึ่งสอดคล้องกับผล XRD ค่าของ ϵ และ $\tan\delta$ ที่อุณหภูมิห้อง (ϵ_r , $\tan\delta_r$) และที่ T_C (ϵ_c , $\tan\delta_c$) แสดงอยู่ในตารางที่ 2 พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้อง (ϵ_r) เพิ่มขึ้นจาก 2963 เป็น 5751 เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.01 หลังจากนั้นเมื่อ x เพิ่มขึ้นจาก 0.02 ถึง 0.03 ค่า ϵ_r มีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับค่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกที่ T_C (ϵ_c) เพิ่มขึ้นจาก 3667 เป็น 6051 เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.01 ดังแสดงในตารางที่ 2 หลังจากนั้นเมื่อ x เพิ่มขึ้นจาก 0.02 ถึง 0.03 ไม่ปรากฏที่กราฟ T_C ทำให้ไม่สามารถระบุค่า ϵ_c ค่าสภาพสูญเสียไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้อง ($\tan\delta_r$) สำหรับเซรามิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.016 เป็น 0.088 เมื่อ x เพิ่มขึ้นจาก 0.0 ถึง 0.03 ดังแสดงในตารางที่ 2 ในขณะที่ค่าสภาพสูญเสียไดอิเล็กทริกที่ T_C ($\tan\delta_c$) ปรากฏเฉพาะที่ปริมาณ x 0.0 ถึง 0.01 เช่นเดียวกับค่า ϵ_c ดังแสดงในตารางที่ 2



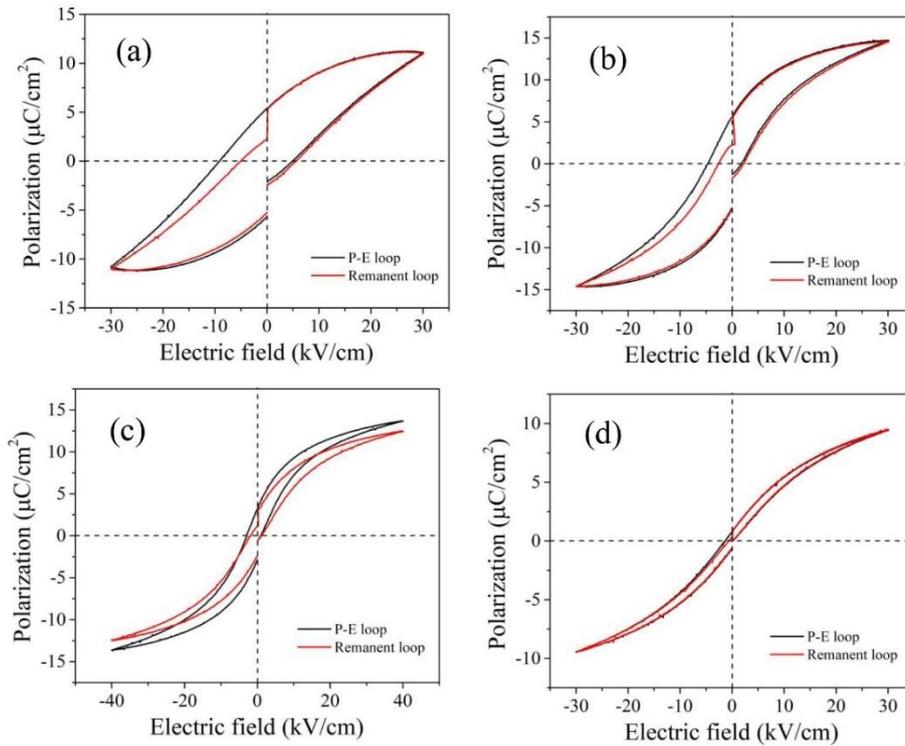
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและการสูญเสียไดอิเล็กทริกของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่างๆ (a) $x=0$, (b) $x=0.010$, (c) $x=0.020$, และ (d) $x=0.030$

ตาราง 2 อุณหภูมิคูรี ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก สภาพสูญเสียไดอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิคูรี และสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่างๆ

ปริมาณ x	T _c (°C)	ε _{RT}	tanδ _{RT}	ε _c	Tanδ _c	P _r (μC/cm ²)	P _s (μC/cm ²)	E _c (kV/cm)
0	56	3083	0.016	3667	0.005	5.40	11.09	5.70
0.01	42	5793	0.029	6051	0.022	5.58	14.69	2.47
0.02	-	4727	0.053	-	-	3.42	12.42	1.26
0.03	-	3109	0.088	-	-	0.83	9.43	0.54

ภาพที่ 4 (a)-(d) แสดงวงวน P-E ที่อุณหภูมิห้องของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่างๆ ภายใต้สนามไฟฟ้าที่ใช้ที่ 30 kV/cm โดยเส้นกราฟสีดำแสดงวงวน P-E โดยใช้การวัดปกติ และเส้นกราฟวงวนสีแดงโดยใช้การวัด PUND พบว่าเส้นกราฟวงวน P-E สีดำและสีแดงแสดงสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกแบบปกติทั้งหมด โดยเส้นกราฟมีลักษณะค่อนข้างทับกัน ซึ่งบ่งบอกถึงไม่มีการเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า (leakage current) ในทุกตัวอย่างของเซรามิก เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.03 พบว่าลักษณะวงวน P-E บางมากขึ้น ซึ่งแสดงถึงเซรามิกมีสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกอ่อนลง (soft ferroelectric behavior) เนื่องจากเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากเฟสเทระโกนอลเข้าสู่โครงสร้างแบบลูกบาศก์ ซึ่งสอดคล้องกับผล XRD

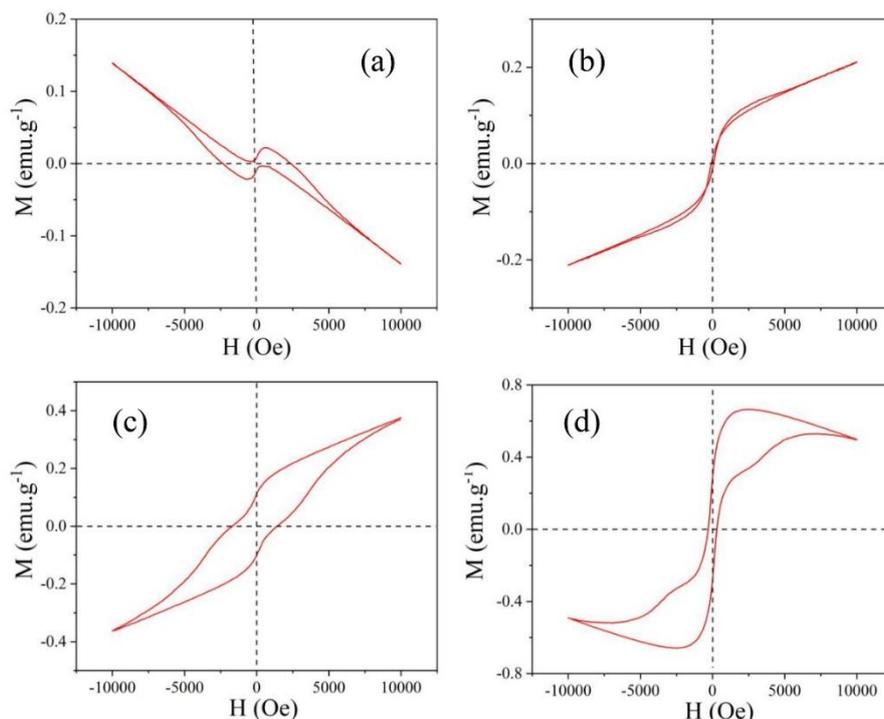
ค่าสภาพขั้วอิ่มตัว (saturation polarization: P_s) สภาพขั้วคงค้าง (remnant polarization: P_r) และค่าสนามไฟฟ้าลบล้าง (coercive field: E_c) ของเซรามิกที่ปริมาณ x ต่างๆ แสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า P_s P_r และ E_c มีค่าลดลง เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.03 แสดงให้เห็นว่าที่ปริมาณ x มากขึ้นเซรามิกแสดงสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกที่อ่อนมากขึ้น เนื่องจากการเจือ Fe³⁺ และ Nb⁵⁺ เข้าแทนที่ของ Ti⁴⁺ ส่งผลต่อการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกทำให้การจัดเรียงตัวของขั้วไฟฟ้าในช่วงยาว (long-rang order) ของโครงสร้างผลึกแบบเทระโกนอลมีจำนวนลดลง และเปลี่ยนเป็นขั้วไฟฟ้าในช่วงสั้น (short-rang order) ส่งผลให้สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกอ่อนลง (Lia et al., 2020, Kornphom, et al. 2025)



ภาพที่ 4 วงวน P-E ที่อุณหภูมิห้องของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณต่างๆ ภายใต้สนามไฟฟ้า 30 kV/cm (a) $x=0$, (b) $x=0.010$, (c) $x=0.020$, และ (d) $x=0.030$

การวิเคราะห์สมบัติแม่เหล็กของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้สนามแม่เหล็ก 10000 Oe ดังแสดงในภาพที่ 5 (a)-(d) จากภาพจะเห็นว่ากราฟวงวน M-H ของเซรามิกที่ปริมาณ x เท่ากับ 0 วงวน M-H แสดงพฤติกรรมไดอะแมกเนติก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์เชิงมุมวงโคจร d^0 ใน 3d ออร์บิทัลของโลหะทรานสิชัน (Ti) ภายใต้สนามแม่เหล็กที่ใช้ (Komphom, et al. 2025) เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นเป็น 0.01 และ 0.02 พบว่ากราฟแสดงสมบัติแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติกมากขึ้น โดยมีค่าแม่เหล็กอิ่มตัว (saturation magnetic: M_s) และค่าแม่เหล็กคงค้าง (remnant magnetic; M_r) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.210 ถึง 0.375 emu/g และ 0.014 ถึง 0.114 emu/g ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสันนิษฐานว่าความเข้มข้นที่สูงขึ้นของไอออน Fe^{3+} และ Nb^{5+} จะสร้างโมเมนต์แม่เหล็กเฉพาะที่ภายในแลตทิซเซรามิก ซึ่งช่วยสนับสนุนการเรียงตัวของโมเมนต์ของแม่เหล็กอย่างเป็นระเบียบมากขึ้น (Komphom, et al. 2025) เซรามิกที่ปริมาณ x เท่ากับ 0.03 พบว่าวงวน M-H มีลักษณะคล้ายมีสองวงวน คือวงวนทางสนามแม่เหล็กด้านบวกและวงวนทางสนามแม่เหล็กด้านลบ ดังแสดงในภาพที่ 5 (d) ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแม่เหล็กจากสมบัติเฟอร์โรแมกเนติกเข้าสู่สมบัติแอนติเฟอร์โรแมกเนติก อาจเกิดจากปฏิสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งมากขึ้นระหว่างไอออน Nb^{5+} - Nb^{5+} (Lia et al., 2020, Komphom, et al. 2025) นอกจากนี้เซรามิกที่ x เท่ากับ 0.03 มีค่า M_s และ M_r มีค่าเป็น 0.512 ถึง 0.268 emu/g ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 สำหรับค่าสนามบังคับ (coercive field; H_c) พบว่าค่า H_c มีค่าอยู่ระหว่าง 79.16 – 1678 Oe ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยค่า H_c มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปลี่ยนพฤติกรรมทางแม่เหล็กจากเฟอร์โรแมกเนติกแบบอ่อน เป็นเฟอร์โรแมกเนติกแข็งแกร่งมากขึ้น และเข้าสู่แอนติเฟอร์โรแมกเนติก เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้นจาก 0.01 เป็น 0.03 สอดคล้องกับลักษณะวงวน M-H ดังที่แสดงในภาพที่ 5 (b)-(d)

การเปลี่ยนพฤติกรรมทางแม่เหล็กของเซรามิก BCTS-xNF เมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ $x = 0.03$ จากลักษณะเฟอร์โรแมกเนติก (ferromagnetic) ไปสู่พฤติกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงแอนติเฟอร์โรแมกเนติก ไม่สามารถอธิบายได้จากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Nb^{5+} โดยตรง เนื่องจาก Nb^{5+} เป็นไอออนชนิด d^0 (d^0 electronic configuration) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดโมเมนต์แม่เหล็ก (magnetic moment) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ Nb^{5+} สามารถส่งผลทางอ้อมต่อปฏิสัมพันธ์ทางแม่เหล็กภายในแลตทิซ (lattice) ผ่านการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเชิงโครงสร้างและเส้นทางการแลกเปลี่ยนทางแม่เหล็ก (magnetic exchange pathways) เมื่อปริมาณการเจือเพิ่มสูงขึ้น จำนวนและความถี่ของเส้นทางการแลกเปลี่ยนแบบซูเปอร์เอ็กซ์เชนจ์ (superexchange interaction) ระหว่างไอออน $Fe^{3+}-O^{2-}-Fe^{3+}$ และ $Fe^{3+}-O^{2-}-Nb^{5+}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเอื้อต่อการเรียงตัวของโมเมนต์แม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน และนำไปสู่การแข่งขันของปฏิสัมพันธ์ทางแม่เหล็ก ระหว่างสมบัติแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติกและแอนติเฟอร์โรแมกเนติก (Kiran et al., 2014, Lv et al., 2015, Kmječ et al., 2022, Shukla et al., 2023) นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของข้อบกพร่อง และความไม่เป็นระเบียบของโครงสร้างเมื่อปริมาณ x สูง อาจส่งผลให้เกิดพฤติกรรมแม่เหล็กที่ไม่เป็นระเบียบเชิงระยะยาว (long-range magnetic disorder) เช่น พฤติกรรมแอนติเฟอร์โรแมกเนติกเอียง (canted antiferromagnetic-like behavior) หรือสถานะแม่เหล็กแบบกลุ่มสปีนไม่เป็นระเบียบ (cluster-glass-like state) ซึ่งสะท้อนออกมาในลักษณะของวงวนความเป็นแม่เหล็กต่อสนามแม่เหล็ก (ที่เบี่ยงเบนไปจากพฤติกรรมเฟอร์โรแมกเนติกเชิงอุดมคติ (Raevski et al., 2014, Yuan et al., 2015, Kmječ et al., 2022, Jena et al., 2023))



ภาพที่ 5 วงวน M-H ของเซรามิก BCTS-xNF ที่อุณหภูมิห้องของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณต่างๆ ภายใต้สนามไฟฟ้า 30 kV/cm (a) $x=0$, (b) $x=0.010$, (c) $x=0.020$, และ (d) $x=0.030$

ตารางที่ 3 สมบัติแม่เหล็กของเซรามิก BCTS-xNF ที่ปริมาณ x ต่างๆ

ปริมาณ x	M_s (emu/g)	M_r (emu/g)	H_c (Oe)
0	-	-	-
0.010	0.210	0.014	79.16
0.020	0.375	0.114	1674
0.030	0.512	0.268	305

การอภิปรายผล

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของเซรามิก BCTS-xNF เมื่อปริมาณการเจือจุ่มสารนีโอเปียมและเหล็กเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้จากความสัมพันธ์เชิงกลไกระหว่างโครงสร้างผลึก ข้อบกพร่องในแลตทิซ และปฏิสัมพันธ์ระดับจุลภาคภายในวัสดุ การแทนที่ไอออน Ti^{4+} ด้วยไอออน Fe^{3+} และ Nb^{5+} ที่ตำแหน่งบีไซต์ (B-site) ส่งผลโดยตรงต่อการบิดเบี้ยวของออกตะฮีดรอน BO_6 (BO_6 octahedral distortion) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ควบคุมสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก ของโครงสร้างเพอรอฟสไกต์ การลดลงของอุณหภูมิคูรี (T_c) และการอ่อนตัวของสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกเมื่อปริมาณ x เพิ่มขึ้น สะท้อนถึงการลดลงของการจัดเรียงตัวของขั้วไฟฟ้าในช่วงระยะยาว (long-range polar order) และการเปลี่ยนผ่านไปสู่โครงสร้างที่มีลักษณะใกล้เคียงสภาพพาราอิเล็กทริก ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนโครงสร้างจากแบบเททรากอนัล เป็นแบบลูกบาศก์ ที่ตรวจพบจากผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ในระดับโครงสร้างจุลภาค การเพิ่มขึ้นของขนาดเกรน และความหนาแน่นของเซรามิกที่ปริมาณการเจืออยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง ($x \leq 0.02$) สามารถอธิบายได้จากบทบาทของข้อบกพร่องประเภทช่องว่างออกซิเจน (oxygen vacancies) และพาหะประจุ (charge carriers) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเผาไหม้ของแข็ง ซึ่งช่วยส่งเสริมการแพร่และการถ่ายเทมวลขององค์ประกอบภายในระหว่างการเผาไหม้ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเกรนเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณการเจือเพิ่มขึ้นถึง $x = 0.03$ ความเข้มข้นของข้อบกพร่องที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบของโครงสร้างบริเวณขอบเกรน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเกรนถูกยับยั้งและเกิดความพรุนเพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนออกมาในค่าความหนาแน่นที่ลดลงและการเสื่อมของสมบัติทางไฟฟ้า สำหรับสมบัติทางแม่เหล็ก การเกิดพฤติกรรมแม่เหล็กในเซรามิก BCTS-xNF มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการปรากฏของไอออน Fe^{3+} ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดโมเมนต์แม่เหล็กภายในแลตทิซ ในขณะที่ไอออน Nb^{5+} ซึ่งเป็นไอออนชนิด d^0 (d^0 electronic configuration) ไม่ก่อให้เกิดโมเมนต์แม่เหล็กโดยตรง แต่มีบทบาททางอ้อมผ่านการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเชิงโครงสร้างและเส้นทางการแลกเปลี่ยนทางแม่เหล็ก (magnetic exchange pathways) เมื่อปริมาณการเจือเพิ่มขึ้น จำนวนเส้นทางการแลกเปลี่ยนแบบซูเปอร์เอ็กซ์เชนจ์ (superexchange interaction) ระหว่าง $Fe^{3+} - O^{2-} - Fe^{3+}$ และ $Fe^{3+} - O^{2-} - Nb^{5+}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการแข่งขันของปฏิสัมพันธ์ทางแม่เหล็ก (magnetic interaction competition) ระหว่างสมบัติแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติกและแอนติเฟอร์โรแมกเนติก การแข่งขันดังกล่าวสามารถอธิบายลักษณะของวงวนความเป็นแม่เหล็กต่อ

สนามแม่เหล็ก (M-H hysteresis loop) ที่เปลี่ยนไปเมื่อปริมาณ x สูง ซึ่งมีพฤติกรรมใกล้เคียงกับสมบัติแม่เหล็กแบบแอนติเฟอร์โรแมกเนติกเอียง (canted antiferromagnetic-like behavior) หรือสมบัติแม่เหล็กแบบกลุ่มสปินไม่เป็นระเบียบ (cluster-glass-like behavior) มากกว่าสมบัติแม่เหล็กแบบเฟอร์โรแมกเนติกเชิงอุดมคติ ดังนั้น การปรับเปลี่ยนสมบัติของเซรามิก BCTS-xNF เป็นผลร่วมของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึก ข้อบกพร่องในแลตทิซ และปฏิสัมพันธ์ระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นพร้อมกันอย่างซับซ้อน ความเข้าใจเชิงกลไกดังกล่าวช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติเชิงหน้าที่ของวัสดุและเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบและพัฒนาเซรามิกมัลติเฟอร์โรอิกปราศจากตะกั่วที่มีสมบัติเหมาะสมในอนาคต

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเจือสาร Nb และ Fe ในเซรามิกปราศจากตะกั่ว $Ba_{0.945}Ca_{0.055}(Ti_{0.9946-x}Sn_{0.0054})(Nb_{0.5}Fe_{0.5})_xO_3$ (BCTS-xNF) โดยที่ $x = 0.0, 0.010, 0.020$ และ 0.030 ด้วยวิธีการเผาไหม้ของแข็งสามารถปรับแต่งโครงสร้างผลึกและสมบัติเชิงฟังก์ชันของวัสดุได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการเพิ่มปริมาณการเจือทำให้โครงสร้างผลึกเปลี่ยนจากเฟสเทอร์โกนัลไปสู่เฟสลูกบาศก์ ส่งผลให้สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกอ่อนลง ขณะเดียวกัน การแทรกของไอออนโลหะทรานซิชันที่ตำแหน่ง B-site สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดพฤติกรรมแม่เหล็กในระบบเซรามิกได้ ผลการศึกษานี้ยืนยันศักยภาพของการเจือสาร Nb และ Fe ในการพัฒนาเซรามิก BCTS ไปสู่วัสดุมัลติเฟอร์โรอิกปราศจากตะกั่วสำหรับการประยุกต์ใช้งานในอนาคต

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ เพื่อยืนยันการเกิดอันตรกิริยาคู่ควบระหว่างสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแม่เหล็กอย่างชัดเจน ควรมีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์แมกนีโตอิเล็กทริกโดยตรงในงานวิจัยต่อไป รวมถึงการขยายช่วงความเข้มข้นของการเจือสารและการประเมินสมรรถนะของวัสดุในระดับอุปกรณ์ต้นแบบ ทั้งนี้ การพัฒนาวัสดุปราศจากตะกั่วยังสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ใช้งานในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ประจำปี 2568 เลขที่สัญญา 29/68

เอกสารอ้างอิง

- Bhardwaj, S., Kumar, S., & Thakur, N. (2023). Effect of calcination temperature on structural and electrical properties of $K_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ ceramics prepared by solid-state route. *Bulletin of Materials Science*, 46, 170. <https://doi.org/10.1007/s12034-023-03014-1>
- Chawla, A., Singh, A., Babu, P. D., & Singh, M. (2021). Composition dependent high M–E coupling strength, multiferroic behaviour and phase analysis of Fe doped BCT solid solutions. *Journal of Alloys and Compounds*, 857, 158255. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.158255>
- Dang, N. V., Thanh, T. D., Hong, L. V., Lam, V. D., & Phan, T.-L. (2011). Structural, optical and magnetic properties of polycrystalline $BaTi_{1-x}FexO_3$ ceramics. *Journal of Applied Physics*, 110, 043914. <https://doi.org/10.1063/1.3625235>
- Dou, R., Yang, L., Xu, J., Zhang, X., Xie, H., Yuan, C., Zhou, C., Chen, G., & Wang, H. (2019). The modification of $(Nd_{0.5}Ta_{0.5})^{4+}$ complex-ions on structure and electrical properties of $Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$ – $BaTiO_3$ ceramics. *Materials Research*, 22(2), 20180720. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2018-0720>
- Fiebig, M., Lottermoser, T., Meier, D., & Trassin, M. (2016). The evolution of multiferroics. *Nature Reviews Materials*, 1, 16046. <https://doi.org/10.1038/natrevmats.2016.46>
- Jena, S. K., Seehra, M. S., Sarkar, T., Reehuis, M., Hoser, A., Weise, B., & Thota, S. (2023). Spin-liquid state with precursor ferromagnetic clusters interacting antiferromagnetically in frustrated glassy tetragonal spinel $Zn_{0.8}Cu_{0.2}FeMnO_4$. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 35(37), 375802. <https://doi.org/10.1088/1361-648X/acdbfa>
- Habiba, U., Esha, I. N., Kasem, M. R., Khan, M. N. I., & Maria, K. H. (2023). Exploring the coupling effect of ferromagnetic $Co_{0.8}Zn_{0.2}Fe_2O_4$ with the ferroelectric $Ba_{0.5}La_{0.5}TiO_3$ at different concentrations in composite multiferroics. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 580, 170890. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2023.170890>
- Hill, N. A. (2000). Why are there so few magnetic ferroelectrics?. *Journal of Physical Chemistry B*, 104(29), 6694–6709. <https://doi.org/10.1021/jp000114x>
- Kmječ, T., Kohout, J., Dopita, M., Záveta, K., Veverka, M., Kaman, O., Knížek, K., Maryško, M., Jiráček, Z., & Buixaderas, E. (2022). Magnetic properties and ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy of $Pb_{1-x}Ba_x(Fe_{0.5}Nb_{0.5})O_3$ perovskites. *Materials Science and Engineering: B*, 278, 115627. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2022.115627>

- Kiran, R. R., Mondal, R. A., Dwivedi, S., & Markandeyulu, G. (2014). Structural, magnetic and magnetoelectric properties of Nb substituted cobalt ferrite. *Journal of Alloys and Compounds*, *610*, 517–522. <https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2014.05.051>
- Kornphom, C., Saenkam, K., Jantaratana, P., Pinitsoontorn, S., & Bongkarn, T. (2023). Investigations on the multiferroic properties of lead-free BNT-BCTS:MFO ceramic composites fabricated by the solid-state combustion technique. *JOM*, *75*(7), 2669–2683. <https://doi.org/10.1007/s11837-023-05835-1>
- Kornphom, C., Saenkam, K., Yotthuan, S., Vittayakorn, N., & Bongkarn, T. (2024). Enhanced electrical and energy storage performances of Fe, Sb co-doped BNBCTS ceramics synthesized via the solid-state combustion technique. *Ceramics International*, *50*(23), 51789–51803. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.02.203>
- Kornphom, C., Sonchaopri, N., Yimsabai, S., Jantaratana, P., Pinitsoontorn, S., Vittayakorn, N., & Bongkarn, T. (2025). Multifunctional properties of Mn and Fe co-doped lead-free BCT perovskite ceramics synthesized via solid-state combustion. *Radiation Physics and Chemistry*, *235*, 112822. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2025.112822>
- Kornphom, C., Yotthuan, S., Chootin, S., & Bongkarn, T. (2018). The influence of the firing temperatures on the phase evolution, microstructure, dielectric and strain responses of BCTS ceramics prepared by the solid-state combustion technique. *Physica Status Solidi (a)*, *215*(21), 1701058. <https://doi.org/10.1002/pssa.201701058>
- Lia, C.-X., Honga, Y.-N., Yang, B., Zhang, S.-T., Liu, D.-Q., Wang, X.-M., Liu, Q., Zhao, L., & Cao, W.-W. (2020). Phase transition, ferroelectric and piezoelectric properties of B-site complex cations ($\text{Fe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}$)⁴⁺-modified $\text{Ba}_{0.70}\text{Ca}_{0.30}\text{TiO}_3$ ceramics. *Ceramics International*, *46*(7), 9519–9529. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.12.214>
- Liu, W., Ma, X., Ren, S., Lei, X., & Liu, L. (2020). Tunable phase transition in $(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})_{0.94}\text{Ba}_{0.06}\text{TiO}_3$ by B-site cations. *Applied Physics A*, *126*(4), 269. <https://doi.org/10.1007/s00339-020-3448-1>
- Lv, Y., Xiang, J., Wen, F., Luo, W., Liu, C., Lan, J., Yang, J., & Zhang, W. (2015). Double spin-glass-like behavior and antiferromagnetic superexchange interaction between Fe^{3+} ions in $\alpha\text{-Ga}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 0.4$). *Chinese Physics B*, *24*(3), 037502. <https://doi.org/10.1088/1674-1056/24/3/037502>

- Raevski, I. P., Titov, V. V., Malitskaya, M. A., Kubrin, S. P., Sarychev, D. A., Raevskaya, S. I., Stashenko, V. V., Titov, S. V., Prosandeev, S. A., & Bellaiche, L. (2014). Studies of ferroelectric and magnetic phase transitions in multiferroic $\text{PbFe}_{0.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ solid solution ceramics. *Journal of Materials Science*, 49(19), 6459–6466.
<https://doi.org/10.1007/S10853-014-8376-Z>
- Redhu, P., Sharma, P., Hood, A., Singh, A., Sharma, G., & Puni, R. (2021). Role of charge compensation mechanism and defect dipoles on properties of Mn doped BCT ceramics. *Ceramics International*, 47(8), 11491–11501.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.12.277>
- Rahman, M. A., Hasan, Z., Islam, J., Das, D. K., Chowdhury, F. I., Khandaker, M. U., & Ullah, M. H. (2023). Tailoring the properties of bulk BaTiO_3 -based perovskites by heteroatom-doping towards multifunctional applications: A review. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 12(10), 103015. <https://doi.org/10.1149/2162-8777/ad00da>
- Shukla, R., & Dhaka, R. (2023). Evolution of complex magnetic phases and metal-insulator transition through Nb substitution in $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$. *Physical Review*, 107, 165108.
<https://doi.org/10.1103/physrevb.107.165108>
- Wang, D., Bokov, A. A., Ye, Z.-G., Hlinka, J., & Bellaiche, L. (2016). Subterahertz dielectric relaxation in lead-free $\text{Ba}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ relaxor ferroelectrics. *Nature Communications*, 7, 11014. <https://doi.org/10.1038/ncomms11014>
- Yang, Z., Hou, Y., Liu, B., & Wei, L. (2009). Structure and electrical properties of Nd_2O_3 -doped $0.82\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-}0.18\text{Bi}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{TiO}_3$. *Ceramics International*, 35(4), 1423–1427.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2008.07.014>
- Yuan, B., Yang, J., Chen, J., Zuo, X., Yin, L., Tang, X., Zhu, X., Dai, Y., & Song, W. (2014). Magnetic and dielectric properties of Aurivillius phase $\text{Bi}_6\text{Fe}_2\text{Ti}_{3-2x}\text{Nb}_x\text{Co}_x\text{O}_{18}$ ($0 \leq x \leq 0.4$). *Applied Physics Letters*, 104, 062413. <https://doi.org/10.1063/1.4865422>
- Zheng, T., Wu, J., Xiao, D., & Zhu, J. (2018). Recent development in lead-free perovskite piezoelectric bulk materials. *Progress in Materials Science*, 98, 552–624.
<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2018.06.002>
- Zhu, L.-F., Zhang, B.-P., Zhao, L., Li, S., Zhou, Y., Shi, X.-C., & Wang, N. (2016). Large piezoelectric effect of $(\text{Ba,Ca})\text{TiO}_3\text{-}x\text{Ba}(\text{Sn,Ti})\text{O}_3$ lead-free ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 36(4), 1017–1024.
<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.11.039>

การใช้โปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม

Use of Aquatic Animal Purchasing Documents (APD) for Shrimp Farmers in Nakhon Pathom Province

กษมา อยู่เย็น, พิชัย ทองดีเลิศ* และ ชลาธร จูเจริญ

Kasama Yooyen, Pichai Tongdeelert* and Chalathon Choocharoen

ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Agricultural Extension and Communication

Faculty of Agriculture, Kasetsart University

E-mail : kasama.yo@ku.th, agrpct@ku.ac.th* and fagrchch@ku.ac.th

*Corresponding author

(Received: 28 August 2025, Revised: 22 December 2025, Accepted: 22 December 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1303>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม โดยศึกษาปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจและสังคม สภาพการใช้งาน ระดับความรู้ และความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม ในปี 2567 จำนวน 202 ราย เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสถิติทดสอบ t-test และ F-test และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามเป็นรายคู่ ใช้วิธี LSD ผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 60.40) อายุเฉลี่ย 48.44 ปี การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 41.58) มีความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม APD ในระดับมาก (ร้อยละ 70.30) และมีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (2.73 คะแนน) โดยมีความคิดเห็นด้านประโยชน์ที่ได้รับมากที่สุด รองลงมาคือด้านคุณภาพของข้อมูล ด้านคุณภาพของบริการ และด้านคุณภาพของระบบตามลำดับ เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สมาร์ทโฟนในการใช้งาน ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ประสิทธิภาพในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผลผลิตกุ้ง รายได้จากการเลี้ยงกุ้ง การฝึกอบรม การเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคลและสื่อกิจกรรม ความถี่ในการใช้งาน ประเภทการขาย คุณภาพสัญญา อินเทอร์เน็ต และระดับความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม APD ที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05

คำสำคัญ: โปรแกรมประยุกต์หนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง จังหวัดนครปฐม

Abstract

This study aimed to investigate the use of the Aquatic Animal Purchase Document (APD) application among shrimp farmers in Nakhon Pathom Province. The research examined farmers' socioeconomic characteristics, usage conditions, levels of knowledge, and opinions regarding the APD application. The sample consisted of 202 shrimp farmers in Nakhon Pathom Province in 2024. Data were collected using a questionnaire and analyzed using frequency, percentage, mean, t-test, and F-test. Pairwise comparisons of mean differences for the dependent variables were conducted using the LSD method. The findings revealed that most respondents were male (60.40%), with an average age of 48.44 years, and had completed upper secondary education (41.58%). A majority reported a high level of knowledge regarding the APD application (70.30%) and expressed an overall high level of opinion toward its use (mean score = 2.73). The highest-rated aspect was perceived benefits, followed by data quality, service quality, and system quality, respectively. Most farmers used smartphones to access the application. Hypothesis testing showed that differences in experience with information technology, shrimp production volume, income from shrimp farming, training participation, exposure to interpersonal and activity-based media, frequency of application use, type of sales, internet signal quality, and knowledge level of the APD application were significantly associated with differences in opinions toward the use of the APD application at the 0.01 and 0.05 levels of statistical significance.

Keywords: Aquatic animal purchasing document (APD), Shrimp farmers, Nakhon pathom province

บทนำ

กรมประมงเป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การบริหารจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำและการประมง การแปรรูปสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง และการพัฒนา เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านประมงอัจฉริยะ ผลักดันนโยบายด้านเกษตร 3 ด้าน ความปลอดภัยของอาหาร ความมั่นคงของภาคการเกษตร และอาหาร และความยั่งยืนของภาคการเกษตร แนวคิด Safety, Security & Sustainability for Resilience Agriculture มุ่งเป้าให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก มียุทธศาสตร์หลัก คือ การสร้างความเข้มแข็ง โดยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและยกระดับมาตรฐานสินค้า เพิ่มความสามารถ แข่งขันภาคประมงด้วยเทคโนโลยี และนวัตกรรม ให้ความสำคัญในการพัฒนาและยกระดับมาตรฐานสินค้า ประมง รวมถึงการตรวจสอบย้อนกลับให้เป็นที่ยอมรับของตลาดทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสร้างความมั่นใจ

ให้กับผู้บริโภค นำไปสู่การขยายตลาดบริโภคสินค้าประมงปลอดภัย เพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขัน ในเวทีสากล ส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ (ศูนย์ข้อมูลข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์ของราชการกรมประมง, 2567)

ในปี 2563 กรมประมงได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (Aquatic Animal Purchasing Documents : APD) ขึ้นเพื่อใช้สำหรับกระบวนการตรวจสอบย้อนกลับการเลี้ยงกุ้งทะเล ตั้งแต่ฟาร์มเพาะลูกพันธุ์ ไปจนถึงโรงงานแปรรูปกุ้งทะเลเพื่อการส่งออก เนื่องจากกุ้งทะเลเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สามารถสร้างรายได้จากการส่งออกเป็นจำนวนมาก และก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจจากอุตสาหกรรม การแปรรูปอาหารทะเลและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในปี 2567 มีปริมาณ 130,070.70 ตัน คิดเป็น มูลค่า 42,562.62 ล้านบาท (กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง, 2567) นอกจากนี้จะมีวัตถุประสงค์หลักในการ ตรวจสอบย้อนกลับของการผลิตกุ้งทะเลเพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคแล้ว โปรแกรม APD ที่พัฒนาขึ้นมา นี้ยังช่วยบริหารจัดการการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรให้เป็นระบบมากยิ่งขึ้น มีฟังก์ชันในการบันทึกข้อมูลด้านพื้นที่ การเลี้ยง ประวัติการซื้อ-ขายกุ้งทะเล การได้รับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี (Good Aquaculture Practice : GAP) ซึ่งกรมประมงสามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของเกษตรกรไปใช้ประโยชน์ ในการพยากรณ์ทางสถิติ วางแผนการผลิตกุ้งทะเลของประเทศไทยในอนาคตได้ และวัตถุประสงค์ต่อมา คือ ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรในการออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ ที่สามารถทำได้ทุกที่ ทุกเวลาบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รับสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ายังไม่มียานวิจัยใดที่ศึกษาการใช้งาน โปรแกรม APD ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในประเทศไทย จังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางที่มีการ เลี้ยงกุ้งทะเลจำนวนมาก มีเกษตรกรแจ้งประกอบกิจการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคุมทะเล ชนิดกุ้งทะเล จำนวน 5,587 ราย และมีผู้ใช้งานโปรแกรม APD ในปี 2567 จำนวน 408 ราย (สำนักงานประมงจังหวัด นครปฐม, 2567) คิดเป็นร้อยละ 7.30 ของผู้เลี้ยงกุ้งทะเลทั้งหมดซึ่งถือว่าค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ ในการศึกษาการใช้งานโปรแกรม APD ของเกษตรกรจังหวัดนครปฐม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยพื้นฐานด้านสังคมและเศรษฐกิจ พฤติกรรมการใช้งาน ความรู้ และความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาเป็นแนวทางในการพัฒนาและ ส่งเสริมการใช้งานโปรแกรม APD ให้เหมาะสมกับเกษตรกรและมีจำนวนเกษตรกรเข้าใช้งานเพิ่มมากขึ้นต่อไป

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทะเลจังหวัดนครปฐม ที่ใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขาย สัตว์น้ำ (APD) ในปี 2567 จำนวน 408 ราย ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคำนวณโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ดังนี้

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

เมื่อ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดประชากร

e คือ ความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง

เช่น ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05

แทนค่า

$$n = \frac{408}{1+408(0.05)^2}$$
$$n = 202$$

ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 202 ราย แบ่งกลุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิตามสัดส่วน ได้จำนวนตัวอย่างแต่ละอำเภอ ประกอบด้วย อำเภอเมืองนครปฐม 26 ราย อำเภอกำแพงแสน 25 ราย อำเภอดอนตูม 22 ราย อำเภอนครชัยศรี 23 ราย อำเภอบางเลน 82 ราย และ อำเภอสามพราน 24 ราย จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ แบบสอบถามการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ประกอบด้วย 5 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลด้านสังคมและเศรษฐกิจ

ตอนที่ 2 ข้อมูลการเปิดรับข่าวสารและเทคโนโลยี

ตอนที่ 3 สภาพการใช้งานโปรแกรม APD

ตอนที่ 4 ความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม APD จำนวน 15 ข้อคำตอบถูก-ผิด โดยกำหนดคะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิดได้ 0 คะแนน แบ่งคะแนนตามเกณฑ์ 3 ระดับ ระดับความรู้น้อย ระดับความรู้ปานกลาง ระดับความรู้มาก การแปลความหมายจากค่าคะแนนความรู้มีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ ช่วงคะแนน 0-5 เท่ากับ ระดับความรู้น้อย ช่วงคะแนน 6-10 เท่ากับ ระดับความรู้ปานกลาง ช่วงคะแนน 11-15 เท่ากับ ระดับความรู้มาก

ตอนที่ 5 ความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD โดยกำหนดคะแนนตามวิธีวัดมาตรฐาน (Rating scale) ได้แก่ เห็นด้วยมาก 3 คะแนน ปานกลาง 2 คะแนน และ คิดเห็นน้อย 1 คะแนน การแปลผลคะแนนพิจารณาตามเกณฑ์ของเบสต์ (Best, 1977) โดยใช้คะแนนสูงสุดลบด้วยคะแนนต่ำสุดแล้วนำมาหารจำนวนชั้น จะได้คะแนนเฉลี่ยระดับความคิดเห็น 3 ระดับ ดังนี้ เห็นด้วยมาก คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.34-3.00 คะแนน ระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.67-2.33 คะแนน และความคิดเห็นน้อย คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.00-1.66 คะแนน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC Index of item objective congruence) โดยกำหนดคะแนน ดังนี้ 1 คะแนน เท่ากับ ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 0 คะแนน เท่ากับ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และ -1 คะแนน เท่ากัน ข้อคำถามไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ แล้วนำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อไปหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและค่าดัชนีความสอดคล้อง จากนั้นทดสอบเครื่องมือโดยนำไปทดลองใช้ (Try out) กับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม ที่ใช้งานโปรแกรม APD แต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นอัลฟาของครอนบาสส์ (Cronbach 's alpha reliability coefficient) มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.934 และแบบทดสอบความรู้ในการใช้โปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ใช้วิธีการคูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556) มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.745

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดสอบสมมติฐาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1.การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ใช้การแจกแจงความถี่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลด้านเศรษฐกิจและสังคม 2.สถิติเชิงอนุมาน (Inference statistics) ในประเด็นการเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ทดสอบความแปรปรวนโดยใช้การวิเคราะห์ t-test และ F-test และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามเป็นรายคู่ ใช้วิธี LSD (Least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลด้านเศรษฐกิจและสังคม

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 60.40 มีอายุเฉลี่ย 48.44 ปี โดยกลุ่มอายุน้อยกว่า 44 ปี มีสัดส่วนสูงสุด (ร้อยละ 34.16) ระดับการศึกษาส่วนใหญ่คือมัธยมศึกษาตอนปลายหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ร้อยละ 41.58 ด้านประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ พบว่ากลุ่มที่มีประสบการณ์ 1-10 ปี และ 20-30 ปี มีสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 38.12 ในด้านการผลิต เกษตรกรส่วนใหญ่มีผลผลิตกุ้งน้อยกว่า 3,000 กิโลกรัมต่อปี (ร้อยละ 43.07) และมีรายได้เฉลี่ย 736,833 บาทต่อปี โดยรายได้ต่ำกว่า 300,000 บาทมีสัดส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 35.15) รูปแบบการตลาดส่วนใหญ่เป็นการจำหน่ายให้แก่ค้าปลีกรายย่อย (ปากบ่อ) ร้อยละ 48.51 ในด้านการพัฒนา พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เคยผ่านการฝึกอบรมการใช้โปรแกรมออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ร้อยละ 89.11 และมีการเข้าร่วมสถาบันเกษตรกรร้อยละ 63.37

เกษตรกรได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม APD และข่าวสารด้านประมงจาก สื่อบุคคล มากที่สุด คือเจ้าหน้าที่กรมประมง (ร้อยละ 65.84) รองลงมาคือผู้นำท้องถิ่น (ร้อยละ 21.78) และเพื่อนบ้าน (ร้อยละ 12.38) สำหรับ สื่อกิจกรรม พบว่าการประชุมเป็นช่องทางหลัก (ร้อยละ 64.85) รองลงมาคือการจัดอบรม (ร้อยละ 22.77) และการเรียนรู้นอกสถานที่ (ร้อยละ 12.38) ขณะที่ สื่อมวลชน พบว่าสื่อโซเชียลมีเดียมีส่วนสูงที่สุด (ร้อยละ 98.00) และโทรทัศน์เพียงร้อยละ 2.00

เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน (ร้อยละ 92.08) รองลงมาคือคอมพิวเตอร์ (ร้อยละ 7.92) ความถี่ในการใช้งานส่วนใหญ่เป็นการใช้งานเมื่อแพหรือผู้ประกอบการต้องการ (ร้อยละ 39.11) และบางครั้งเมื่อติดต่อราชการ (ร้อยละ 38.12) ขณะที่การใช้งานสม่ำเสมอทุกรอบการเลี้ยงมีสัดส่วนน้อยที่สุด (ร้อยละ 22.77) สำหรับลักษณะการขาย พบว่าการขายหมดบ่อและปิดบ่ออัตโนมัติมีส่วนสูงที่สุด (ร้อยละ 69.80) รองลงมาคือการขายหมดบ่อ (ร้อยละ 20.30) และการขายบางส่วน (ร้อยละ 9.90) ส่วนคุณภาพสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายในฟาร์ม ส่วนใหญ่มีสัญญาณแรงและเสถียร (ร้อยละ 70.79) รองลงมาคือคุณภาพปานกลาง (ร้อยละ 29.21)

2. ความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD)

ตารางที่ 1 ระดับความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม APD

ระดับความรู้	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับมาก (11 – 15 คะแนน)	142	70.30
ระดับปานกลาง (6 – 10 คะแนน)	60	29.70

(Mean = 11.50 , S.D. = 1.85 , Min = 6 , Max = 15)

จากตารางที่ 1 พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม APD อยู่ในระดับมาก จำนวน 142 คน คิดเป็นร้อยละ 70.30 รองลงมาคือความรู้ระดับปานกลาง จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 29.70 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 11.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.85 อยู่ในระดับมาก

3. ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD)

ตารางที่ 2 ระดับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการใช้งานโปรแกรม APD

ความคิดเห็นของเกษตรกร	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านคุณภาพของข้อมูล	2.78	0.359	มาก
ด้านคุณภาพของระบบ	2.57	0.543	มาก
ด้านคุณภาพของบริการ	2.72	0.417	มาก
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	2.85	0.316	มาก
รวมทุกด้าน	2.73	0.409	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า โดยภาพรวมเกษตรกรมีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 2.73) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ (ค่าเฉลี่ย = 2.85) รองลงมาคือ ด้านคุณภาพของข้อมูล (ค่าเฉลี่ย = 2.78) และ ด้านคุณภาพของบริการ (ค่าเฉลี่ย = 2.72) ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านคุณภาพของระบบ (ค่าเฉลี่ย = 2.57)

ด้านคุณภาพของข้อมูล : เกษตรกรเห็นด้วยมากที่สุดในประเด็น ข้อมูลในโปรแกรม APD มีความถูกต้องและครบถ้วน (ค่าเฉลี่ย = 2.86) และ ข้อมูลการซื้อขายมีความทันสมัยและปัจจุบัน (ค่าเฉลี่ย = 2.85) ส่วนประเด็นที่เห็นด้วยน้อยที่สุดคือ รูปแบบการแสดงผลเข้าใจง่ายและชัดเจน (ค่าเฉลี่ย = 2.63)

ด้านคุณภาพของระบบ : ความเห็นมากที่สุดอยู่ที่ สามารถใช้งานได้ทุกที่ทุกเวลาที่มีอินเทอร์เน็ต และ รองรับการใช้งานผ่านอุปกรณ์สารสนเทศต่างๆ ได้ดี (ค่าเฉลี่ย = 2.69) ขณะที่ ความเร็วในการประมวลผลและการตอบสนอง มีคะแนนน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.38)

ด้านคุณภาพของบริการ : ความเห็นมากที่สุดอยู่ที่ เจ้าหน้าที่ให้การสนับสนุนด้วยความเชี่ยวชาญและเป็นมิตร (ค่าเฉลี่ย = 2.84) รองลงมาคือ การปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม APD อย่างสม่ำเสมอ (ค่าเฉลี่ย = 2.77) ส่วนประเด็นที่เห็นด้วยน้อยที่สุดคือ มีการฝึกอบรมและสนับสนุนการใช้งานอย่างเพียงพอ (ค่าเฉลี่ย = 2.61)

ด้านประโยชน์ที่ได้รับ : เกษตรกรเห็นด้วยมากที่สุดในประเด็น ช่วยลดการใช้กระดาษและเอกสารแบบเดิม (ค่าเฉลี่ย = 2.89) รองลงมาคือ ช่วยจัดการข้อมูลผลผลิตกุ้งได้อย่างเป็นระบบ และ สนับสนุนการขอรับรองมาตรฐาน GAP (ค่าเฉลี่ย = 2.87) ขณะที่ ประเด็น ช่วยลดเวลาและขั้นตอนการทำงาน มีคะแนนน้อยที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.75)

4. การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD)

ตัวแปร	t-test / F-test	ความคิดเห็นต่อการใช้งาน				
		ด้านคุณภาพของข้อมูล	ด้านคุณภาพของระบบ	ด้านคุณภาพของบริการ	ด้านประโยชน์	ภาพรวม
เพศ	t-test	0.615	0.927	1.377	0.856	1.091
	P-value	0.539	0.355	0.170	0.393	0.277
อายุ	F-test	0.352	0.226	0.195	0.023	0.141
	P-value	0.704	0.798	0.823	0.977	0.869
ระดับการศึกษา	F-test	0.253	0.438	0.405	0.120	0.224
	P-value	0.859	0.726	0.750	0.948	0.880
ประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	F-test	17.449**	20.549**	30.710**	26.435**	31.382**
	P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ผลผลิตกุ้ง	F-test	2.203	3.231*	1.555	1.063	2.264
	P-value	0.113	0.042	0.214	0.348	0.107
รายได้จากการเลี้ยงกุ้ง	F-test	4.504*	6.023**	3.506*	1.480	4.883**
	P-value	0.012	0.003	0.032	0.230	0.009
ลักษณะการขาย	F-test	0.784	0.297	0.136	0.409	0.236
	P-value	0.458	0.743	0.873	0.665	0.790
การฝึกอบรม	F-test	3.869**	0.985	2.771**	2.662**	2.712**
	P-value	0.000	0.326	0.006	0.008	0.007
การเข้าร่วมสถาบันเกษตรกร	t-test	1.578	-0.355	0.652	0.827	0.627
	P-value	0.116	0.723	0.515	0.409	0.531
การเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคล	F-test	25.461**	80.831**	44.600**	29.476**	65.546**
	P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขาย
 สัตว์น้ำ (APD) (ต่อ)

ตัวแปร	t-test / F-test	ความคิดเห็นต่อการใช้งาน				
		ด้านคุณภาพ ของข้อมูล	ด้านคุณภาพ ของระบบ	ด้านคุณภาพ ของบริการ	ด้าน ประโยชน์	ภาพรวม
การเปิดรับข่าวสาร จากสื่อกิจกรรม	F-test	4.178*	12.130**	3.393*	3.482*	7.077**
	P-value	0.017	0.000	0.036	0.033	0.001
อุปกรณ์ในการ ใช้งาน	t-test	0.096	0.699	-1.198	-0.97	-0.271
	P-value	0.924	0.485	0.232	0.333	0.787
ความถี่ในการ ใช้งาน	F-test	2.598	6.277**	4.637*	4.862**	5.327**
	P-value	0.077	0.002	0.011	0.009	0.006
ประเภทการขาย	F-test	1.083	4.501*	1.084	2.304	2.385
	P-value	0.340	0.012	0.340	0.102	0.095
คุณภาพสัญญาณ อินเทอร์เน็ต	t-test	2.433*	4.309**	1.289	1.307	2.869**
	P-value	0.016	0.000	0.199	0.193	0.005
ระดับความรู้	t-test	-3.696**	-3.643**	-5.806**	-5.364**	-5.201**
	P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*ค่าระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05, **ค่าระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.01

จากตารางที่ 3 พบว่าเกษตรกรที่มีเพศ อายุ ระดับการศึกษา และอุปกรณ์ในการใช้งานแตกต่างกัน มีความความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ไม่แตกต่างกันในทุกด้าน

เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแตกต่างกัน มีความความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.01 ในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีมากกว่ามีแนวโน้มที่จะรับรู้คุณภาพของระบบ คุณภาพของข้อมูล คุณภาพของบริการ ประโยชน์ที่ได้รับ และภาพรวมของโปรแกรม APD แตกต่างจากผู้มีประสบการณ์น้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เกษตรกรที่มีผลผลิตกุ้งแตกต่างกัน มีความความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เฉพาะด้านของคุณภาพของระบบเท่านั้น ส่วนด้านอื่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เกษตรกรที่มีรายได้จากการเลี้ยงกุ้งแตกต่างกัน มีความความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันในด้านคุณภาพของระบบ และภาพรวม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนด้านคุณภาพของข้อมูล และคุณภาพของบริการ มีความความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

เกษตรกรที่มีลักษณะการขาย และการเป็นสมาชิกสถาบันเกษตรกรที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การเข้ารับการฝึกอบรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันระดับนัยสำคัญ 0.01 ในด้านคุณภาพของข้อมูล คุณภาพของบริการ ประโยชน์ที่ได้รับ และในภาพรวม

เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคลและสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันในทุกด้านที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

เกษตรกรที่มีความถี่ในการใช้งานแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในด้านคุณภาพของระบบ คุณภาพของบริการ ประโยชน์ที่ได้รับ และภาพรวม

เกษตรกรที่มีประเภทการขายแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในด้านคุณภาพของระบบเท่านั้น

เกษตรกรที่มีคุณภาพของสัญญาณอินเทอร์เน็ตแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในด้านคุณภาพของข้อมูล คุณภาพของระบบ และภาพรวม

ระดับความรู้ของเกษตรกรที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในทุกด้าน

การอภิปรายผล

เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับ จิระ มาตรฐานทอง และ พิชัย ทองดีเลิศ (2561) ทำการศึกษา ความคิดเห็นต่อแอปพลิเคชัน Agri map Mobile ของหมอดินอาสาจังหวัดเพชรบุรี ผลการศึกษาพบว่า หมอดินอาสาที่มีประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีแตกต่างกันจะมีความคิดเห็นต่อแอปพลิเคชัน Agri Map Mobile ในภาพรวมที่แตกต่าง สาเหตุอาจมาจากเกษตรกรที่มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสูง มักมีความคุ้นเคยและความมั่นใจในการใช้งานระบบดิจิทัล ส่งผลให้มองว่าการใช้โปรแกรม APD ไม่ซับซ้อนและสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างเหมาะสม ในทางตรงกันข้ามเกษตรกรที่มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีน้อยอาจรู้สึกไม่มั่นใจในการใช้งาน จึงมีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ในระดับน้อยกว่า

เกษตรกรที่มีรายได้แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับ นันทินี พิศวิลัย (2558) กล่าวว่า รายได้ส่วนตัวต่อเดือนที่แตกต่างกันมีความพึงพอใจในการเข้าชมเว็บไซต์แตกต่างกัน และสอดคล้องกับ มินตรา อาณารัตน์ และ ภริดา ชัยรัตน์ (2566) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่กรมอนามัยต่อการใช้อแอปพลิเคชันสมุดโทรศัพท์ พบว่าเจ้าหน้าที่กรมอนามัยที่มีรายได้ต่อเดือนที่ต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้อแอปพลิเคชันสมุดโทรศัพท์ที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สอดคล้องกับ เพชรลักษณ์ โชควัฒนาสมบัติ (2561) กล่าวว่า รายได้ (Income)

ต่างกันย่อมมีค่านิยม ความคิด ความเชื่อและพฤติกรรม ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรายได้ มีส่วนในการกำหนดความต้องการ ความคิด และพฤติกรรม ของบุคคล

เกษตรกรที่ได้รับการฝึกอบรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งสอดคล้องกับ เลิศศักดิ์ ดีหนู และคณะ (2567) กล่าวว่าเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตที่ได้รับการส่งเสริมด้านมาตรฐานสินค้าเกษตร มีการใช้เทคโนโลยีเพิ่มศักยภาพการผลิตส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการใช้เทคโนโลยี ทำให้เกษตรกรตระหนักถึงประโยชน์และคุณค่าที่จะได้รับจากการใช้เทคโนโลยี ซึ่งนำไปสู่ทัศนคติที่ดีและความเต็มใจในใช้งาน ขณะที่เกษตรกรที่ไม่ได้รับการฝึกอบรมหรือได้รับการสนับสนุนน้อย มักขาดความมั่นใจและการรับรู้เชิงบวก จึงสะท้อนออกมาในรูปแบบความคิดเห็นที่แตกต่าง

เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคลจากเจ้าหน้าที่ประมง และ สื่อกิจกรรมจากการจัดประชุม ต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณภา สมอาษา และคณะ (2568) ที่ศึกษาการยอมรับระบบเกษตรแม่นยำฟาร์มอัจฉริยะ (Handy sense) ของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเกษตรอัจฉริยะจากสื่อบุคคลมากที่สุด คือ นักส่งเสริมการเกษตร (ร้อยละ 73.5) และสื่อกิจกรรมคือ การฝึกอบรม (ร้อยละ 40.4) สะท้อนให้เห็นว่า สื่อบุคคล โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ประมงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ

ผลการศึกษาความคิดเห็นของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐมต่อการใช้งานโปรแกรม APD พบว่าความคิดเห็น“ด้านคุณภาพของระบบ” มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.57) โดยเฉพาะในประเด็น “ความเร็วในการประมวลผลและการตอบสนอง” ซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 2.38) แม้ว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีระดับความรู้เกี่ยวกับโปรแกรมอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 70.30) และมีความคิดเห็นด้านประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับสูงสุด (ค่าเฉลี่ย = 2.85) ผลดังกล่าวสะท้อนอาจให้เห็นถึงช่องว่างสำคัญระหว่างศักยภาพของผู้ใช้งานโปรแกรม APD กับ ความพร้อมทางเทคนิคของระบบ ที่มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการใช้งานอย่างสม่ำเสมอของเกษตรกร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาการใช้โปรแกรมประยุกต์การออกหนังสือกำกับการซื้อขายสัตว์น้ำ (APD) ของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งจังหวัดนครปฐม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก และมีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรม APD อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก คือ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ รองลงมาคือ ด้านคุณภาพของข้อมูล และด้านคุณภาพของบริการ ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านคุณภาพของระบบ

จากผลการทดสอบสมมุติฐานพบว่า ประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผลผลิตกุ้ง รายได้จากการเลี้ยงกุ้ง การฝึกอบรม การเปิดรับข่าวสารจากสื่อบุคคลและสื่อกิจกรรม ความถี่ในการใช้งาน ประเภทการขาย คุณภาพสัญญาณอินเทอร์เน็ต และระดับความรู้ ที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรม APD ต่างกัน

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับหน่วยงานภาครัฐ

1. หน่วยงานภาครัฐควรจัดฝึกอบรมการใช้งานให้แก่เกษตรกรมากขึ้นทั้งในด้านจำนวนครั้งและการกระจายในหลายพื้นที่ เพื่อความครอบคลุมของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งที่มีอยู่ทั่วทั้งจังหวัดนครปฐม
2. หน่วยงานภาครัฐควรพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรม APD ให้ใช้งานได้และอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรองรับความต้องการใช้งานของเกษตรกรที่อาจเพิ่มมากขึ้นในอนาคต เช่น พัฒนาระบบให้รองรับการประมวลผลที่เบาและรวดเร็วขึ้น การจัดทำระบบ Cloud Server ที่เสถียรและรองรับปริมาณผู้ใช้งานขึ้น การพัฒนาแอปแบบ Native Application (iOS/Android) แทนการทำงานแบบ Web-based เพียงอย่างเดียว
3. เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าความถี่ในการใช้งานสม่ำเสมอยังต่ำมาก (22.77%) หน่วยงานภาครัฐควรสร้างแรงจูงใจในเชิงนโยบายในเชิงบวก ที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการใช้งานและไม่ใช้งานโปรแกรม APD เพื่อให้เกษตรกรใช้งานมากขึ้น เช่น การจำหน่ายได้ในราคาที่สูงกว่า การได้รับสิทธิประโยชน์ของรัฐในโครงการต่าง ๆ มากกว่าผู้ที่ไม่เข้าใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

- กองนโยบายและแผนพัฒนาการประมง. (2567). *สถานการณ์สินค้ากุ้งทะเลและผลิตภัณฑ์ ปี2567*.
<https://www.fisheries.go.th>
- จิระ มาตรฐานทอง และ พิชัย ทองดีเลิศ. (2561). ความคิดเห็นต่อแอปพลิเคชัน Agri map Mobile ของหมอดินอาสา จังหวัดเพชรบุรี. *การประชุมวิชาการ และการประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ*, วันที่ 17–18 พฤษภาคม 2561 ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่.
- นันทินี พิศวิลัย. (2558). *พฤติกรรม的开รับข่าวสาร และความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บไซต์ www.ginraidee.com ในเขตกรุงเทพมหานคร*. (การค้นคว้าแบบอิสระ คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).
- เพชรลักษณ์ โชควัฒนาสมบัติ. (2561). *พฤติกรรมปัจจัยอุปสงค์การตลาดต่อการตัดสินใจใช้ แอปพลิเคชัน QueQ ในการจองคิวร้านอาหารผ่านสมาร์ตโฟน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

- มินตรา อาณารัตน์ และ ภริดา ชัยรัตน์. (2566). ความคิดเห็นของเจ้าหน้าที่กรมอนามัยต่อการใช้แอปพลิเคชัน สมุดโทรศัพท์. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(10), 314–326. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/262915>
- เลิศศักดิ์ ดีหนู, พิชัย ทองดีเลิศ และ ชลาธร จูเจริญ. (2567). การใช้เทคโนโลยีเพิ่มศักยภาพการผลิตส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยามยกระดับสู่สินค้าเกษตรมูลค่าสูง ของเกษตรกรอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการเกษตร*, 55(3), 234–245. <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/ASJ/article/view/262447>
- วรรณภา สมอาษา, พัชรชาติ ศรีบุญเรือง และ พิชัย ทองดีเลิศ. (2568). การยอมรับระบบเกษตรแม่นยำฟาร์มอัจฉริยะ (Handy Sense) ของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 43(3), 410–417. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/article/view/265014>
- ศูนย์ข้อมูลข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์ของราชการกรมประมง. (2567). *แผนปฏิบัติการราชการ 5 ปี พ.ศ. 2566 – 2570 กรมประมง*. <https://infocenter.oic.go.th>
- สุรินทร์ นิยมางกูร. (2556). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์และสถิติที่ใช้*. กรุงเทพฯ: บุ๊คส์ ทู ยู.
- สำนักงานประมงจังหวัดนครปฐม. (2567). *ข้อมูลแจ้งประกอบกิจการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคุมทะเล ชนิด กุ้งทะเล*. นครปฐม: สำนักงานประมงจังหวัดนครปฐม.
- Best, J. W. (1977). *Research in Education*. (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. (3rd ed.). New York: Harper and Row Publication.

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart

Development of a Sales Information System to Enhance Entrepreneurial
Income: A Case Study of YRU Fresh Mart

แพรวศรี เดิมราช*, พิมลพรรณ ลีลาภัทรพันธุ์, ซอและ เกป็น และ สุลัยมาน เกอโล๊ะ
Praewsri Dermrach*, Pimonpun Leelapatarapun, Solaeh Kepan and Sulaiman Persoh

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

E-mail : praewsree.d@yru.ac.th*, pimonpun.l@yru.ac.th, solaeh.k@yru.ac.th and sulaiman.p@yru.ac.th

*Corresponding author

(Received: 8 August 2025, Revised: 7 January 2026, Accepted: 16 January 2026)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1279>

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการในโครงการ YRU Fresh Mart 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่พัฒนาขึ้นในด้านการทำงานของระบบ ด้านระบบสารสนเทศ และด้านเทคนิค/ความสามารถของระบบ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่เป็นผู้ประกอบการและผู้ใช้งานทั่วไป โดยประยุกต์ใช้แนวคิดระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ เป็นกรอบในการพัฒนา และดำเนินการวิจัยตามแนวทางการวิจัยและพัฒนา ร่วมกับวงจรการพัฒนา ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบสารสนเทศบนแพลตฟอร์มเว็บสำหรับจัดการข้อมูลสินค้า การขาย และรายงานสรุปผล กลุ่มตัวอย่างมาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 385 คน ประกอบด้วยอาจารย์ บุคลากร นักศึกษา ศิษย์เก่า และผู้ประกอบการในจังหวัดยะลา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52) และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72) ซึ่งระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นเอื้อต่อการนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการขาย และช่วยให้การจัดการข้อมูลเป็นระบบมากขึ้น

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ การขาย รายได้ผู้ประกอบการ

Abstract

This research aimed to 1) develop a web-based sales information system to enhance entrepreneurial income in the YRU Fresh Mart project, 2) examine the efficiency of the developed sales information system in terms of system operation, information system quality, and technical capability, and 3) investigate the satisfaction of system users, including entrepreneurs and general users. The study applied the concept of Management Information Systems (MIS) as a framework for system development and employed a research and development (R&D) approach in conjunction with the System Development Life Cycle (SDLC).

The developed system was a web-based sales information system designed to manage product data, sales transactions, and summary reports. The samples were selected using purposive sampling and consisted of 385 participants, including lecturers, staff, students, alumni, and entrepreneurs in Yala Province. The research instruments included a system efficiency evaluation form and a five-point rating scale questionnaire for user satisfaction. Data were analyzed using descriptive statistics. The results revealed that the developed system achieved a very high level of efficiency (mean = 4.54, S.D. = 0.52), while user satisfaction was at a high level (mean = 4.31, S.D. = 0.72). These findings indicate that the developed sales information system is appropriate for practical implementation, effectively supports sales operations, and enhances systematic data management for the YRU Fresh Mart project.

Keywords: Information system, Sales, Entrepreneurial income

บทนำ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเฉพาะระบบสารสนเทศสำหรับการขาย มีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากช่วยสนับสนุนการจัดการข้อมูลสินค้าและข้อมูลการขายอย่างเป็นระบบ อันส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานและความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ (พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม, 2566) การเติบโตของการทำงานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทยยังเอื้อให้ธุรกิจสามารถขยายช่องทางการจำหน่ายผ่านระบบออนไลน์และเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงผู้บริโภคได้กว้างขวางยิ่งขึ้น (เพชร บุดสีทา, 2564; สมศักดิ์ บุตรสาคร และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการจำนวนมากยังคงประสบปัญหาด้านการบริหารจัดการข้อมูลการขายและการใช้ช่องทางออนไลน์ที่ขาดความเป็นระบบ ส่งผลให้การดำเนินงานและการวางแผนการขายขาดประสิทธิภาพ (เพชร บุดสีทา, 2564; เบนุริสา ตันเจริญ, 2567) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ได้จัดตั้งศูนย์แสดงและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ YRU Fresh Mart เพื่อเป็นศูนย์กลางในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ของนักศึกษา คณาจารย์ และชุมชนโดยรอบ รวมถึงเป็นแหล่งฝึกประสบการณ์จริงเพื่อสร้างโอกาสทางอาชีพและรายได้ให้แก่นักศึกษา

อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานของ YRU Fresh Mart ในปัจจุบันยังคงอาศัยช่องทางการจำหน่ายในรูปแบบออฟไลน์เป็นหลัก ผู้ประกอบการต้องนำสินค้ามาวางจำหน่าย ณ ศูนย์โดยตรง เมื่อมีจำนวนสินค้าและผู้ประกอบการเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พื้นที่จัดแสดงและจำหน่ายไม่เพียงพอ อีกทั้งยังขาดระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่ช่วยจัดการข้อมูลสินค้า ข้อมูลการขาย และรายงานสรุปผลการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ ปัญหาดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อการบริหารจัดการร้านค้าและการวางแผนการขายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การพัฒนาระบบสารสนเทศในงานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System: MIS) และระบบสารสนเทศสำหรับการขาย ซึ่งมุ่งเน้นการรวบรวม ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นปัจจุบัน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านการจัดการการขายและการดำเนินงานของผู้ประกอบการ (พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม, 2566) ระบบดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าและข้อมูลการขาย รวมถึงสนับสนุนการแสดงผลการดำเนินงาน อันเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจ (สมศักดิ์ บุตรสาคร และคณะ, 2565)

จากปัญหาและข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart บนแพลตฟอร์มเว็บ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยสนับสนุนการขายช่องทางการจำหน่ายผ่านระบบออนไลน์ ควบคู่กับการจัดการข้อมูลสินค้าและข้อมูลการขายอย่างเป็นระบบ ช่วยลดความผิดพลาดในการดำเนินงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการจัดจำหน่ายและการส่งเสริมการขายในระดับการดำเนินงาน ซึ่งเอื้อต่อการเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้และสนับสนุนความยั่งยืนในการดำเนินงานของผู้ประกอบการ ทั้งนี้งานวิจัยยังมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อสะท้อนศักยภาพการนำระบบไปใช้งานจริงในบริบทของ YRU Fresh Mart อย่างเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งสนับสนุนบทบาทของมหาวิทยาลัยในการสร้างโอกาสทางอาชีพและรายได้ให้แก่นักศึกษาและชุมชนโดยรอบ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการในโครงการ YRU Fresh Mart
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่พัฒนาขึ้นในด้านการทำงานของระบบด้านระบบสารสนเทศ และด้านเทคนิค/ความสามารถของระบบ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่เป็นผู้ประกอบการและผู้ใช้งานทั่วไป

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development: R&D) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขาย ประเมินประสิทธิภาพของระบบ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการพัฒนาแบบควบคุมกับการประเมินผล เพื่อให้ได้ระบบที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงและสอดคล้องกับบริบทของโครงการ YRU Fresh Mart ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บ (Web-based sales information system) ซึ่งสามารถเข้าถึงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยออกแบบให้รองรับการใช้งานของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ประกอบการในโครงการ YRU Fresh Mart

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart ได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างดังนี้

ประชากร คือ อาจารย์ บุคลากร นักศึกษา และศิษย์เก่าของมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และผู้ประกอบการในจังหวัดยะลา ซึ่งไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์ บุคลากร นักศึกษา ศิษย์เก่า ของมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา และผู้ประกอบการในจังหวัดยะลา โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เนื่องจากไม่ทราบขนาดของประชากรที่แน่นอน คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 385 คน โดยใช้สูตรการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับประชากรที่ไม่ทราบขนาด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัย (วาโร พึ่งสวัสดิ์, 2551)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ กรณีศึกษา YRU Fresh Mart 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสำหรับผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยแบบประเมินและแบบสอบถามได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และนำมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวิจัย (Index of item-objective congruence: IOC) ซึ่งมีค่าดัชนีอยู่ในช่วง 0.67–1.00 ทั้งนี้ เกณฑ์ค่า IOC ที่อยู่ในช่วง 0.50–1.00 ถือว่าเครื่องมือมีความสอดคล้องและสามารถนำมาใช้ในการวิจัยได้ (พรณี ลิกิจวัฒน์, 2558)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart ผู้วิจัยได้นำแนวคิดวงจรการพัฒนาแบบ (System development life cycle: SDLC) มาประยุกต์ใช้เป็นการรอบในการดำเนินงาน ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมและได้รับการยอมรับอย่าง

แพร่หลายในงานวิจัยด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยกระบวนการพัฒนาประกอบด้วย 7 ขั้นตอน (เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ, 2562)

1. ขั้นตอนนี้มุ่งเน้นการศึกษาปัญหาและความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศสำหรับการขาย การตลาดดิจิทัล และการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชน ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ YRU Fresh Mart เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการดำเนินงาน ปัญหา และความต้องการของระบบ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดขอบเขต ฟังก์ชันการทำงาน และคุณลักษณะของระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่เหมาะสมกับบริบทของโครงการ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาสังเคราะห์และแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและปัญหาด้วยแผนภูมิแก๊งปลา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบพัฒนาระบบในขั้นตอนถัดไป (Kumah et al., 2024) ดังแสดงในภาพที่ 1



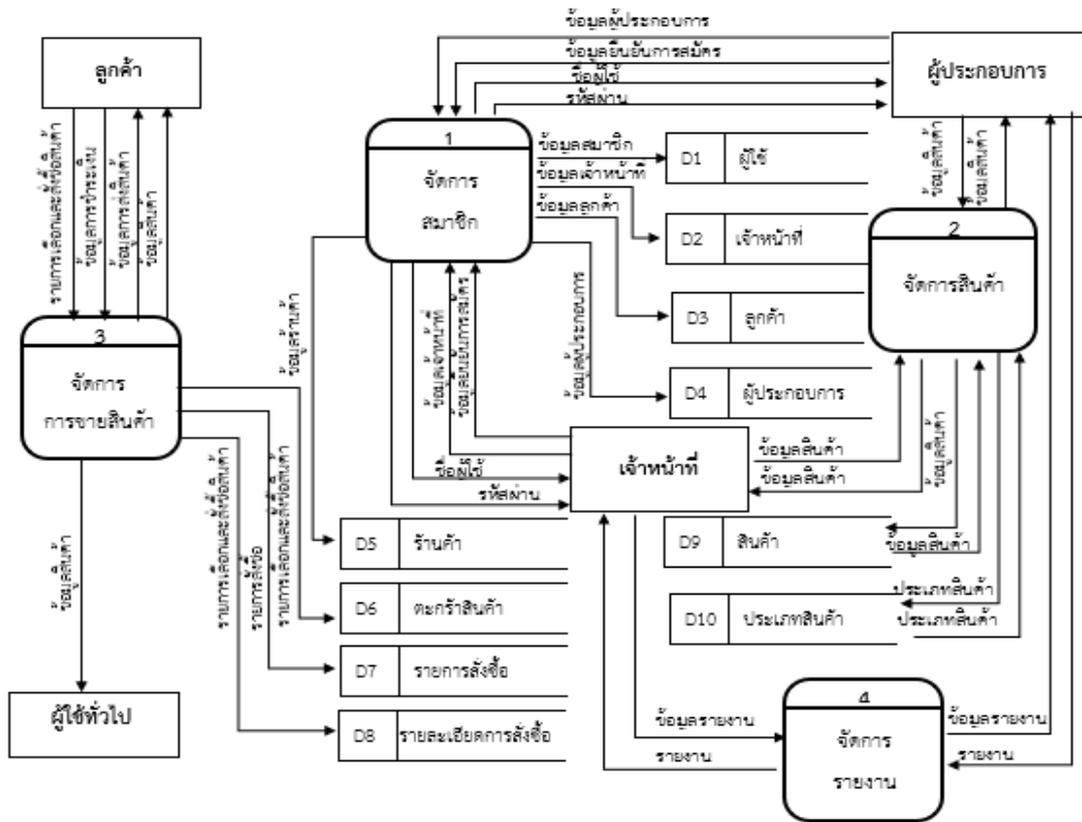
ภาพที่ 1 แผนภูมิแก๊งปลาการวิเคราะห์ปัญหาการทำงานของระบบการทำงานของ YRU Fresh Mart

2. การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility study) ว่าเหมาะสมหรือไม่ที่จะปรับเปลี่ยนระบบ โดยให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุดแต่ให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจ และหาความต้องการของผู้เกี่ยวข้องใน 3 เรื่อง คือ เทคนิคเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ บุคลากรและความพร้อม และความคุ้มค่า เพื่อให้นำเสนอต่อผู้บริหารพิจารณาอนุมัติดำเนินการต่อไป

3. วิเคราะห์และออกแบบระบบ (System design) เมื่อได้ความต้องการที่ชัดเจนแล้ว ขั้นตอนที่ต่อไปคือการออกแบบโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบอย่างเป็นระบบ

3.1 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของระบบใช้แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data flow diagram: DFD) เป็นเครื่องมือในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการ แหล่งเก็บข้อมูล และหน่วยงาน

ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เห็นภาพรวมของการไหลของข้อมูลภายในระบบอย่างเป็นระบบ (Aleryani, 2024) ซึ่งช่วยให้ผู้พัฒนาและผู้ที่เกี่ยวข้องมีความเข้าใจตรงกัน และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการติดตามและพัฒนาระบบต่อไป ในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำ DFD มาใช้ในการออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับการขายของ YRU Fresh Mart เพื่อแสดงกระแสการไหลของข้อมูลระหว่างแหล่งที่มา กระบวนการ ฐานข้อมูล และผลลัพธ์ของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสการไหลของข้อมูลของการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart

การออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้ ER Diagram (Entity-relationship diagram) เพื่อช่วยให้กระบวนการออกแบบฐานข้อมูลง่ายขึ้น จึงมีการใช้ แผนภาพ ER (ER-diagram) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวคิดของเอนทิตี (Entity) และ ความสัมพันธ์ (Relationship) แผนภาพ (Vakaliuk et al., 2021) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาระบบ โดยการออกแบบฐานข้อมูลของระบบการขาย YRU Fresh Mart ได้กำหนดโครงสร้างและออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล ที่จำเป็นสำหรับระบบ เช่น ข้อมูลสินค้า ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการขาย ข้อมูลผู้ประกอบการ และข้อมูลผู้ใช้งาน เพื่อให้การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3

ข้อมูลการขาย และการคำนวณยอดขาย รวมถึงการจัดการสิทธิ์การใช้งาน และ 3) ส่วนฐานข้อมูล (Database) ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลสินค้า ข้อมูลผู้ประกอบการ ข้อมูลผู้ใช้งาน และข้อมูลการขายอย่างเป็นระบบ สถาปัตยกรรมระบบดังกล่าวช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยืดหยุ่น และสอดคล้องกับบริบทการใช้งานของโครงการ YRU Fresh Mart

5. การทดสอบ (Testing) ภายหลังจากพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบเพื่อประเมินความถูกต้องและความสมบูรณ์ของการทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบฟังก์ชันหลักของระบบ ได้แก่ การจัดการข้อมูลผู้ใช้งานและผู้ประกอบการ การจัดการข้อมูลสินค้า และสินค้าคงคลัง การบันทึกและประมวลผลข้อมูลการขาย และการแสดงรายงานสรุปยอดขาย การทดสอบระบบดำเนินการในลักษณะของการทดสอบเชิงหน้าที่ (Functional testing) และการตรวจสอบการทำงานร่วมกันของโมดูลต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีความเสถียร ก่อนนำไปติดตั้งและใช้งานจริงในโครงการ YRU Fresh Mart

6. การติดตั้งระบบและการนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นขั้นตอนการนำระบบที่พัฒนาจนสมบูรณ์มาติดตั้ง และเริ่มใช้งานจริง ในส่วนนี้นอกจากติดตั้งระบบใช้งานแล้ว ยังต้องมีการจัดเตรียมขั้นตอนการสนับสนุนส่งเสริมการใช้งานให้สามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ โดยจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมผู้ใช้งาน เอกสารประกอบระบบ และแผนการบริการให้ความช่วยเหลือ เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

7. การบำรุงรักษาและปรับปรุงระบบ ภายหลังจากติดตั้งและนำระบบสารสนเทศไปใช้งาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตามผลการทำงานของระบบและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและรองรับการใช้งานอย่างต่อเนื่องในบริบทของโครงการ YRU Fresh Mart

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามระเบียบวิธีวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริงของโครงการ YRU Fresh Mart ดังนี้

1. การศึกษาการดำเนินงานจริงของ YRU Fresh Mart ควบคู่กับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบระบบและส่วนติดต่อผู้ใช้ตามแนวคิด UX/UI ให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง และนำระบบสารสนเทศ YRU Fresh Mart ที่พัฒนาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบก่อนนำไปใช้งานจริงในบริบทของโครงการ โดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 คน เพื่อประเมินด้านโครงสร้างและเทคนิคของระบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการ จำนวน 2 คน เพื่อประเมินด้านกระบวนการทางธุรกิจ เกณฑ์การประเมินครอบคลุม 3 มิติหลัก ได้แก่ 1) ด้านการทำงานของระบบ 2) ด้านระบบสารสนเทศ และ 3) ด้านเทคนิค/ความสามารถของระบบ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงระบบให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ก่อนนำไปใช้งานจริงเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในขั้นตอนถัดไป

2. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ภายหลังจากปรับปรุงระบบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้นำระบบสารสนเทศไปให้กลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ บุคลากร นักศึกษา ศิษย์เก่า และผู้ประกอบการในจังหวัดยะลา จำนวน 385 คน ทดลองใช้งานจริงผ่านระบบออนไลน์ เพื่อประเมินความพึงพอใจใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหา และด้านการนำไปใช้งาน โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 ทั้งนี้ โครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเรียบร้อยแล้ว

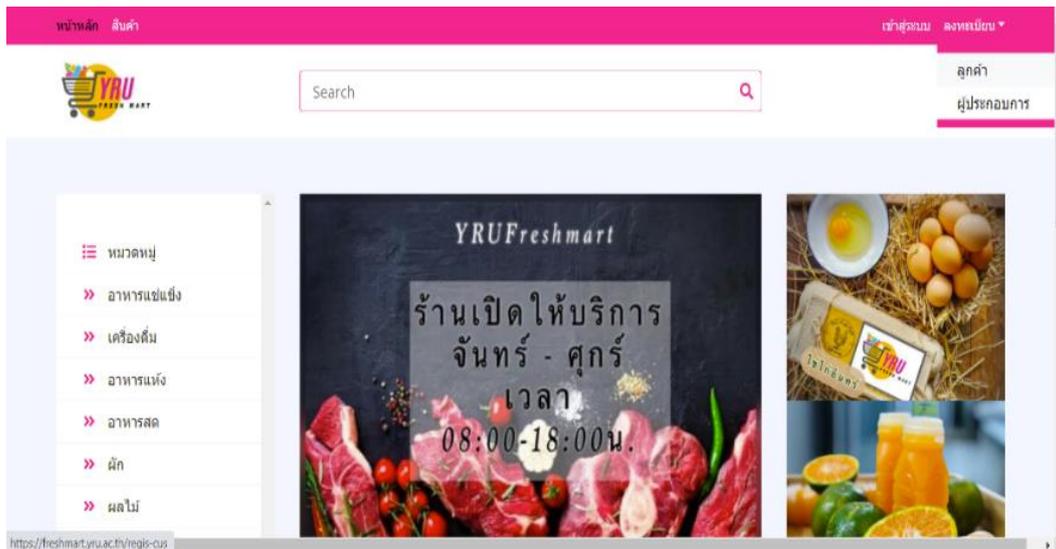
การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้สำหรับศึกษาความต้องการและปัญหาในการพัฒนาระบบ รวมถึงนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาประกอบการปรับปรุงระบบ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) เพื่อนำไปกำหนดแนวทางและคุณลักษณะของระบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้สำหรับประเมินประสิทธิภาพของระบบและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยข้อมูลจากแบบประเมินและแบบสอบถามถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้เกณฑ์การแปลผลของบุญชม ศรีสะอาด (2560) แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับมากที่สุด (4.51–5.00) ระดับมาก (3.51–4.50) ระดับปานกลาง (2.51–3.50) ระดับน้อย (1.51–2.50) และระดับน้อยที่สุด (1.00–1.50) เพื่อแปลความหมายของระดับความคิดเห็นตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 และ 3 ทั้งนี้ การประมวลผลข้อมูลดำเนินการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

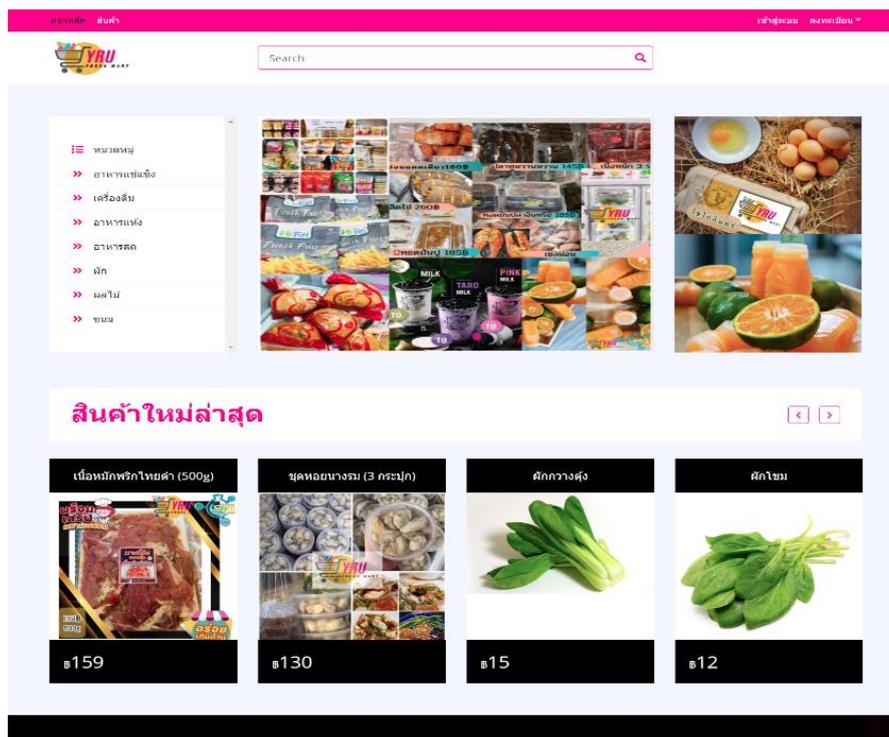
การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart มีผลการดำเนินงานออกเป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำหน้าที่เป็นช่องทางการขายออนไลน์เพิ่มเติมจากรูปแบบออฟไลน์เดิมของโครงการ YRU Fresh Mart ระบบสามารถเข้าถึงได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และรองรับการใช้งานของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ประกอบการภายใต้บทบาทที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 4



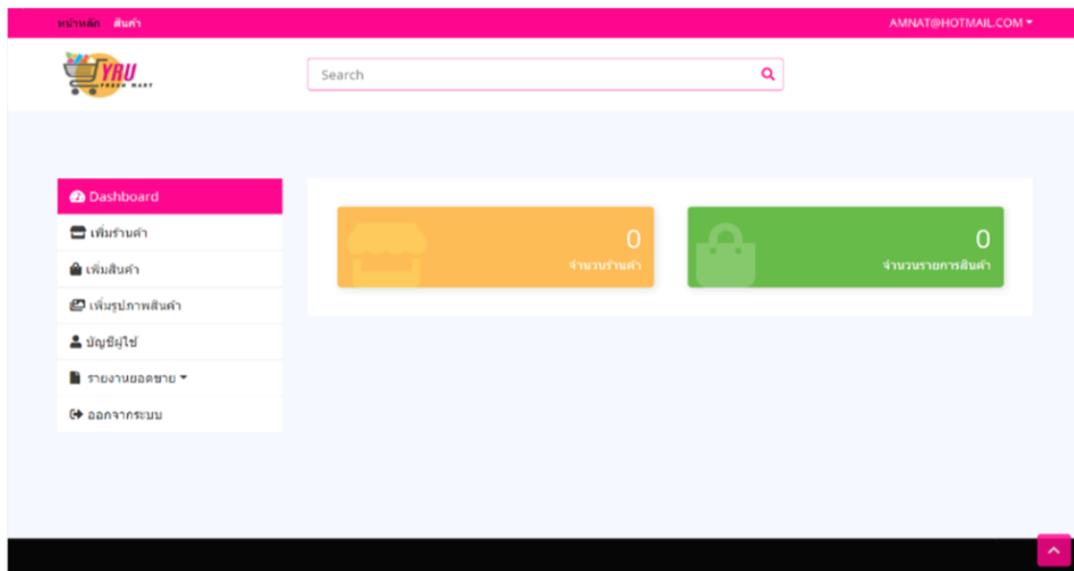
ภาพที่ 4 หน้าจอหลัก แสดงรายชื่อเว็บไซต์ เมนูนำทางไปยังส่วนต่างๆ ของเว็บไซต์

ระบบประกอบด้วยฟังก์ชันหลักสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ได้แก่ การแสดงข้อมูลสินค้า การเลือกซื้อสินค้า และการตรวจสอบรายละเอียดสินค้า เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลและเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อผ่านช่องทางออนไลน์ ขณะเดียวกันในส่วนของผู้ประกอบการ ระบบสนับสนุนการจัดการข้อมูลสินค้า การควบคุมสินค้าคงคลัง และการบันทึกข้อมูลการขาย ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดด้านพื้นที่จำหน่ายและเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินงาน ดังแสดงในภาพที่ 5

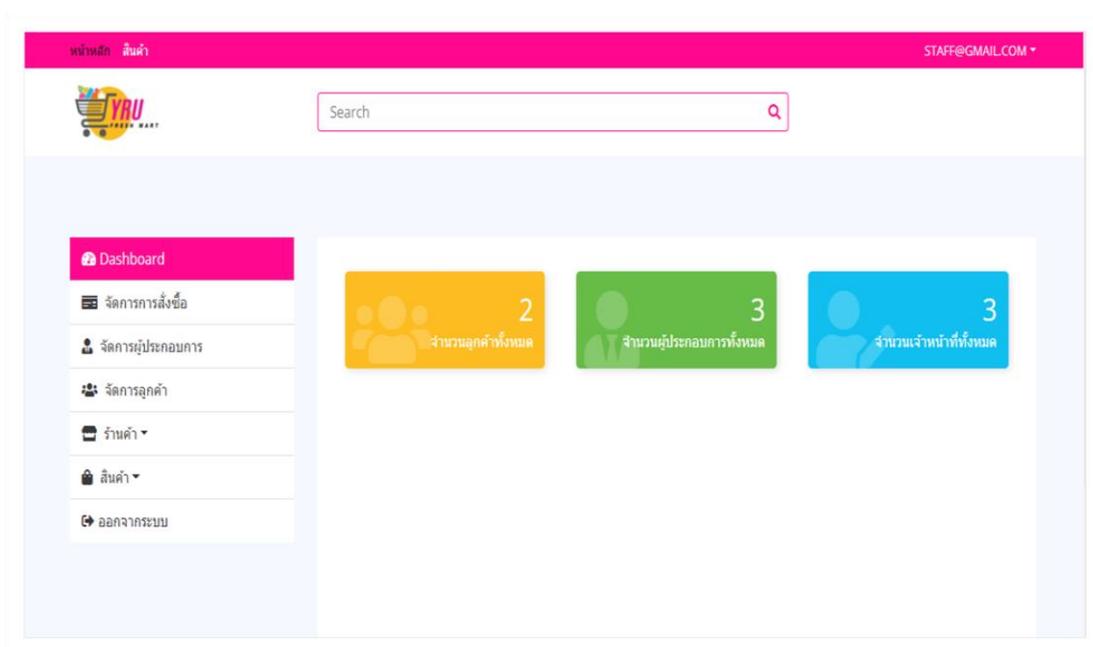


ภาพที่ 5 หน้าจอส่วนของลูกค้าเป็นการจัดการธุรกรรมการขาย

นอกจากนี้ ระบบยังมีฟังก์ชันการแสดงผลรายงานสรุปข้อมูลการขายในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น รายงาน ยอดขายและข้อมูลการเคลื่อนไหวของสินค้า เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถติดตามผลการดำเนินงานและนำ ข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจด้านการขายได้ ดังแสดงในภาพที่ 6-7



ภาพที่ 6 หน้าจอส่วนการจัดการของผู้ประกอบการ



ภาพที่ 7 หน้าจอส่วนเจ้าหน้าที่ดำเนินงานของธุรกิจ YRU Fresh Mart

ระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการดำเนินงานของผู้ประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการเป็นช่องทางการขายออนไลน์ การจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ และการ

แสดงผลข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ ผลการพัฒนาสะท้อนให้เห็นว่าระบบสามารถตอบโจทย์ปัญหาด้านการจำหน่าย การจัดการข้อมูล และการขาดเครื่องมือสนับสนุนการดำเนินงานได้อย่างเหมาะสม และเอื้อต่อการส่งเสริมโอกาสทางรายได้ของผู้ประกอบการในโครงการ YRU Fresh Mart

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการกรณีศึกษา: YRU Fresh Mart มีระดับประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52) เมื่อพิจารณาทางด้าน พบว่า ด้านระบบสารสนเทศ และด้านเทคนิค/ความสามารถของระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาด้านการทำงานของระบบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart

รายการประเมินประสิทธิภาพระบบ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
ด้านที่ 1 การทำงานของระบบ	4.48	0.49	มาก
1.1 ระบบสามารถจัดการข้อมูลสินค้าและสต็อกได้อย่างถูกต้อง	4.50	0.50	มาก
1.2 ระบบการจัดการธุรกรรมการขาย (POS) ทำงานได้แม่นยำ	4.47	0.48	มาก
1.3 ระบบตรวจสอบสิทธิ์ (Login) แบ่งแยกสิทธิ์ผู้ใช้ได้ชัดเจน	4.51	0.50	มากที่สุด
1.4 ระบบสามารถออกรายงานสรุปยอดขาย ได้อย่างถูกต้อง	4.44	0.48	มาก
ด้านที่ 2 ระบบสารสนเทศ	4.59	0.50	มากที่สุด
2.1 โครงสร้างฐานข้อมูลมีความเหมาะสมและรองรับการขายตัว	4.65	0.49	มากที่สุด
2.2 ระบบมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล	4.68	0.52	มากที่สุด
2.3 สารสนเทศที่ได้รับมีความโปร่งใส ถูกต้อง และเป็นปัจจุบัน	4.53	0.48	มากที่สุด
2.4 ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ	4.50	0.51	มาก
ด้านที่ 3 เทคนิค/ความสามารถของระบบ	4.53	0.55	มากที่สุด
3.1 ความรวดเร็วในการประมวลผล การค้นหาข้อมูล	4.60	0.52	มากที่สุด
3.2 ความเหมาะสมของการออกแบบหน้าจอ (UI) และลำดับขั้นตอนใช้งาน (UX)	4.48	0.56	มาก
3.4 ระบบมีการแจ้งเตือน เมื่อทำการสำเร็จหรือผิดพลาด	4.50	0.58	มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.54	0.52	มากที่สุด

ผลการประเมินรายข้อย่อย พบว่า ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ระบบตรวจสอบสิทธิ์ (Login) แบ่งแยกสิทธิ์ผู้ใช้ได้ชัดเจน (ด้านการทำงานของระบบ) ระบบมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล (ด้านระบบสารสนเทศ) และความเร็วในการประมวลผล การค้นหาข้อมูล (ด้านเทคนิค/ความสามารถของระบบ)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ บุคลากร นักศึกษา ศิษย์เก่า และผู้ประกอบการในจังหวัดยะลา พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศสำหรับการขายโดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหา และด้านการนำไปใช้งาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากทุกด้าน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart

รายการประเมินความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	การแปลผล
ด้านที่ 1 ด้านการออกแบบ	4.29	0.74	มาก
1.1 รูปแบบตัวอักษร สี สัน และกราฟิกมีความสวยงาม ทันสมัย	4.31	0.72	มาก
1.2 การจัดวางองค์ประกอบและเมนูบนหน้าจอเป็นระเบียบ เข้าใจง่าย	4.52	0.55	มากที่สุด
1.3 การแสดงผลบนอุปกรณ์ต่าง ๆ (Responsive) มีความถูกต้อง	4.15	0.85	มาก
1.4 ขนาดของภาพและไอคอนมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	4.25	0.78	มาก
1.5 รูปแบบหน้าเว็บมีความสม่ำเสมอและเป็นเอกลักษณ์	4.22	0.80	มาก
ด้านที่ 2 ด้านเนื้อหาและข้อมูล	4.29	0.74	มาก
2.1 รายละเอียดสินค้ามีความถูกต้อง และมีภาพประกอบชัดเจน	4.32	0.71	มาก
2.2 ระบบมีการจัดหมวดหมู่สินค้าที่เหมาะสม ค้นหาได้ง่าย	4.30	0.74	มาก
2.3 ข้อมูลประวัติการสั่งซื้อและรายงานยอดขายมีความโปร่งใส แม่นยำ	4.55	0.52	มากที่สุด
2.4 ความเป็นปัจจุบันของข้อมูลสต็อกสินค้าและการแจ้งสถานะ	3.99	0.99	มาก
ด้านที่ 3 ด้านการนำไปใช้งาน	4.37	0.66	มาก
3.1 ขั้นตอนการเลือกสินค้าและสั่งซื้อออนไลน์มีความสะดวกรวดเร็ว	4.58	0.50	มากที่สุด
3.2 ระบบเป็นช่องทางใหม่ที่ช่วยลดข้อจำกัดเรื่องพื้นที่หน้าร้านเดิม	4.33	0.70	มาก
3.3 ระบบช่วยส่งเสริมการสร้างรายได้และยกระดับธุรกิจให้ทันสมัย	4.51	0.58	มากที่สุด
3.4 ระบบนำทาง ช่วยให้เข้าถึงฟังก์ชันที่ต้องการได้ทันที	4.25	0.75	มาก
3.5 ความเสถียรของระบบในการรับ-ส่งข้อมูลและการทำธุรกรรม	4.18	0.77	มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.31	0.72	มาก

ผลการประเมินรายข้อย่อย พบว่า ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การจัดวางองค์ประกอบและเมนูบนหน้าจอเป็นระเบียบ เข้าใจง่าย (ด้านการออกแบบ) ข้อมูลประวัติการสั่งซื้อและรายงานยอดขายมีความโปร่งใส แม่นยำ (ด้านเนื้อหาและข้อมูล) และขั้นตอนการเลือกสินค้าและสั่งซื้อออนไลน์มีความสะดวกรวดเร็ว (ด้านการนำไปใช้งาน) จากรูปแบบการใช้งานที่เข้าใจง่าย ข้อมูลมีความชัดเจน และมีความสะดวกรวดเร็วในการให้บริการ ดังนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการขายของผู้ประกอบการในโครงการ YRU Fresh Mart ได้

การอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาาระบบสารสนเทศสำหรับการขายเพื่อส่งเสริมรายได้ผู้ประกอบการ: กรณีศึกษา YRU Fresh Mart ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบสารสนเทศสำหรับการขายที่พัฒนาขึ้นสามารถสนับสนุนการดำเนินงานด้านการขายและการจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการจัดการข้อมูลสินค้า การบันทึกข้อมูลการขาย และการแสดงรายงานสรุปผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ประกอบการ นอกจากนี้ ระบบยังช่วยลดขั้นตอนการทำงาน ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และส่งเสริมการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ ณีฐฐันติดา คำอ่อง และคณะ (2567) ที่ระบุว่าระบบสารสนเทศด้านการขายช่วยเพิ่มความสะดวกและความถูกต้องในการดำเนินงาน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ณีฐภัทร สุวรรณศิลป์ และคณะ (2566) ที่พบว่าระบบที่มีโครงสร้างชัดเจนและออกแบบให้สอดคล้องกับการใช้งานจริงสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและส่งเสริมการยอมรับของผู้ใช้งาน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบ YRU Fresh Mart สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงของผู้ประกอบการได้อย่างเหมาะสม

ผลการประสิทธิผลของระบบ ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานของ วราพร กริเทพ (2564) ที่ระบุว่าการพัฒนาาระบบตามแนวคิดวงจรการพัฒนา (SDLC) ช่วยให้ระบบมีความเสถียร โครงสร้างชัดเจน และลดความผิดพลาดในการทำงาน ทั้งนี้ การนำแนวคิด SDLC มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ส่งผลให้ระบบสามารถพัฒนาได้อย่างเป็นขั้นตอน และรองรับการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่ในระดับมากนั้น สามารถอธิบายได้จากการที่ระบบได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง มีโครงสร้างการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน และสามารถตอบสนองต่อความต้องการในการจัดการข้อมูลได้อย่างครบถ้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ กันย์ลภัส ลีมสายธาร และ ศิริพงษ์ ศิริสวัสดิ์ (2568) ที่พบว่าระบบสารสนเทศที่ใช้งานง่ายและสอดคล้องกับบริบทของผู้ใช้จะส่งผลให้เกิดการยอมรับและความพึงพอใจในระดับสูง นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวคิดของ เบญจริสา ต้นเจริญ (2567) ที่ชี้ให้เห็นว่าการนำระบบดิจิทัลมาใช้เป็นช่องทางการขายสามารถช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาด เพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ และเพิ่มความโปร่งใสของข้อมูล ซึ่งระบบ YRU Fresh Mart สามารถทำหน้าที่เป็นช่องทางการขายออนไลน์เสริมจากช่องทางเดิม ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ซึ่งเอื้อต่อการสนับสนุนการสร้างรายได้ของผู้ประกอบการ

โดยสรุป ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บที่ออกแบบตามบริบทการใช้งานจริง และพัฒนาภายใต้กรอบแนวคิดที่เหมาะสม สามารถช่วยยกระดับกระบวนการดำเนินงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล และสนับสนุนการสร้างรายได้ของผู้ประกอบการ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของโครงการ YRU Fresh Mart และแนวโน้มการพัฒนาระบบสารสนเทศในยุคดิจิทัล

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการขายบนแพลตฟอร์มเว็บ และศึกษาประสิทธิภาพรวมถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาตามแนวคิด SDLC ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถสนับสนุนการจัดการข้อมูลการขาย เพิ่มความสะดวกในการดำเนินงาน และช่วยเพิ่มช่องทางการจำหน่ายได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับบริบทของโครงการ YRU Fresh Mart

ทั้งนี้ควรมีการศึกษาต่อยอดในอนาคตโดยเก็บข้อมูลการใช้งานจริงในระยะยาว และพัฒนาฟังก์ชันเพิ่มเติม เช่น ระบบชำระเงินหรือการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบในการสนับสนุนการดำเนินงานและการตัดสินใจของผู้ประกอบการอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กันยัลภัส ลีมสายธาร และ ศิริพงษ์ ศิริสวัสดิ์. (2568). การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการ: กรณีศึกษาร้านฟาร์มเกษตรเพื่อนรัก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 5(1), 5-18. <https://doi.org/10.57260/stc.2025.1031>
- เกียรติพงษ์ อุดมชนะธีระ. (2562). *วงจรรการพัฒนาาระบบ*. <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-03-15-11-06-29>
- ณัฐณิศา คำอ่อง, บุญทา จิงตา และ พิมพ์ชนก สุวรรณศรี. (2567). ระบบขายสินค้าเกษตรกรออนไลน์ ร้านณัฐณิศาดาฟาร์ม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 2(3), 37-52. <https://doi.org/10.57260/stc.2024.767>
- ณัฐภัทร สุวรรณศิลป์, ปิยะดา กันตรัตนากุล และ กฤติกา สังขวดี. (2566). การพัฒนาระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านกลับตานีสายพิชฌุโลก. *วารสารร่มยุงทอง*, 1(2), 36-39. <https://so08.tci-thaijo.org/index.php/romyoongthong/article/view/1993>
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- เบญจริสา ต้นเจริญ. (2567). การพัฒนาช่องทางการตลาดดิจิทัลของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแม่บ้านเกษตรกรสวนแก้วแสน ตำบลบางปลา อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารบริหารธุรกิจศรีนครินทรวิโรฒ*, 15(1), 1-18. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/MBASBJ/article/view/15918>
- พันธ์ศักดิ์ พึ่งงาม. (2566). การพัฒนาระบบการขายสินค้าหน้าร้าน กรณีศึกษา บริษัท พอเพียง อินดัสทรี จำกัด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 11(2), 101-119. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru/article/view/253327>
- พรณิ ลีกิจวัฒน์. (2558). *วิธีการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพมหานคร: มีนเซอร์วิซซ์พหลาย

- เพชรรา บุคส์ทา. (2564). การพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายโดยใช้การตลาดดิจิทัลเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน ตำบลท่าขุนราม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 8(2), 48-59. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/mmr/article/view/255272>
- ภูมิภัทร อิ่มสำราญ. (2566). คู่มือเริ่มต้นสู่การเป็น UX/UI Designer รวมทุกแง่มุมของสายอาชีพ และทักษะที่สำคัญ. <https://blog.skooldio.com/ux-ui-designer-ultimate-guide>
- วรภาพ กรีเทพ. (2564). การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านอิเล็กทรอนิกส์เซอร์วิส. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 5(2), 1-19. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scibru/article/view/244694>
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). *วิธีวิทยาการวิจัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- สมศักดิ์ บุตรสาคร, ตติยา องค์กรศิริพร, กิตติพงษ์ โสภณธรรมภาณ, ภูริวัตร คัมภีร์ภาพพัฒน, อธิพันธ์ วรรณสุริยะ และ ศรีสวัสดิ์ เทียงธรรม. (2565). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการตลาดดิจิทัลผลิตภัณฑ์ของวิสาหกิจชุมชนวัยหวาน อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น*, 19(2), 118-130. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/umt-poly/article/view/260057>
- Aleryani, A. Y. (2024). Analyzing Data Flow: A Comparison between Data Flow Diagrams (DFD) and User Case Diagrams (UCD) in Information Systems Development. *European Modern Studies Journal*, 8(1), 313-320. [https://doi.org/10.59573/emsj.8\(1\).2024.28](https://doi.org/10.59573/emsj.8(1).2024.28)
- Kumah, A., Nwogu, C. N., Issah, A. R., Obot, E., Kanamitie, D. T., Sifa, J. S., & Aidoo, L. A. (2024). Cause-and-effect (fishbone) diagram: a tool for generating and organizing quality improvement ideas. *Global journal on quality and safety in healthcare*, 7(2), 85-87. <https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42>
- Vakaliuk, T. A., Korotun, O. V., & Semerikov, S. O. (2021). The selection of cloud services for ER-diagrams construction in IT specialists databases teaching. *CTE Workshop Proceedings*, 8, 384-397. <https://doi.org/10.55056/cte.295>

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันการติดต่อสัมภาษณ์งานด้วยแพลตฟอร์มเฟรมเวิร์ก : กรณีศึกษาบริษัทไทยเส็ง

Design and Development of a Job Interview Communication Application Using Flutter Framework: A Case Study of Thai Seng Company

ชาวลิต จันภิรมย์*, ชินสิทธิ์ ชุกลินหอม, นวพล มงคล และ ศักดิ์ศิวิลา บุญประจักษ์

Chaovarit Janpirom*, Chinasit Chuklinhom, Navapol Mongkol and Saksiva Boonprajak

คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์กรุงเทพ

Faculty of Digital Technology and Innovation, Southeast Bangkok University

E-mail : chaovarit@sbu.southeast.ac.th*, 6611413200007@sbu.southeast.ac.th,

6611413200003@sbu.southeast.ac.th and 6611413200011 @sbu.southeast.ac.th

*Corresponding author

(Received: 8 March 2025, Revised: 27 October 2025, Accepted: 4 November 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1114>

บทคัดย่อ

ในยุคดิจิทัลที่การจัดการทรัพยากรมนุษย์มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จขององค์กร การพัฒนาระบบรับสมัครงานและการจัดการสัมภาษณ์ออนไลน์เป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับฝ่ายบุคคล งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพและศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้งาน ของระบบรับสมัครงาน และการนัดสัมภาษณ์งานออนไลน์ นอกจากนี้ ได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของประชากรกลุ่มตัวอย่าง ตัวอย่าง 30 คน แบ่งเป็นผู้ใช้งาน 15 คน และเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคล 15 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อระบบ ผลการเก็บข้อมูลพบว่า 84.46% ของผู้สมัครงาน มีความพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้งานของระบบ ขณะที่ 88.40% ของเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคล เห็นว่าระบบช่วยลดภาระงานด้านเอกสารและทำให้การคัดเลือกผู้สมัครมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าระบบรับสมัครงานและการสัมภาษณ์งานที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของทั้งผู้สมัครและฝ่ายบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มโอกาสในการจ้างงานและลดต้นทุนการดำเนินงานขององค์กร

คำสำคัญ: ออกแบบและพัฒนา แอปพลิเคชัน สัมภาษณ์งาน แพลตฟอร์มเฟรมเวิร์ก

Abstract

In the digital age, where HR management is essential to an organization's success, using an online system for managing interviews and recruitment is one way to increase HR's effectiveness. Flutter and MySQL are the primary technologies used in this study to create and assess the effectiveness of an online hiring and interview scheduling system. To determine how satisfied a sample population of 30 persons was with the system, a survey was also administered to 15 users and 15 HR officers. The data collection results showed that 84.46% of job applicants were satisfied with the ease of use of the system, while 88.40% of HR officers agreed that the system helped reduce the burden of paperwork and made the selection of applicants more efficient. From the research results, it can be concluded that the developed recruitment and interview system can effectively meet the needs of both applicants and HR, as well as increase employment opportunities and reduce the organization's operating costs.

Keywords: Design and development, Application, Job interview, Flutter framework

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญในทุกภาคส่วนขององค์กร โดยเฉพาะในด้านการจัดการทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถดึงดูด คัดเลือก และว่าจ้างบุคลากรที่เหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม กระบวนการรับสมัครงานและการสัมภาษณ์งานในหลายองค์กรยังคงใช้วิธีการแบบดั้งเดิมที่ต้องพึ่งพาเอกสารและการติดต่อประสานงานผ่านช่องทางออฟไลน์ ซึ่งส่งผลให้เกิดความล่าช้าและความซับซ้อนในกระบวนการดำเนินงาน บริษัทและหน่วยงานต่าง ๆ อัตราผู้สมัครที่ไม่มาสัมภาษณ์เฉลี่ย 20-25% ต่อเดือนจากการสำรวจจากสมาคมจัดหางานบุคคลแห่งประเทศไทย พบว่า 68% ขององค์กรไทยใช้ระบบสัมภาษณ์ออนไลน์ จึงมีความต้องการระบบที่สามารถช่วยลดความซับซ้อนในกระบวนการสมัครงานและสัมภาษณ์งาน เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลผู้สมัครได้อย่างเป็นระบบ ติดตามสถานะการสมัครงานแบบเรียลไทม์ และช่วยให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคลสามารถบริหารจัดการตารางสัมภาษณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายในการพัฒนาระบบรับสมัครงานและการนัดสัมภาษณ์ออนไลน์ โดยใช้ Flutter และ MySQL เป็นเทคโนโลยีหลัก เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ทั้งผู้ใช้งาน นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคคล 15 คน และ ผู้ใช้งาน 15 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อระบบ ผลการสำรวจพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยลดภาระงานของฝ่ายบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลาในการนัดหมายสัมภาษณ์ และเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้สมัครงาน ดังนั้น การพัฒนาระบบสมัครงานและการนัดสัมภาษณ์งานออนไลน์ในครั้งนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรมนุษย์ แต่ยังสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานขององค์กร เสริมสร้างประสบการณ์ที่ดีให้กับผู้สมัคร และช่วยให้การจ้างงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการติดต่อและสัมภาษณ์งานโดยใช้ Flutter Framework
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันการติดต่อและสัมภาษณ์งานโดยใช้ Flutter Framework
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันการติดต่อและสัมภาษณ์งานโดยใช้ Flutter Framework

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม

ประชากรที่ศึกษา กลุ่มที่ 1 ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ด้านการออกแบบ ด้านการเขียนโปรแกรม จำนวน 3 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงจากความเชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันการติดต่อสัมภาษณ์งานด้วยแพลตฟอร์มเฟรมเวิร์ก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ดิจิทัลตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการนัดหมายและการทำงานของระบบ

ประชากรที่ศึกษา กลุ่มที่ 2 ได้แก่ พนักงานและผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน แผนกบุคคล บริษัทไทยเส็ง จำนวน 15 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงจากผู้เชี่ยวชาญงานฝ่ายบุคคลและที่เกี่ยวข้องกับระบบแอปพลิเคชันการติดต่อสัมภาษณ์ จำนวน 15 คน แบ่งออกเป็น 4 สาขา โดย สำนักงานใหญ่ 5 คน สาขา ศรีราชา 3 คน สาขา เชียงใหม่ 4 คน สาขาภูเก็ต 3 คน

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันมีวิธีดังนี้

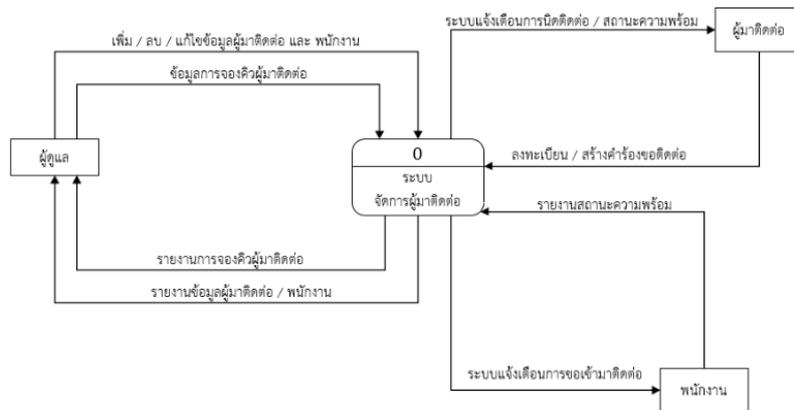
แอปพลิเคชันนี้พัฒนาตามขั้นตอนของการพัฒนาระบบ SDLC (System development life cycle) (Mindphp, 2022) ดังนี้

1. ปัจจุบันกระบวนการสมัครงานและการสัมภาษณ์งานในบริษัท ไทยเส็ง ยังคงใช้วิธีการแบบดั้งเดิม เช่น การรับใบสมัครในรูปแบบเอกสาร การสื่อสารผ่านอีเมลหรือโทรศัพท์ และการจัดการข้อมูลด้วยระบบเอกสารภายใน ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาหลัก ความล่าช้าในการติดตามผู้สมัคร การจัดการข้อมูลผู้สมัครที่เป็นกระดาษทำให้การติดตามสถานะผู้สมัครงานใช้เวลานาน และเกิดข้อผิดพลาดบ่อยครั้ง การจัดการข้อมูลที่ไม่มีประสิทธิภาพ ข้อมูลผู้สมัครและสถานะการสมัครงานไม่ได้จัดเก็บอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ข้อมูลสูญหายหรือไม่สามารถเรียกใช้ได้ที่ การนัดหมายสัมภาษณ์ที่ยุ่งยาก: ฝ่ายบุคคลต้องจัดการตารางสัมภาษณ์ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความซับซ้อนในการประสานงาน และเกิดความล่าช้าในการแจ้งเตือนผู้สมัคร ประสบการณ์

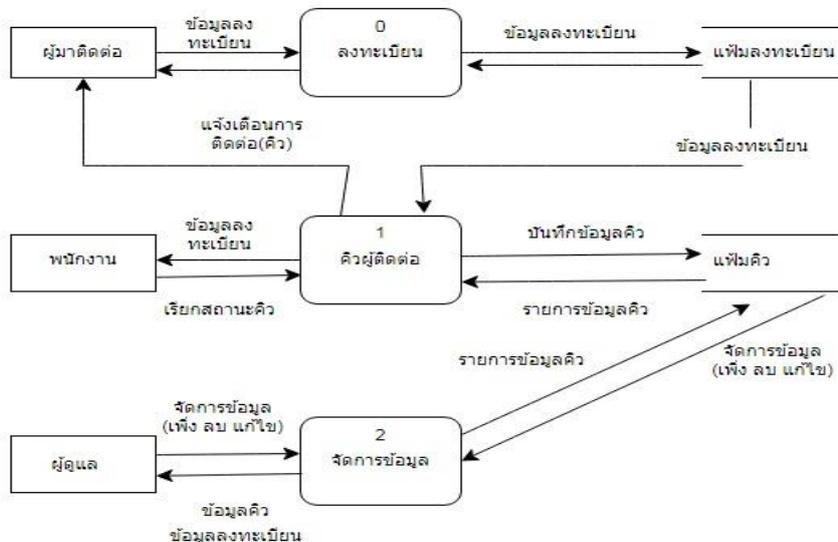
ผู้สมัครที่ไม่ดี ผู้สมัครไม่ได้รับข้อมูลสถานะการสมัครหรือการสัมภาษณ์อย่างทันท่วงที ส่งผลให้เกิดความไม่พึงพอใจและลดโอกาสในการดึงดูดผู้สมัครที่มีคุณภาพ

2. การวิเคราะห์ความต้องการ ความต้องการของระบบ ผู้สมัครสามารถกรอกข้อมูล ส่ง ประวัติ และติดตามสถานะการสมัครได้ผ่านแอปพลิเคชันมือถือ ฝ่ายบุคคลสามารถจัดการข้อมูลผู้สมัคร จัดตารางนัดหมายสัมภาษณ์ และติดตามผลการสมัครได้ในระบบเว็บแอปพลิเคชัน

3. การออกแบบระบบ วิจัยได้นำความต้องการที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนก่อนหน้ามาใช้ในการออกแบบระบบ เพื่อให้การพัฒนาาระบบสมัครงานและติดต่อสัมภาษณ์งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีการออกแบบในส่วนต่าง ๆ



ภาพที่ 1 Context Diagram ระบบการพัฒนาาระบบติดต่อสมัครงานและติดต่อสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบกับผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)



ภาพที่ 2 Data Flow Diagram ระบบการพัฒนาาระบบติดต่อสมัครงานและติดต่อสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคล แสดงการจัดเก็บข้อมูลของระบบ (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)

การออกแบบฐานข้อมูลด้วยเอนทิตี ผู้ดูแลสามารถจัดการข้อมูลของผู้มาติดต่อและพนักงาน ผู้มาติดต่อสามารถลงทะเบียนหรือสร้างคำร้องขอติดต่อ พนักงานสามารถตรวจสอบสถานะการนัดหมายได้

4. การพัฒนาระบบ ติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานใช้ Low code platform: Outsystems ในรูปแบบ Reactive application ที่รองรับ Responsive web design และ PWA (Progressive web app) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน ระบบช่วยจัดการข้อมูลผู้สมัคร แจ้งเตือนสถานะอัตโนมัติ และจัดตารางสัมภาษณ์แบบเรียลไทม์ ลดระยะเวลาและขั้นตอนการทำงานของฝ่ายบุคคล

5. ทำการทดสอบระบบ ติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น การจัดการนัดหมาย การแจ้งเตือน และการแสดงผลสถานะ พบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน และดำเนินการแก้ไขจนระบบมีความสมบูรณ์ จากนั้นนำระบบเข้าสู่การทดลองใช้งานจริง

6. มีการติดตามผล การใช้งานระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ หากพบปัญหาหรือมีความต้องการเปลี่ยนแปลง จะดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แอปพลิเคชันติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานได้รับการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีดิจิทัลจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันการนัดหมายและการทำงานของระบบ ทั้งนี้ได้รับคำแนะนำและปรับปรุงจนระบบมีความสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

2. แบบประเมินระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคล ใช้แนวคิดของลิเคิร์ต (Likert scale) (Likert, 1967) โดยกำหนดเกณฑ์ 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เพื่อประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพของระบบ ทั้งนี้สามารถแปรผลจากคะแนนที่ได้ดังนี้

5.00 - 4.50 หมายถึง มากที่สุด

4.49 - 3.50 หมายถึง มาก

3.49 - 2.50 หมายถึง ปานกลาง

2.49 - 1.50 หมายถึง น้อย

1.49 - 1.00 หมายถึง น้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลการประเมินมีวิธีดังนี้ สำหรับระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน ได้ดำเนินการทดลองใช้งานจริงกับเจ้าหน้าที่พนักงานจำนวน 15 คน และผู้ใช้งานจำนวน 15 คน โดยให้ทดลองใช้ระบบและตอบแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อนำผลมาปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการประเมินแอปพลิเคชันการพัฒนาระบบติดต่อสมัครงานและติดต่อสัมภาษณ์งาน ฝายบุคคล โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน เพื่อสรุประดับความพึงพอใจของพนักงานและผู้ใช้งานและประสิทธิภาพของระบบ และนำผลที่ได้ไปพัฒนาปรับปรุงระบบให้ตอบสนองต่อความต้องการได้ดียิ่งขึ้น

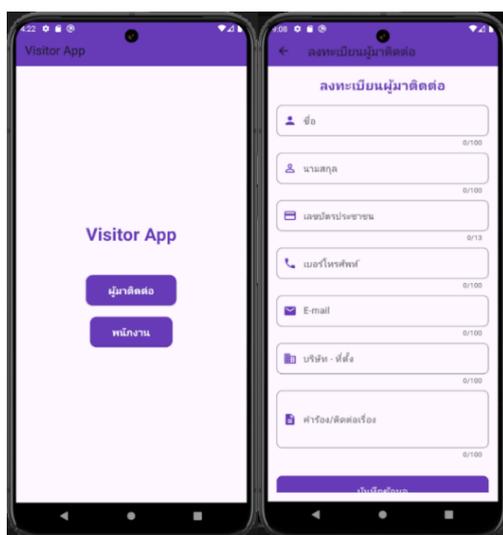
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ และ ผลการประเมินระบบ

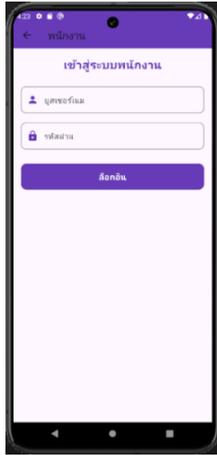
1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันการพัฒนาระบบติดต่อสมัครงานและติดต่อสัมภาษณ์งานฝายบุคคล

1.1 ในส่วนของผู้ใช้บริการ

แอปพลิเคชันในส่วนของผู้สมัครงานสามารถใช้งานออนไลน์ผ่านสมาร์ทโฟน โดยผู้ใช้งานสามารถลงทะเบียนผ่านเมนูผู้มาติดต่อเพื่อกรอกข้อมูลสมัครงาน การอัปโหลดเอกสาร และการติดตามสถานะการสมัครงาน



ภาพที่ 3 หน้าจอการลงทะเบียนขอเข้ารับบริการติดต่อ (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)



ภาพที่ 4 หน้าจอการล็อกอินเข้าสู่ระบบพนักงาน (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)

เจ้าหน้าที่สามารถเข้ามาดูข้อมูลของผู้มาติดต่อได้ที่หน้าที่สามารถ กดยืนยันข้อมูล หรือ แก้ไข และ ลบข้อมูลได้



ภาพที่ 5 หน้าจอการล็อกอินเข้าสู่ระบบพนักงาน (ที่มา : คณะวิจัย, ทิพนเตร)

หน้ารวมเมนูจัดการต่างๆของระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน



ภาพที่ 6 หน้าจอการเมนู (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)

รายงานต่างๆสามารถเลือกวันที่และเวลาได้



ภาพที่ 7 หน้าจอรายงาน (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)

รายงานต่างๆจะแสดงชื่อผู้เข้ามาติดต่อที่เข้ามาติดต่อช่วงเวลาใดบ้าง



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงผลของรายงาน (ที่มา : คณะวิจัย, 2567)

2. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานโดยเก็บข้อมูลจาก
เจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานและพนักงาน รวมจำนวน 15 คน มีผลประเมินดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคล
(ผู้ใช้งาน)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.50	0.07	พึงพอใจมากที่สุด
ความชัดเจนของอินเทอร์เฟซ (UI/UX)	4.14	0.10	พึงพอใจมาก
ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.38	0.08	พึงพอใจมาก
ความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน	4.38	0.08	พึงพอใจมาก
ความถูกต้องของข้อมูลในระบบ	4.56	0.06	พึงพอใจมากที่สุด
ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนอัตโนมัติ	4.25	0.09	พึงพอใจมาก
ประสบการณ์การใช้งานโดยรวม	4.31	0.07	พึงพอใจมาก
การสนับสนุนการทำงานของฝ่ายบุคคล	4.25	0.09	พึงพอใจมาก
ความเหมาะสมของระบบกับการใช้งานบนอุปกรณ์ต่างๆ	4.31	0.07	พึงพอใจมาก
ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ	4.25	0.09	พึงพอใจมาก
ภาพรวม	4.22	0.08	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน (ผู้ใช้งาน) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในด้านความถูกต้องของข้อมูลในระบบ รองลงมาคือความสะดวกในด้านการใช้งาน และในด้านอื่นๆตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี และมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานฝ่ายบุคคล
(พนักงาน)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	4.53	0.045	พึงพอใจมากที่สุด
ความชัดเจนของอินเทอร์เฟซ (UI/UX)	4.40	0.05	พึงพอใจมาก
ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.47	0.04	พึงพอใจมาก
ความครบถ้วนของฟังก์ชันการทำงาน	4.33	0.06	พึงพอใจมาก
ความถูกต้องของข้อมูลในระบบ	4.40	0.05	พึงพอใจมาก
ประสิทธิภาพของการแจ้งเตือนอัตโนมัติ	4.33	0.06	พึงพอใจมาก
ประสบการณ์การใช้งานโดยรวม	4.40	0.05	พึงพอใจมาก
การสนับสนุนการทำงานของฝ่ายบุคคล	4.47	0.04	พึงพอใจมาก
ความเหมาะสมของระบบกับการใช้งานบนอุปกรณ์ต่างๆ	4.40	0.05	พึงพอใจมาก
ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ	4.47	0.04	พึงพอใจมาก
ภาพรวม	4.42	0.05	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งาน (พนักงาน) พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสะดวกในการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ย 4.53 รองลงมาคือ ความรวดเร็วในการทำงานของระบบค่าเฉลี่ย 4.47, การสนับสนุนการทำงานของฝ่ายบุคคล ค่าเฉลี่ย 4.47, ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ ค่าเฉลี่ย 4.47 และด้านอื่น ๆ ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าระบบนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี และมีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้สามารถช่วยในการพัฒนาระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การนำแนวคิดด้านการบริหารจัดการคิว ระบบสารสนเทศ และเทคโนโลยีดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ ทำให้กระบวนการสรรหาและคัดเลือกบุคลากรเป็นไปอย่างเป็นระบบและลดความยุ่งยาก สำหรับการ บริหารจัดการคิวสำหรับการสัมภาษณ์งาน ระบบคิวของโรงพยาบาลที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน (เบญจพร สันรักษาเวช และ อนุชิต วุฒิ, 2562) เป็นตัวอย่างในการลดระยะเวลาการรอคอยสามารถนำมาใช้กับระบบสัมภาษณ์งาน เพื่อให้ผู้สมัครได้รับการจัดลำดับที่เหมาะสม ลดความล่าช้า และทำให้ฝ่ายบุคคลสามารถจัดการตารางสัมภาษณ์ได้ง่ายขึ้น ในขณะเดียวกัน แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ช่วยลดเวลารอคอยได้ถึง 95.30% (สุภารัตน์ จันทิมา และ เกษฎา โพธิ์จันทร์, 2566) ก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการสัมภาษณ์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น การจองคิวสัมภาษณ์งานออนไลน์ ระบบจองคิวถ่ายภาพผ่านไลน์บอท (สกล ดำมินเศก และ รติวัฒน์ ปารีศรี, 2565) เป็นตัวอย่างของการใช้ AI Chatbot ในการจัดการคิว ซึ่งสามารถนำแนวคิดนี้มาปรับใช้ในระบบสัมภาษณ์งานเพื่อให้ผู้สมัครสามารถเลือกเวลานัดหมายได้สะดวกขึ้น ลดความซับซ้อนของกระบวนการนัดหมาย และช่วยให้ฝ่ายบุคคลสามารถจัดการตารางสัมภาษณ์ได้ง่ายขึ้น แอปพลิเคชันจองคิวร้านสัก (สุพัฒตรา บุญเต็ม และคณะ, 2564) ให้ผู้ใช้สามารถเลือกเวลานัดหมายเองผ่านระบบสามารถช่วยให้กระบวนการดำเนินไปอย่างเป็นระบบและรวดเร็วขึ้น การจัดเก็บและบริหารข้อมูลผู้สมัครงาน โปรแกรมสารสนเทศเพื่อการจัดการทะเบียนทรัพย์สิน (ปรีชา พินขุนศรี และคณะ, 2562) ได้นำเสนอแนวทางที่เป็นระบบสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่สามารถเรียกใช้งานได้อย่างรวดเร็ว สามารถปรับใช้กับการจัดเก็บข้อมูลผู้สมัคร เช่น การเก็บประวัติการสมัครงาน ประวัติการสัมภาษณ์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในรูปแบบที่ฝ่ายบุคคลสามารถเข้าถึงได้ง่ายและเป็นระเบียบมากขึ้น การสืบค้นข้อมูล (ทิพเนตร ปาसान่า และ ณิชพัชร์ วงศ์ณรัตน์, 2566) ก็สามารถนำมาใช้ในการช่วยตรวจสอบและคัดกรองข้อมูลผู้สมัคร เพื่อให้ฝ่ายบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ แม่นยำ และช่วยให้สามารถคัดเลือกบุคคลที่เหมาะสมกับตำแหน่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแจ้งเตือนและติดตามสถานะผู้สมัคร แอปพลิเคชันเพื่อการรับรู้ความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (ประยุทธ ตั้งสงบ และคณะ, 2565) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับระบบแจ้งเตือนให้สามารถติดตามพฤติกรรมของตนเองได้สามารถนำมาปรับใช้ในระบบสมัครงานเพื่อแจ้งเตือนผู้สมัครเกี่ยวกับสถานะของการสมัครและกำหนดการสัมภาษณ์ เช่น การแจ้งเตือนเมื่อถึงกำหนดสัมภาษณ์ หรือการแจ้งสถานะการคัดเลือกให้ผู้สมัครรับทราบ ในขณะที่ระบบสารสนเทศสำหรับแมวที่ใช้ QR Code (ตรีรัตน์ ตระกูลอุดมพร และคณะ, 2567)

เป็นตัวอย่างของการนำเทคโนโลยี QR Code มาใช้เพื่อเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสมัครงาน เช่น การให้ผู้สมัครสามารถสร้าง QR Code ส่วนตัวที่ฝ่ายบุคคลสามารถสแกนเพื่อเข้าถึงข้อมูลเรซูเม่ ประวัติการสัมภาษณ์ และข้อมูลอื่น ๆ ได้สะดวกยิ่งขึ้น การปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ใช้และฝ่ายบุคคลในการพัฒนาระบบสมัครงาน ระบบนัดหมายคลินิกทันตกรรมที่ใช้ Low-Code (พรพรพฤษา จันทะแจ่ม และ วินารัตน์ แสงกิจ, 2566) แสดงเห็นว่าการใช้ Low-Code สามารถช่วยให้ฝ่ายบุคคลสามารถปรับแต่งระบบสมัครงานให้เข้ากับความต้องการขององค์กรได้ทำให้ระบบสามารถอัปเดตได้อย่างรวดเร็วและมีความยืดหยุ่น ระบบบริหารจัดการรถเช่าที่ใช้ SDLC และ MVC (สุทธิพันธ์ บุญกาวิณ และคณะ, 2566) การออกแบบระบบที่สามารถขยายขีดความสามารถในอนาคตได้ ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้กับระบบสมัครงานเพื่อรองรับการพัฒนาในระยะยาว และผลการศึกษา พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจ เพราะระบบต่างๆ ช่วยอำนวยความสะดวกสอดคล้องกับการศึกษาของ ชिरพงษ์ ญาณุชิตร์ และคณะ (2567) ที่ออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดเก็บ สืบค้น และแสดงผลงานปริญญาานิพนธ์และงานวิจัย โดยผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ระบบติดต่อสมัครงานและสัมภาษณ์งานที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ฝ่ายบุคคลสามารถจัดการข้อมูลผู้สมัคร กำหนดตารางสัมภาษณ์ และติดตามสถานะการสมัครได้อย่างสะดวก ในขณะที่ผู้สมัครสามารถเลือกวันและเวลาสัมภาษณ์ ติดตามสถานะ และดูประวัติการสมัครของตนเองได้อย่างง่ายดาย

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานบริหารบุคคลด้านอื่น ๆ เช่น การนัดหมายสัมภาษณ์ การอบรมพนักงาน หรือการจัดการตารางงานในองค์กรต่าง ๆ เพื่อให้กระบวนการทำงานเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป ควรเพิ่มฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่านไลน์หรือ SMS เพื่อให้ผู้สมัครได้รับข้อมูลสำคัญอย่างรวดเร็ว รวมถึงเพิ่มช่องทางแชทกับฝ่ายบุคคล เพื่อให้สามารถสอบถามข้อมูลหรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้สะดวกขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ชिरพงษ์ ญาณุชิตร์, ณิชากัทธ พรหมศรม ปุณยอนุช ตันติเดชามงคล และ ศิวตล มะลิซ้อน. (2567). การออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดเก็บ สืบค้น และแสดงผลงานปริญญาานิพนธ์และงานวิจัย. *วารสารนวัตกรรมสื่อและการสื่อสาร*, 3(2), 36-57. <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/jimc/article/view/1439>

ตรีรัตน์ ตระกูลอุดมพร, เทียงธรรม สิทธิจันทเสน และ อัสภา วรณกายนต์. (2567). การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับแมวด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 9(2), 110-124. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/article/view/255423>

- ทิพนเตร ปาसान่า และ ญัฐพัชร์ วงศ์ณรัตน์. (2566). การสืบค้นข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้. *วารสารการบริหารการปกครองและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 7(3), 307–324. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JLGISRRU/article/view/269784>
- ปรีชา พินชุนศรี, ฐิติรัตน์ จันทรดารา, ยุทธเดช ช้อยแสง, ธนิกา กอสินประเสริฐ และ ดวงนภาพัวสันต์. (2562). การพัฒนาโปรแกรมสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการด้านทะเบียนทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 25(2), 79-91. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/CUTJ/article/view/168531>
- ประยุทธ ตั้งสงบ, นพดล อินทร์จันทร์ และ ศรีรัฐ ภัคศิรณชิต. (2565). การออกแบบแอปพลิเคชันเพื่อการรับรู้ความเสี่ยงและแจ้งเตือน สำหรับโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง. *ศิลปกรรมสาร*, 15(2), 1-17. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/fineartstujournal/article/view/259996>
- พรพฤษา จันทะแจ่ม และ วินารัตน์ แสงงกิจ. (2566). การพัฒนาแอปพลิเคชันจัดการการนัดหมายการเข้ารับบริการออนไลน์ : กรณีศึกษาคลินิกทันตกรรม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(4), 31–43. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/607>
- เบญจพร สันรักษาเวช และ อนุชิต วุ. (2562). การพัฒนาระบบคิวสำหรับโรงพยาบาล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 2(2), 1–6. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/jstrmu/article/view/245774>
- สกล ดำมินเสก และ รติวัฒน์ ปารีศรี. (2565). การพัฒนาระบบจองคิวงานถ่ายภาพผ่านไลน์บอท. *วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 4(2), 17–31. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jmspsru/article/view/260680>
- สุทินันท์ บุญภาวิน, วัชรพล กันใจ และ ศิริกรณ กั้นชิต. (2566). การพัฒนาระบบบริหารจัดการรถเช่า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(4), 19–30. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/598>
- สุดารัตน์ จันทิมา และ เฉษฐา โพธิ์จันทร์. (2566). การบริหารจัดการคิวแบบเรียลไทม์บนหลักความเสมอภาคเพื่อลดระยะเวลาการรอคอยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์. *วารสารวิชาการสังคมศาสตร์เครือข่ายวิจัยประชาชน*, 5(2), 84–98. <http://so03.tci-thaijo.org/index.php/prn/article/view/267615>
- สุพัฒตรา บุญเต็ม, ยอแสง โคตรวงศ์, อรดา ไตรภูมิ และ พนิดา พานิชกุล. (2564). การพัฒนาแอปพลิเคชันจองคิวร้านสักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษาร้าน AB Tattoo จังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 1(1), 29-38. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/STJS/article/view/250981>
- Likert, R. (1967). *The Method of Constructing and Attitude Scale. Attitude Theory and Measurement*. Fishbein, Martin, New York: Wiley & Son.

การพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) Development of Advisory Media for FDA Registration

ศิริประภา จันท์เทศ

Siraprapa Jantate

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Education, Chiang Mai Rajabhat University

ศิริกรณ ก้นขัติ*

Sirikorn Kankhat*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

E-mail : 65121867@g.cmru.ac.th and sirikorn@g.cmru.ac.th*

*Corresponding author

(Received: 7 February 2025, Revised: 1 November 2025, Accepted: 4 November 2025)

<https://doi.org/10.57260/stc.2026.1065>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจการใช้งานสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ประชากร คือชาวบ้านในตำบลกีดช้าง อำเภอมะแมง จังหวัดเชียงใหม่ เลือกกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มแบบเจาะจง ประกอบด้วยผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่ภาครัฐ จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) สื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ผลการสร้างสื่อจากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ระดับคุณภาพของสื่อมีระดับความเข้าใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.07 และ 2) แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้ 1) สื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. สามารถลดเวลาและความผิดพลาดโดยผู้ใช้สามารถเตรียมเอกสารและยื่นคำขอได้อย่างถูกต้อง และ 2) ผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.57

คำสำคัญ: สื่อแนะนำประชากร ผู้ประกอบการ การขึ้นทะเบียน อย.

Abstract

This research aims 1) to develop a media guide for registration with the Food and Drug Administration (FDA) and 2) to study the satisfaction of the population using the media guide for registration with the FDA. The sample consisted of 10 people from the villagers in Kuet Chang Subdistrict, Mae Taeng District, Chiang Mai Province. The sample was selected through a specific random sampling method, consisting of entrepreneurs and government officials. The research tools consisted of: 1) Media recommending FDA registration. The results of media creation from the evaluation by experts. The level of media quality has a high level of understanding, with an average of 3.68 and a standard deviation of 0.07. 2) Satisfaction assessment form for using the FDA registration media, which has the following research results: 1) The media recommends FDA registration. It can reduce time and errors by allowing users to prepare documents and submit applications correctly. 2) The results of the satisfaction assessment of the use of the FDA registration media were analyzed statistically with the mean and standard deviation at the highest level with an average of 4.57.

Keywords: Media recommendations for the population, Entrepreneurs, FDA registration

บทนำ

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เป็นองค์กรหลักด้านคุ้มครองผู้บริโภคและส่งเสริมผู้ประกอบการด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพเพื่อประชาชนสุขภาพดี มีภารกิจเกี่ยวกับการปกป้องและคุ้มครองสุขภาพของประชาชนจากการบริโภคผลิตภัณฑ์สุขภาพ โดยผลิตภัณฑ์สุขภาพเหล่านั้นต้องมีคุณภาพ และปลอดภัย ส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคที่ถูกต้องด้วยข้อมูลทางวิชาการที่มีหลักฐานเชื่อถือได้และมีความเหมาะสม เพื่อให้ประชาชนได้บริโภคผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ปลอดภัยและสมประโยชน์ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2568) ในการดูแลและควบคุมผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ได้แก่ อาหาร ยา เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์สุขภาพอื่น ๆ และการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เป็นกระบวนการที่สำคัญสำหรับผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การขึ้นทะเบียน อย. ไม่เพียงแต่เป็นข้อกำหนดทางกฎหมาย แต่ยังสร้างความมั่นใจและความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค รวมถึงส่งเสริมธุรกิจให้มีความน่าเชื่อถือและยั่งยืนอีกด้วย (มูลนิธิเพื่อการประเมินเทคโนโลยีและนโยบายด้านสุขภาพ, 2559)

ในยุคดิจิทัลที่ข้อมูลข่าวสารมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตและการทำธุรกิจ การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการและรวดเร็วเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งต้องขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์กับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ต้องมีความรู้และความเข้าใจทราบข้อมูลรายละเอียดเอกสารหลักฐาน และข้อกำหนดตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ต้องจัดเตรียมเอกสารหลักฐาน ตรวจสอบเอกสาร และให้ข้อมูลรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ประสงค์ จะยื่นตามข้อกำหนด

และสามารถชี้แจง ให้ข้อมูลรายละเอียดเอกสารหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ประสงค์จะยื่นคำขอต่อเจ้าหน้าที่ได้อย่างเข้าใจ ชัดเจน และครบถ้วน เพื่อให้สามารถจำหน่ายสินค้าได้อย่างถูกกฎหมายและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนและข้อกำหนดในการขึ้นทะเบียนมักมีความซับซ้อน และอาจสร้างความสับสนให้กับผู้ที่ไม่คุ้นเคย ผู้ประกอบการมักพบปัญหาหลายประการในการดำเนินการ ซึ่งอาจทำให้กระบวนการล่าช้าหรือไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการและประชาชนทั่วไป เข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และง่ายมากขึ้น ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลและรับคำแนะนำเฉพาะบุคคลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในรูปแบบอินเทอร์แอกทีฟฟอรัมถาม-ตอบ แบบออนไลน์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลและรับคำแนะนำได้ทันที ไม่เพียงแต่ช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการเตรียมเอกสาร แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยื่นคำขอ และสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้ในการปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดของ อย. อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้สื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย.

ระเบียบวิธีวิจัย

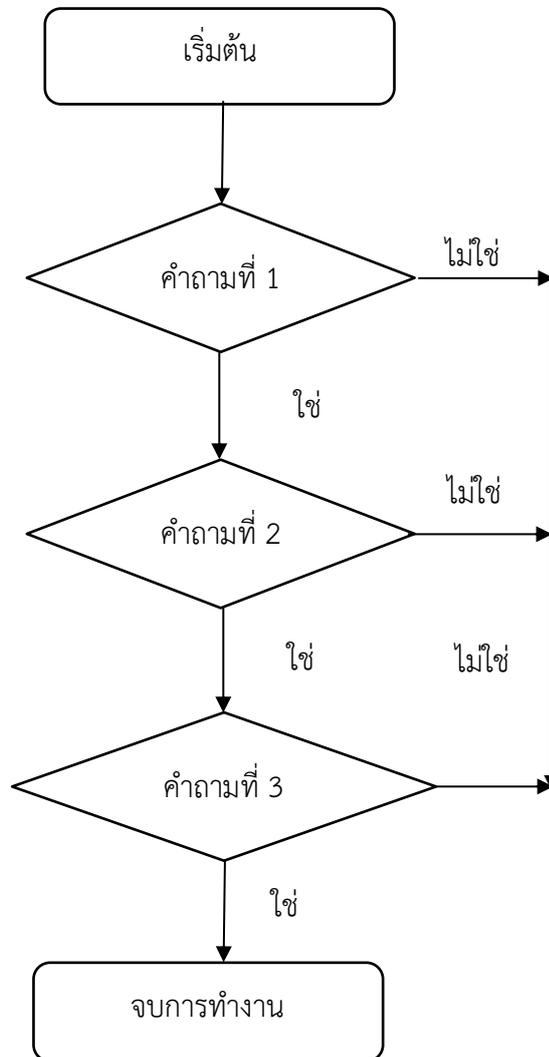
ขั้นตอนที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยและพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เป็นกระบวนการที่ต้องวางแผนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สื่อที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและตรงกับความต้องการของผู้ใช้ ผู้วิจัยใช้แนวทางตาม ADDIE Model (สมดี อนันต์ปฏิเวธ และคณะ, 2564) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ Analysis (การวิเคราะห์) Design (การออกแบบ) Development (การพัฒนา) Implementation (การนำไปใช้) และ Evaluation (การประเมินผล) โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. Analysis (การวิเคราะห์) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกำหนดเป้าหมายและความต้องการของสื่อ 1) วิเคราะห์ผู้ใช้: ผู้ประกอบการที่ต้องการขึ้นทะเบียนอาหาร 2) วิเคราะห์เนื้อหา: ขั้นตอนการขึ้นทะเบียนอาหาร เอกสารที่จำเป็น 3) วิเคราะห์วัตถุประสงค์: เพื่อให้ผู้ประกอบการเข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียนได้ง่ายขึ้น

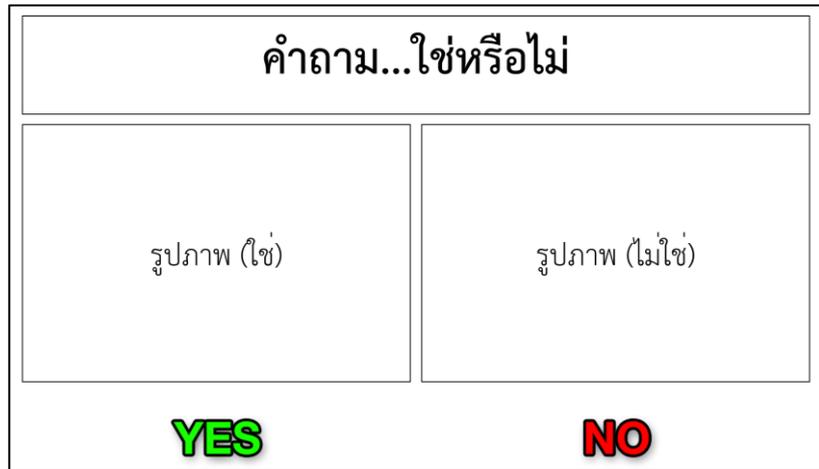
2. Design (การออกแบบ) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะออกแบบโครงสร้างและรูปแบบของสื่อตามข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ 1) ออกแบบวัตถุประสงค์: เพื่อลดความสับสนในการขึ้นทะเบียน 2) ออกแบบเนื้อหา: แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน (กำหนดประเภทผลิตภัณฑ์, เตรียมเอกสาร, ยื่นคำขอ, ตรวจสอบ, ชำระค่าธรรมเนียม, อนุมัติ) 3) ออกแบบรูปแบบสื่อ: อินเทอร์แอกทีฟฟอรัม โดยใช้คำถามที่ตอบ ใช่ / ไม่ใช่ Yes or No

ตัวอย่างคำถาม เช่น สินค้าของคุณเป็นอาหารใช่หรือไม่ ขายสินค้าผ่านทางหน้าร้านของตนเองใช่หรือไม่ มีพนักงานผลิตอาหารเกิน 50 คนใช่หรือไม่ มีห้องผลิตอาหารใช่หรือไม่ มีห้องเก็บอาหารใช่หรือไม่ อาหารทั่วไปใช่หรือไม่ อาหารเสริมใช่หรือไม่ อาหารเฉพาะกลุ่มใช่หรือไม่ อาหารใหม่ใช่หรือไม่ มีฉลากอาหารใช่หรือไม่



ภาพที่ 1 แสดงการออกแบบสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

3. Development (การพัฒนา) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะพัฒนาสื่อตามที่ได้ออกแบบไว้ 1) พัฒนาสื่อ: สร้างสื่ออินเทอร์เน็ตที่ฟอรม์ถาม-ตอบ Yes or No แสดงขั้นตอนการขึ้นทะเบียน 2) ทดสอบสื่อ: ทดสอบกับผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่รัฐ จำนวน 10 คน 3) ปรับปรุงสื่อ: ปรับปรุงตามคำแนะนำ



ภาพที่ 2 แสดงการออกแบบสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

4. Implementation (การนำไปใช้) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะนำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง 1) เตรียมการเผยแพร่: เผยแพร่ผ่านเว็บไซต์และโซเชียลมีเดีย 2) เผยแพร่สื่อ: นำสื่ออินเทอร์เน็ตแอดทีฟฟอร์ม ถาม-ตอบ Yes or No ไปเผยแพร่ให้กับผู้ประกอบการ 3) สนับสนุนผู้ใช้: ให้คำแนะนำผ่านช่องทางออนไลน์

5. Evaluation (การประเมินผล) ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะประเมินผลประสิทธิภาพของสื่อและกระบวนการ 1) ประเมินผลการเรียนรู้: ประเมินความเข้าใจของผู้ใช้ 2) ประเมินประสิทธิภาพของสื่อ: ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ 3) ปรับปรุงและพัฒนา: ปรับปรุงอินเทอร์เน็ตแอดทีฟฟอร์ม ถาม-ตอบ Yes or No ตามผลการประเมิน

การออกแบบแบบประเมิน

ผู้วิจัยทำการประเมินผลสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) 2 ส่วน คือ 1) แบบประเมินผลการเรียนรู้ของผู้ใช้ เพื่อประเมินความเข้าใจของผู้ใช้ และ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อ เพื่อทราบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อสื่อที่พัฒนาขึ้นมากน้อยเพียงใด และมีข้อเสนอแนะใดที่สามารถนำไปปรับปรุงสื่อได้ ตามมาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) (Likert, R.1932) คือ การให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกแสดงความคิดเห็น จากระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ต่อแบบสอบถามในแต่ละข้อ ดังนี้ 5 หมายถึง พึงพอใจที่สุด 4 หมายถึง พึงพอใจ 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง ไม่พึงพอใจ 1 หมายถึง ไม่พึงพอใจอย่างยิ่ง และนำค่าที่ได้จาก Likert Scale มาหาค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง (X Bar) และแปลผลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม 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

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความพึงพอใจผ่านกูเกิลฟอร์ม (Google Form) นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel)

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบบประเมินผลการเรียนรู้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถวัดความเข้าใจของผู้ใช้เกี่ยวกับขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. และประสิทธิภาพของสื่อที่พัฒนาขึ้นได้อย่างเป็นระบบ หลังจากนำสื่อไปทดสอบกับผู้ประกอบการ และเจ้าหน้าที่ของรัฐ จำนวน 10 คน และให้ตอบแบบสอบถามโดยเลือกแสดงความคิดเห็น 5 ระดับ แปลผลผลการเรียนรู้เข้าใจในระดับมาก

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

การสร้างสื่อในรูปแบบอินเทอร์แอกทีฟฟอร์ม โดยสร้างคำถามให้ผู้ตอบเลือกตอบ ใช่/ไม่ใช่ หรือ Yes or No ตามขั้นตอนการขึ้นทะเบียนที่ถูกต้องตามหลักเกณฑ์ รวมถึงใช้รูปภาพประกอบเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ ดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 แสดงหน้าแรกสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

สินค้าของคุณเป็นอาหารใช่หรือไม่



YES



NO

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างคำถาม Yes or No ของสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน (อย.)

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจในการใช้สื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย.

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินการเรียนรู้ของผู้ใช้สื่อ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เข้าใจ
1. เข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย.	3.80	1.22	มาก
2. สามารถอธิบายขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ได้	3.40	1.34	ปานกลาง
3. ทราบเอกสารที่จำเป็นสำหรับการขึ้นทะเบียน อย.	3.70	1.33	มาก
4. ทราบวิธีการยื่นคำขอขึ้นทะเบียน อย.	3.90	1.37	มาก
5. ทราบวิธีการติดตามสถานะการขึ้นทะเบียน อย.	3.60	1.42	มาก
เฉลี่ยในภาพรวม	3.68	0.07	มาก

ผลการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้ใช้ เพื่อประเมินความเข้าใจในขั้นตอนและวิธีการในการขึ้นทะเบียนของผู้ใช้ มีดังนี้ เข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 สามารถอธิบายขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ได้ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.40 ทราบเอกสารที่จำเป็นสำหรับการขึ้นทะเบียน อย. ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 ทราบวิธีการยื่นคำขอขึ้นทะเบียน อย. ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ทราบวิธีการติดตามสถานะการขึ้นทะเบียน อย. ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 และผลการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้ใช้ในภาพรวม มีระดับความเข้าใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.07

ตารางที่ 2 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ พึงพอใจ
1. สื่อที่พัฒนาทำให้เข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย.	4.00	0.56	มาก
2. สื่อที่พัฒนาขึ้นมีเนื้อหาที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	3.70	0.94	มาก
3. สื่อที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ	3.60	0.69	มาก
4. สื่อที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์	3.50	0.84	มาก
5. สื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริง	3.90	0.56	มาก
6. ความพึงพอใจต่อสื่อโดยรวม	4.00	0.47	มาก
เฉลี่ยในภาพรวม	3.38	1.06	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ดังนี้ สื่อที่พัฒนาช่วยให้เข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 สื่อที่พัฒนา มีเนื้อหาที่ชัดเจนและเข้าใจง่ายในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 สื่อที่พัฒนา มีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.60 สื่อมีประโยชน์ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 สื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 ความพึงพอใจต่อสื่อโดยรวมในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.06

การอภิปรายผล

การพัฒนางานวิจัยในครั้งนี้มีสาระสำคัญในการอภิปรายผล ดังนี้ สื่อแนะนำการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ในรูปแบบอินเทอร์แอกทีฟฟอร์ม โดยให้ผู้ใช้เลือกตอบคำถาม Yes or No ตามขั้นตอนการขึ้นทะเบียน ช่วยสร้างความเข้าใจของผู้ใช้เกี่ยวกับขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ได้ อย่างเป็นระบบ สามารถนำไปใช้ เป็นสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ให้แก่ ผู้ประกอบการ และ เจ้าหน้าที่รัฐ รวมถึงเผยแพร่ให้กับผู้ที่ต้องการเรียนรู้เรื่องการขึ้นทะเบียน อย. ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (พัลลวีร์ ไชยเมืองเลน 2557) ที่ศึกษาเรื่องการประเมินผลโครงการเบี่ยงชีฟสำหรับผู้สูงอายุ ใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบถาม ในส่วนความรู้เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านการจ่ายเบี่ยงชีฟสำหรับผู้สูงอายุ สร้างคำถามให้ผู้ตอบเลือกตอบ ใช่/ไม่ใช่ โดยมีเกณฑ์สามารถวัดความรู้เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านเบี่ยงชีฟสำหรับผู้สูงอายุได้ และงานวิจัยของท่านอื่นๆ ที่ได้นำระบบเทคโนโลยีมาพัฒนาเพื่อเอื้อต่อการทำงานต่างๆ เช่น ชญานิน อุประ และคณะ (2566) พัฒนาสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องแม่ฮ่องสอนเมืองสามหมอก อีรวิธ ปันศรี และศิริภรณ์ กันขัติ (2567) พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาล้านนาเบื้องต้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ วราภรณ์ คำจับ (2566) การออกแบบสื่อแอนิเมชันเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน จริญญา มณีรัตน์ และคณะ (2568) พัฒนาสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง การขึ้นทะเบียนกับ

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำหรับผู้ประกอบการ โดยมีสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Adobe animate ใช้ภาษาไทยในการสื่อสารและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลเพื่อเอื้อให้ผู้ประกอบการในชุมชนสามารถใช้งานได้ง่าย

ผลการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้ใช้ มีความเข้าใจในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.37 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.5 ผลการเรียนรู้ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถวัดความเข้าใจของผู้ใช้เกี่ยวกับขั้นตอนการขึ้นทะเบียน อย. ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ธีรวิรุฒ บันศิริ และคณะ, 2567) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ได้อย่างเป็นระบบ โดยผลการประเมินจะนำไปปรับปรุงและพัฒนาสื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ทศพร ศรีล้อม และคณะ, 2568) ที่กล่าวถึงการประเมินสื่อการสอนว่า คือกระบวนการในการตรวจสอบและวิเคราะห์ว่าการใช้สื่อการสอนในห้องเรียนหรือในกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพหรือไม่ ซึ่งจะช่วยให้สามารถพัฒนาการสอนและการเรียนรู้ได้ดีขึ้น ทั้งนี้การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวก พัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้ จะส่งผลให้การประเมินผลการใช้งานผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยต่างๆ เช่น ปณิดา ถาหล้า และคณะ (2568) ที่พัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่าน เมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียน เมื่อนำไปใช้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อในระดับมากที่สุด

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การนำสื่อแนะนำการขึ้นทะเบียน อย. ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จำเป็นต้องมีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สื่อที่ขึ้นเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายและช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจขั้นตอนการขึ้นทะเบียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรสร้างระบบให้คำแนะนำ (Recommendation system) การขอขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เป็นกระบวนการที่ใช้ข้อมูลและอัลกอริทึมเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจขั้นตอนและข้อกำหนดต่าง ๆ ในการขอขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ระบบนี้สามารถออกแบบเป็นแพลตฟอร์มออนไลน์หรือแอปพลิเคชันที่ให้คำแนะนำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ข้อมูลจากผู้ใช้งานและฐานข้อมูลของ อย.

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2566). *คู่มือแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ*. <https://www.dla.go.th>
- จริญญา มณีรัตน์, ภัทรวดี วิชัยโย และ ศิริกรณ ก้นขี้. (2568). การพัฒนาสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง การขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำหรับผู้ประกอบการ. *วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 3(6), 111–123. <https://doi.org/10.57260/stc.2025.1055>
- ชญาสิน อุประ, ประภาพร ตี๋ดง และ ศิริกรณ ก้นขี้. (2566). การพัฒนาสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง แม่ฮ่องสอนเมืองสามหมอก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(1), 48–59. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/497>
- ทศพร ศรีล้อม, กิรติ ไชยญา และ ศิริกรณ ก้นขี้. (2568). การพัฒนาสื่อการสอนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง แอ่วเขलगค์นครลำปางบ้านเฮา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 3(2), 25–39. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/809>
- ปณิดา ถาหล้า, ปิยะพัฒน์ ผ่องวิไล และ พิมพชนก สุวรรณศรี. (2568). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่าน เมตาเวิร์ส เรื่อง องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 3(5), 88–102. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/1061>
- พัสวีร์ ไชยเมืองเลน. (2557). *การประเมินผลโครงการเป็ยั้งชีพสำหรับผู้สูงอายุ ขององค์การบริหารส่วนตำบลแม่ข้าวต้ม อำเภอมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย*. (วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่). https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2557/mpa40957pc_ch5.pdf
- ธีรภูธ ปันศรี และ ศิริกรณ ก้นขี้. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้ภาษาล้านนาเบื้องต้นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 2(2), 44–57. <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/STC/article/view/758>
- มูลนิธิเพื่อการประเมินเทคโนโลยีและนโยบายด้านสุขภาพ. (2559). *รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาข้อเสนอเกี่ยวกับระบบโครงสร้างการคุ้มครองผู้บริโภคด้านผลิตภัณฑ์สุขภาพของประเทศไทยในอนาคต*. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข <https://www.hitap.net/documents/166401>
- วารภรณ์ ดำจับ. (2566). การออกแบบสื่อแอนิเมชันเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน. *วารสารสหศาสตร์ศรีปทุมชลบุรี*, 9(1), 1-20. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/ISCJ/article/view/262303>
- สมติ อนันต์ปฏิเวช, วารุณี ทับทิมทอง และ อุไรวรรณ ชินมุข. (2564). การพัฒนาสื่อวีดิทัศน์ตามแนวคิด ADDIE Model เรื่อง การพยาบาลทารกเกิดก่อนกำหนดที่มีภาวะเสี่ยงสูง. *วารสารการพยาบาลและการศึกษา*, 14(4), 64–77. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JNAE/article/view/254446>
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2568). *อำนาจหน้าที่*. <https://www.fda.moph.go.th/>

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งอรุณ วาดีถิ์ สิริศรีธา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ พงศ์ธีรรัตน์	มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ดร.อารีรัตน์ นิรันดร์สิทธิรัชต์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์กา ธาณินพงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วฐา มินเสน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.พยุงค์ศักดิ์ อินตะวิธา	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร บุญมี	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไผ่แดง ขวัญใจ	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ นนทมาลัย	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุกุล มะโนทน	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวีสรา รื่นไวย์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล ปันสกุล	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร แสงวงศ์	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติ เอี่ยมชื่น	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยชนัน เกษสุวรรณ	มหาวิทยาลัยพะเยา
รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ พวงงามชื่น	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หนึ่งททัย ชัยอากร	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มจรุส ชัยหาญ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ อุ่นนันทกาศ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะทัศน์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณวิมล นาดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาติ เทียมเมือง	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พาสน์ ปราโมกษ์ชน	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณ เชื้อนแก้ว	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ศรีประภาคาร	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพล มหาวีค	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นางงาม	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตยา วัจนสินธ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรโรจน์ ต่อสะสุกุล	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพล มากมี	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา ชยธวัช	มหาวิทยาลัยปทุมธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณนิภา ดอกไม้งาม
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาลิกา เวชกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวงษา แก้วผณี
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา กิจพิพิธ
 รองศาสตราจารย์ ดร.สายันต์ แสงสุวรรณ
 รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธิยา ชัยชนะ
 รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ เรือนคำ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินารัตน์ แสงวงกิจ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตติมา พรหมมาร์ตัน
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มีชัย เทพนุรัตน์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดารัตน์ สุขประภาภรณ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งโรจน์ สุขใจमुख
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ปินตาคำ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรา สมกำลัง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินัญญุณีย์ จิตคำ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำราญ ไชยคำวัง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิพัชร์ หาญฤทธิ์
 รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธ์ วัฒน บัวกนก
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกฤษณ์ ธรรมกวินวงศ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมคาย พันธุ์เพ็ง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรสุดา มาทา
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ สุวรรณอัคร์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พงษ์พร พันธุ์เพ็ง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยา ปลอดแก้ว
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตากร สุวรรณ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โคภิชฐพร ศิลปะภิรมย์สุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระ พันอินทร์
 รองศาสตราจารย์ ดร.ณิชากรีย์ ใจคำวัง
 รองศาสตราจารย์ ดร.เจษฎา มิ่งฉาย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ อ้นมอย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภณ วิริยะรัตนกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพพา พิณญาพงษ์

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ นิคมทัศน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิพันธ์ เสียมไหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ จิ๋ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นสพ. ดร.ชเวง สารคล่อง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยพล มีพร้อม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปพนพัชร ภัทรจิตติวิสัย
รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ ใจเตี้ย
รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรกร กรพรหม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย เครืออินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิราภรณ์ ชัยวัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ เตี้ยมมี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปมณห์ ภูมาศ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา เขาคี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร.กุลิสรา มรุพันธ์ธร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิงกาญจน์ ปวนสุรินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินานาฏ วิทยาประภากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคลกร ศรีวิชัย
อาจารย์ ดร.ศรีประไพ อินทร์ชัยเทพ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี แหยมคง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษ สุจริตตั้งธรรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริกัญจน์ อนุบุญรุ่งคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภิระ บุตรดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุท ชัยรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิเชษฐ์ จำเนียรสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชญา ลอยหา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภาวีร์ มากดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย มีแสง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุวรรณ ไตรทิพย์สมบัติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรชัย กมลลิมสกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดิพันธ์ เอี่ยมสะอาด
รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์นารถ นาถวรานันต์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ จตุรพิริย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติ ตันเมืองปัก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ปานเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ โยธาทักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ. ดร.มหิศร ประภาสะโนบ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลัญฉกร นิลรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิโชค พรรคพิทักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดลลักษณ์ พงษ์พานิช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิจักขณ์ อรุณลักษณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญฤทัย วงศาพรม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติศร บุรณวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กรรณิกา อัมพูช

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน (Science and Technology to Community)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน มีเป้าหมายและขอบเขต (Aim and Scope) ที่รับตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน ได้แก่

- 1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และเกษตรศาสตร์ ได้แก่ ชีววิทยา จุลชีววิทยา ชีวเคมี เทคโนโลยีการอาหาร พืชศาสตร์ สัตวศาสตร์ ปฐพีวิทยา โรคพืช การส่งเสริมการเกษตร และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
- 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 ค่าธรรมเนียม 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 และองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น 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)

การเขียนเสนอผลการศึกษาค้นคว้าที่กระชับและแสดงการวิจัยถึงผลที่ชัดเจน หากมีตาราง กราฟ หรือรูปภาพให้มีเนื้อหาหรือวิธีการอธิบายประกอบ (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)

อาจจะไม่มีหรือไม่มีก็ได้ 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: อัมรินทร์พรินติ้ง 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 สีนลรัตน์. (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 (หากเรื่องนั้นมีบทความในวารสารให้ใช้อ้างอิงจากวารสาร)

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

ยุรีพรรณ แสนใจยา. (2545). *แนวทางการพัฒนาไร้ชาสุวิหุห์ อำเภอมแม่ลาว 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). สํารวจภาวะการณ์ทำงานของประชากร 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 แก้ไขหรือพิมพ์ต้นฉบับใหม่แล้วแต่กรณี

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 ค่าธรรมเนียม 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 และไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน 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

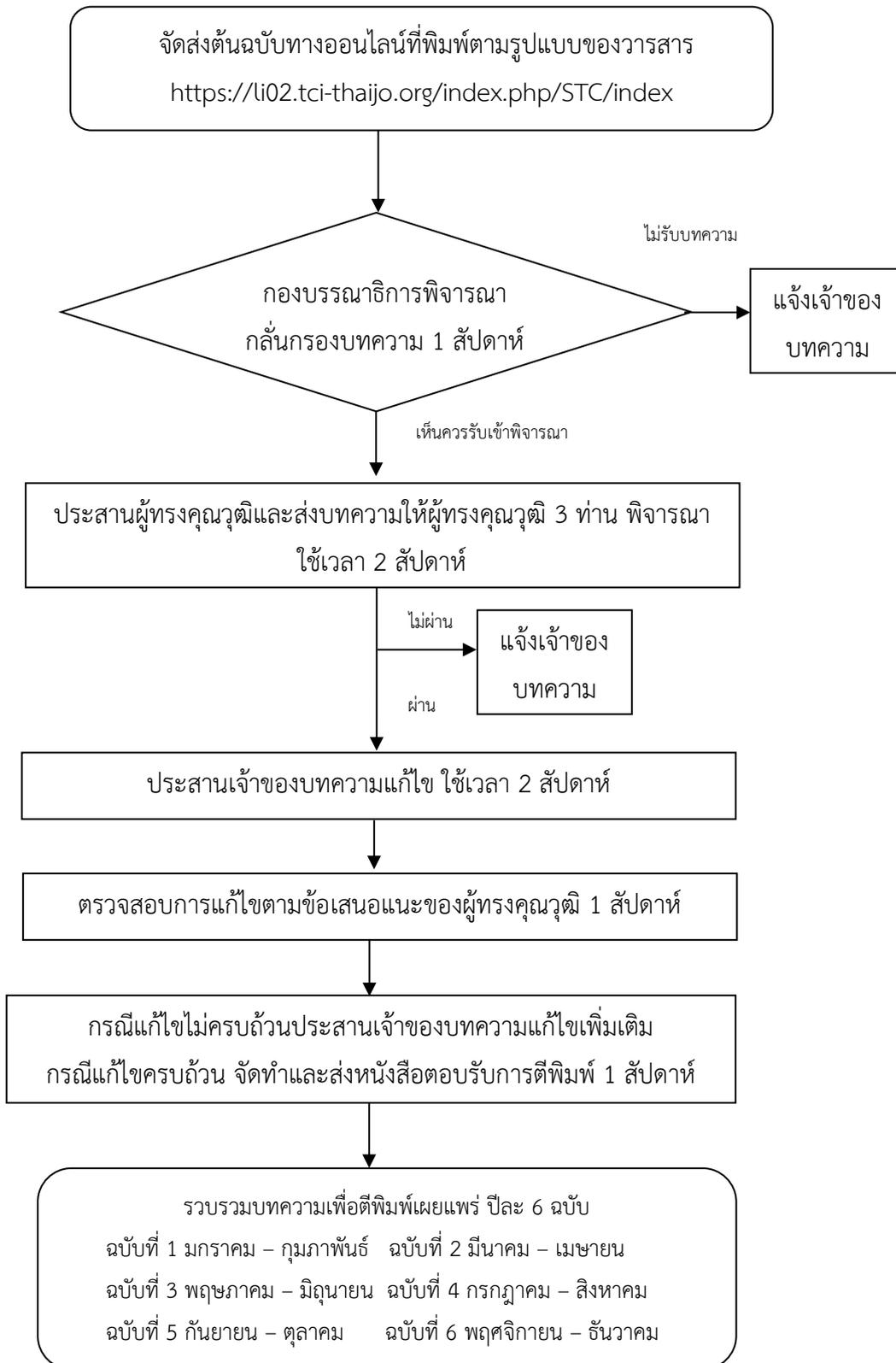
บทบาทหน้าที่ของทีมบรรณาธิการ

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

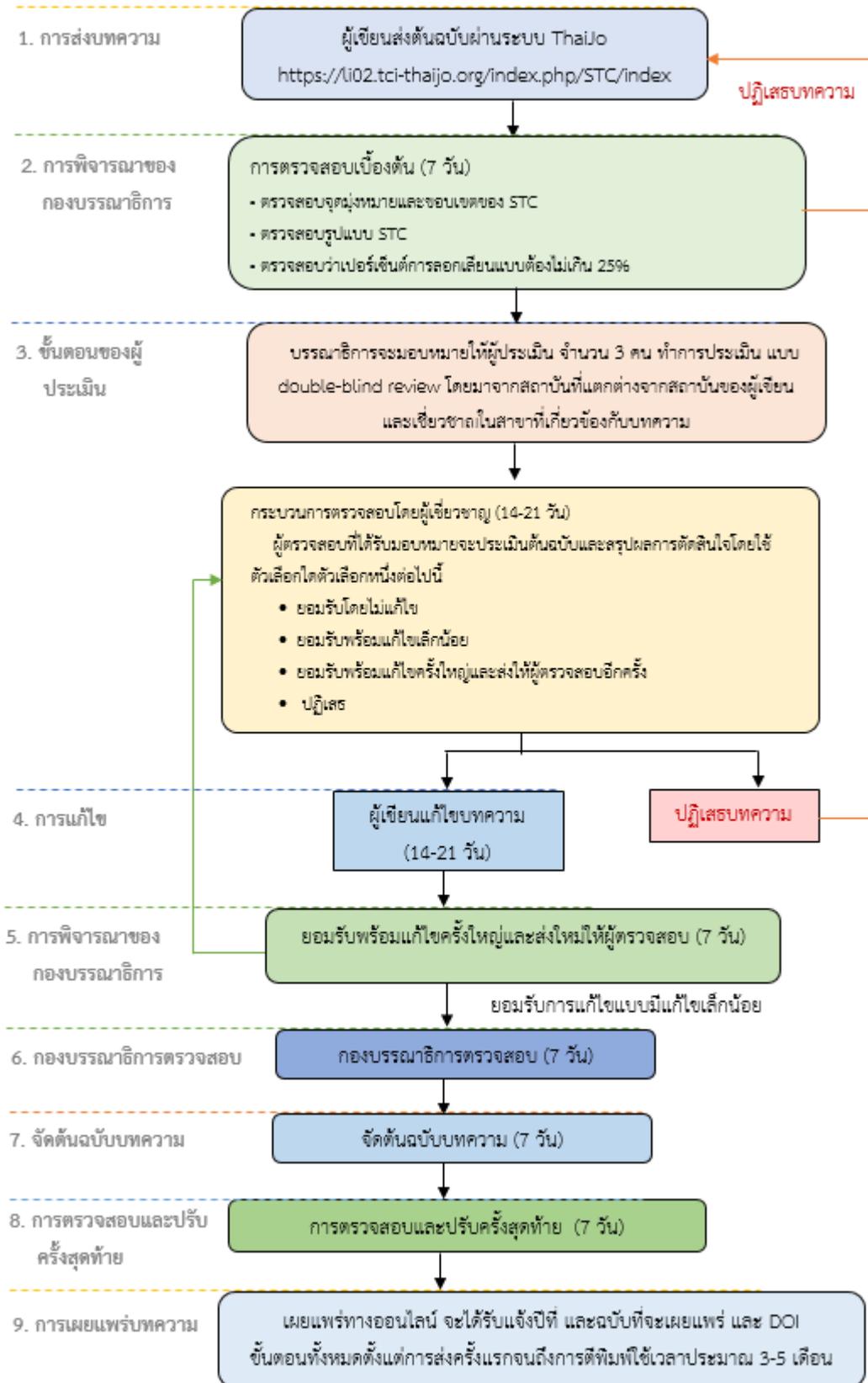
บทบาทหน้าที่ของผู้ประเมินบทความ

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

ขั้นตอนการส่งบทความเพื่อขอรับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน



ขั้นตอนของผู้ประเมิน





วารสารวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีสู่ชุมชน



สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ศูนย์แม่ริม 180 หมู่ 7 ถนนโชตนา (เชียงใหม่-ฝาง)

ตำบลน้ำเหล็ก อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180

stc_journal@cmru.ac.th

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

SCIENCE &
TECHNOLOGY
TO
COMMUNITY